МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Таврійський державний агротехнологічний університет

Науковий вісник
Таврійського державного агротехнологічного університету



Випуск 8, том 2

Електронне наукове фахове видання

Мелітополь – 2018 р.

УДК 631.3
Т 13
Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету [Електронний ресурс]. Мелітополь: ТДАТУ, 2018. Вип. 8, Том 2. URL: http://oj.tsatu.edu.ua/index.php/visnik
DOI: 10.31388/2220-8674-2018-2
ISSN 2220-8674
Друкується за рішенням Вченої Ради ТДАТУ,
Протокол № 5 від 26 грудня2018 р.

Представлені результати досліджень вчених у галузях галузевого машинобудування, енергетики, електротехніки, електромеханіки, харчових технологій, комп'ютерних наук та інформаційних технологій.

Видання призначене для наукових працівників, викладачів, аспірантів, інженерно-технічного персоналу і студентів, які спеціалізуються у відповідних або суміжних галузях науки та напрямках виробництва.

Редакційнаколегія:

Головний редактор
Кюрчев В. М. - чл.-кор. НААН України, д.т.н., проф. (Україна)
Заступник головного редактора
Надикто В. Т. - чл.-кор. НААН України, д.т.н., проф. (Україна)
Відповідальний секретар
Діордієв В. Т. - д.т.н., проф. (Україна)
Технічний секретар
Кашкарьов А. О. - к.т.н., доц. (Україна)

BeloevHristo - д.т.н., проф. (Болгарія)
IvanovsSemjons - PhD (Latvia)
НукешевСаяхат - д.т.н., проф. (Казахстан)
ПрищеповМ.А. - д.т.н., доц. (Білорусь)
Постолатій В. М. - д.х.т.н. (Молдова)
Шингисов А. У. - д.т.н., проф. (Казахстан)
Волошина А.А. – д.т.н., доц. (Україна)
Гнатушенко В. В. - д.т.н., проф. (Україна)
Гумен О. М. - д.т.н., проф. (Україна)
Дейниченко Г. В. - д.т.н., проф. (Україна)
Дідур В. А. - д.т.н., проф. (Україна)
Євлаш В. В. - д.т.н., проф. (Україна)
Караєв О. Г. - д.т.н., с.н.с.(Україна)
Кузнєцов М. П. - д.т.н., с.н.с. (Україна)
Леженкін О. М. - д.т.н., проф. (Україна)
Лисиченко М. Л. - д.т.н., проф. (Україна)
Малкіна В. М. - д.т.н., проф. (Україна)
Мілько Д. О. - д.т.н., в.о. проф. (Україна)
Назаренко І. П. - д.т.н., проф. (Україна)
Паламарчук І. П. - д.т.н., проф. (Україна)
Панченко А. І. - д.т.н., проф. (Україна)
Пилипенко Л. М. - д.т.н., проф. (Україна)
Погребняк А. В. - д.т.н., доц. (Україна)
Пріс О. П. - д.т.н., проф. (Україна)
Сердюк М. Є. - д.т.н., доц. (Україна)
Соболь О. М. - д.т.н., проф. (Україна)
Тарасенко В. В. - д.т.н., проф. (Україна)
Шоман О. В. - д.т.н., проф. (Україна)
Гавриленко Є. А. - к.т.н., доц. (Україна)
Квітка С. О. - к.т.н., доц. (Україна)
Лендєл Т. І. - к.т.н., (Україна)
Ляховська С. Є. - к.т.н., доц. (Україна)
Самойчук К. О. - к.т.н., доц. (Україна)
Сидоренко О. С. - к.т.н., доц. (Україна)
Скляр О. Г. - к.т.н., проф. (Україна)
Строкань О. В. - к.т.н., доц. (Україна)
Мацулевич О. Є. - к.т.н., доц. (Україна)
Холодняк Ю. В. - к.т.н. (Україна)
Яковлєв В. Ф. - к.т.н., проф. (Україна)

Відповідальний за випуск – д.т.н., професор Надикто В.Т.

Адреса редакції: ТДАТУ
Просп. Б. Хмельницького 18,
м. Мелітополь, Запорізька обл., 72312 Україна

© Таврійський державнийагротехнологічний університет, 2018.

Електронне наукове фахове видання

Науковий вісник
Таврійського державного агротехнологічного університету

Випуск 8, том 2.

Відповідальний за випуск – д.т.н., професор Надикто В.Т.

Підписано до друку 28 грудня 2018 р. друк. ТДАТУ.
35,2 умов. друк. арк.

ЗМІСТ

ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ

МАШИНИ І ЗАСОБИ МЕХАНІЗАЦІЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА

1. **ПЕРСПЕКТИВИ ЗРОСТАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ РОБОТИ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТУ**
Надикто В. Т., Кюрчев В. М., Аюбов А. М., Масалабов В. М., Кістечок О. Д.
10.31388/2220-8674-2018-2-1

2. **АГРОМЕТЕОРОЛОГІЧНО ЗУМОВЛЕНИЙ ФОНД ЧАСУ НА ВИКОНАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ЗБИРАННЯ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ**
Дуганець В. І., Пукас В. Л., Луб П. М.
10.31388/2220-8674-2018-2-2

3. **ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ВИСІВУ НАСІННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР**
Аюбов А. М., Кувачов В. П., Чугункін К. В.
10.31388/2220-8674-2018-2-3

4. **МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ РОБОЧИХ ПАРАМЕТРІВ ТА РЕЖИМІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ**
Броварець О. О.
10.31388/2220-8674-2018-2-4

5. **ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ ПЛАНУВАННЯ БАГАТОФАКТОРНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ КУЛЬТИВАТОРА-ПЛОСКОРІЗА З РОЗПУШУВАЧАМИ**
Сірий І. О., Борохов І. В., Ковальов О. О.
10.31388/2220-8674-2018-2-5

6. **ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСУ МЕТАНОГЕНЕРАЦІЇ ПТАШИНОГО ПОСЛІДУ**
Скляр Р. В., Скляр О. Г., Мілько Д. О.
10.31388/2220-8674-2018-2-6

7. **ШЛЯХИ СТВОРЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ В УМОВАХ ЗРОСТАЮЧОГО ДЕФІЦИТУ ЕНЕРГОНОСІЇВ В ГАЛУЗІ СВИНАРСТВА**
Болтянська Н. І., Болтянський О. В.
10.31388/2220-8674-2018-2-7

8. **АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ШЕСТЕРЕННИХ ПРЕСІВ-ГРАНУЛЯТОРІВ**
Болтянська Н. І.
10.31388/2220-8674-2018-2-8

9. **АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ПРЕСІВ ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ КОРМОВИХ ГРАНУЛ ТА ПАЛИВНИХ БРИКЕТІВ**
Болтянська Н. І., Комар А. С.
10.31388/2220-8674-2018-2-9

10. **КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОПОЗИЦІЇ СТВОРЕННЯ БОКСОВОЇ КОМБІНОВАНОЇ ПІДСТИЛКИ**
Парієв А. О., Дробишев О. О., Коротченко Т. М.
10.31388/2220-8674-2018-2-10

11. **АПРОБАЦІЯ РОЗКИДАЧА ПІДСТИЛКИ З РОТОРНО-ПАЛЬЦЕВИМ РОБОЧИМ ОРГАНОМ У ВИРОБНИЧИХ УМОВАХ**
Парієв А. О., Дробишев О. О., Коротченко Т. М., Болтянський Б. В.
10.31388/2220-8674-2018-2-11

12. **ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ЗМІНИ ДЕФОРМАЦІЇ СОЛОМ'ЯНОЇ ПІДСТИЛКИ ПРИ УЩІЛЬНЕННІ**
Парієв А. О., Дробишев О. О., Коротченко Т. М.
10.31388/2220-8674-2018-2-12

13. **ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ МОБІЛЬНОЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ ШЛЯХОМ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО СКЛАДУ СУМІШЕВИХ БІОДИЗЕЛЬНИХ ПАЛЬНИХ**
Журавель Д. П.
10.31388/2220-8674-2018-2-13

14. **ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ВОЛОГО-ТЕПЛОВОЇ ОБРОБКИ М'ЯТКИ ПРИ ВИДІЛЕНІ ОЛІЇ ІЗ НАСІННЯ РИЦИНИ**
Дідур В. В., Дідур В. А., Чебанов А. Б., Асєєв А. А.
10.31388/2220-8674-2018-2-14

15. **ЕФЕКТИВНІСТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА ПІДПРИЄМСТВІ ПрАТ «МОЕЗ»**
Болтянська І. О.
10.31388/2220-8674-2018-2-15

16. **ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗМІШУВАННЯ РІДИН У ПРОТИТЕЧІЙНО-СТРУМИННОМУ ЗМІШУВАЧІ**
В'юник О. В., Паніна В. В.
10.31388/2220-8674-2018-2-16

17. **МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ПРОЦЕСУ НАПЛАВЛЕННЯ В СЕРЕДОВИЩІ ЗАХИСНИХ ГАЗІВ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ МОДЕРНІЗОВАНОГО ЗВАРЮВАЛЬНОГО НАПІВАВТОМАТА**
Смєлов А. О.
10.31388/2220-8674-2018-2-17

18. **РОЗРАХУНОК І ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ СТЕНДУ ДЛЯ РЕМОНТУ І ОБКАТКИ ДВИГУНІВ В ФЕРМЕРСЬКИХ ГОСПОДАРСТВАХ**
Паніна В. В., В'юник О. В.
10.31388/2220-8674-2018-2-18

19. **ВИЗНАЧЕННЯ МІСЦЯ РОЗТАШУВАННЯ ПУНКТУ УТИЛІЗАЦІЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ**
Сорваніді Ю. Г., Бондар А. М., Новик О. Ю.
10.31388/2220-8674-2018-2-19

20. **ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ РУХУ НАСІНИНИ ПРИ ВИХОДІ З ЖИВИЛЬНОГО КОНУСА ВІБРОАСПІРАЦІЙНОГО СЕПАРАТОРА**
Паламарчук І. П., Кюрчев С. В., Кюрчева Л. М., Верхоланцева В. О.
10.31388/2220-8674-2018-2-20

21. **ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ ГЕОТЕРМАЛЬНОЇ ВЕНТИЛЯЦІЇ**
Ренсевич Є. О., Парієва О. В.
10.31388/2220-8674-2018-2-21

22. **КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ КЕРУВАННЯ РІЗНИХ ТИПІВ РУЛЬОВИХ УПРАВЛІНЬ**
Петров В. О., Бондар А. М., Чаусов С. В., Новік О. Ю.
10.31388/2220-8674-2018-2-22

23. **АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ПРЕСУВАННЯ КОРМІВ**
Болтянська Н. І., Комар А. С.
10.31388/2220-8674-2018-2-23

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА

ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНІ КОМПЛЕКСИ ТА СИСТЕМИ

24. **РАСЧЁТ МЕХАНИЧЕСКИХ И ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ В ДВИГАТЕЛЬНОМ И ГЕНЕРАТОРНОМ РЕЖИМАХ ПРИ ЧАСТОТНОМ УПРАВЛЕНИИ**
Прищепов М. А., Прищепова Е. М., Иванов Д. М.
10.31388/2220-8674-2018-2-23

25. **РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ОБРОБКИ СУМІШЕВОГО БІОПАЛЬНОГО**
Кушлик Р. Р., Кушлик Р. В., Назаренко І. П.
10.31388/2220-8674-2018-2-24

26. **АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ТА КЕРУВАННЯ МІКРОКЛІМАТОМ У ТЕПЛИЦІ**
Діордієв В. Т., Кашкарьов А. О., Діордієв О. О.
10.31388/2220-8674-2018-2-25

27. **ЛОКАЛЬНА СИСТЕМА ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА НА ОСНОВІ СТЕРЕОЗОРУ**
Кашкарьов А. О.
10.31388/2220-8674-2018-2-26

28. **ВИЗНАЧЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧА НА ОСНОВІ АНАЛОГА ЛЯМБДА-ДІОДА ЗА ДОПОМОГОЮ ВОЛЬТ-АМПЕРНИХ ХАРАКТЕРИСТИК**
Попова І. О., Курашкін С. Ф.
10.31388/2220-8674-2018-2-27

29. **РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ**
Лисенко О. В.
10.31388/2220-8674-2018-2-28

30. **АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ В СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОМУ ВИРОБНИЦТВІ**
Лисенко О. В.
10.31388/2220-8674-2018-2-29

31. **ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЇ ТРУБОПРОВОДІВ**
Стручаєв М. І., Стьопін Ю. О., Гулевський В. Б., Постол Ю. О., Левченко Д. В.
10.31388/2220-8674-2018-2-30

32. **ОПТИЧНА СИСТЕМА ВИМІРУ СТРУМУ В УМОВАХ ЛІНІЇ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧІ ВИСОКОЇ НАПРУГИ**
Лобода О. І.
10.31388/2220-8674-2018-2-31

33. **АДАПТАЦІЯ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ІНДУКЦІЙНОГО ТИПУ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ СИПКОГО СЕРЕДОВИЩА**
Чаусов С. В., Сабо А. Г.
10.31388/2220-8674-2018-2-32

34. **ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОЄМНОСТІ ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ ЗЕРНА НА ЗЕРНООЧИСНИХ МАШИНАХ**
Постнікова М. В., Петров В. О.
10.31388/2220-8674-2018-2-33

35. **ОБҐРУНТУВАННЯ СПОСОБУ ПЛАВКИ ОЖЕЛЕДИЦІ ПОВІТРЯНОЇ ЛІНІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ ГЕНЕРАТОРА ЗОНДУЮЧИХ ІМПУЛЬСІВ**
Чебанов А. Б.
10.31388/2220-8674-2018-2-34

36. **ОБҐРУНТУВАННЯ СТРУКТУРНИХ СХЕМ ТЕХНІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ**
Чебанов А. Б., Чаусов С. В.
10.31388/2220-8674-2018-2-35

37. **ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ КАРТОПЛІ ВИСОКОВОЛЬТНИМ ЕЛЕКТРИЧНИМ ПОЛЕМ**
Дудіна М. П., Гулевський В. Б., Чебанов А. Б.
10.31388/2220-8674-2018-2-36

38. **ЗАСТОСУВАННЯ ІНВЕРТОРІВ НАПРУГИ В АВТОНОМНИХ СИСТЕМАХ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕПЛИЧНИХ КОМПЛЕКСІВ З ВИКОРИСТАННЯМ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ**
Дінабурський В. С., Гулевський В. Б.
10.31388/2220-8674-2018-2-37

39. **ОЦІНКА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ХАРГ**
Адамова С. В.
10.31388/2220-8674-2018-2-38

40. **АНАЛІЗ ВПЛИВУ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА РОБОТУ СТРУМОПРИЙМАЧІВ**
Адамова С. В.
10.31388/2220-8674-2018-2-39

41. **ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РІВНОМІРНОСТІ ВИСІВУ ПРОРОЩЕНОГО НАСІННЯ ОВОЧЕВИХ КУЛЬТУР ЗА ДОПОМОГОЮ СОШНИКА З АКТИВНИМ ПРИВОДОМ**
Дейнека С. М.
10.31388/2220-8674-2018-2-40

42. **РОЗРАХУНОК ЕНЕРГЕТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК АВТОГЕНЕРАТОРА З ВИКОРИСТАННЯМ КВАРЦОВИХ ГЕНЕРАТОРІВ НВЧ**
Орел О. М., Орел М. О., Кузьменко В. В.
10.31388/2220-8674-2018-2-41

43. **ПАРАМЕТРИ ІМПУЛЬСНОГО ГЕНЕРАТОРА НА ЛАВИННО-ПРОЛІТНИХ ДІОДАХ ДЛЯ ЗНИЩЕННЯ ШКІДНИКІВ КАРТОПЛІ**
Сілі І. І.
10.31388/2220-8674-2018-2-49

КОМП'ЮТЕРНІ НАУКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

ПРИКЛАДНА ГЕОМЕТРІЯ, ІНЖЕНЕРНА ГРАФІКА

44. **МЕТОД ОБРОБКИ ДАНИХ В УМОВАХ СКЛАДНОГО ШУМОВОГО ОТОЧЕННЯ**
Гнатушенко В. В., Вовк С. М.
10.31388/2220-8674-2018-2-42

45. **DATA PROCESSING OF TECHNOLOGICAL PROCESSES IN MECHANICAL ENGINEERING**
Solomija Ljaskovska
10.31388/2220-8674-2018-2-43

46. **ОПТИМІЗАЦІЯ ПОБУТОВИХ УМОВ У ПОЖЕЖНИХ ЧАСТИНАХ МІСЦЕВОЇ ПОЖЕЖНОЇ ОХОРОНИ ОБ'ЄДНАНИХ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД**
Мартин Є. В., Небелюк В. І.
10.31388/2220-8674-2018-2-44

47. **КІНЕМАТИЧНИЙ ГВИНТ ТРИГРАННИКА ФРЕНЕ**
Пилипака С. Ф., Кресан Т. А., Кремець Я. С.
10.31388/2220-8674-2018-2-45

48. **СПОСІБ НЕРЕГУЛЯРНОГО РОЗБИТТЯ НЕЗВ'ЯЗНОЇ МНОЖИНИ БАГАТОКУТНИКАМИ ЗІ ЗМІННИМИ МЕТРИЧНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ**
Соболь О. М., Арнаго Г. В., Олійник Т. М.
10.31388/2220-8674-2018-2-46

49. **РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ АНАЛІЗУ ПОЖЕЖНИХ СИТУАЦІЙ**
Мартин Є. В., Тарапата Н. В.
10.31388/2220-8674-2018-2-47

50. **АЛГОРИТМ ПОСТРОЕНИЯ РАЗДЕЛЯЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ДВУХ ТОЧЕЧНЫХ МНОЖЕСТВ МЕТОДОМ РАЗБИЕНИЯ ПРОСТРАНСТВА НА РЕГУЛЯРНУЮ СЕТКУ**
Дашкевич А. А.
10.31388/2220-8674-2018-2-48

ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

ТЕХНОЛОГІЯ КОНСЕРВОВАНИХ І ОХОЛОДЖЕНИХ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

51. **ВИЗНАЧЕННЯ ПРИДАТНОСТІ СОРТІВ ЧЕРЕШНІ ТА ВИШНІ ДО ЗАМОРОЖУВАННЯ ЗА КРИТЕРІЄМ КРІОРЕЗИСТЕНТНОСТІ**
Іванова І. Є., Сердюк М. Є., Герасько Т. В., Білоус Е. С. Кривонос І. А.
10.31388/2220-8674-2018-2-51

52. **ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ІНТРОДУКЦІЇ ПРОДУКТИВНИХ ШТАМІВ ЕКЗОТИЧНИХ ГРИБІВ *Cyclocybe aegerita* (V. Brig.) Vizzini та *Pleurotus eryngii* (DC.) Quél**
Бандура І. І., Кулик А. С., Макогон С. В., Синяговський С. С.
10.31388/2220-8674-2018-2-52

53. **ЗБЕРІГАННЯ ЗЕЛЕНІ ШПИНАТУ В ЖИВИЛЬНОМУ СЕРЕДОВИЩІ**
Прісс О. П., Булавицька К. В., Коляденко В. В.
10.31388/2220-8674-2018-2-53

54. **ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСІВ ПЕРОКСИДНОГО ОКИСНЕННЯ ТА ЗМІН ЖИРНОКИСЛОТНОГО СКЛАДУ ЛІПІДІВ СЬОМГИ ПРИ ЗБЕРІГАННІ**
Данченко О. О., Яковійчук О. В., Здоровцева Л. М., Данченко М. М., Майборода Д. О.
10.31388/2220-8674-2018-2-54

55. **ПРОГНОЗУВАННЯ ТОВАРНОЇ ЯКОСТІ ПЛОДІВ ГРУШІ ЗА КРИТЕРІЄМ ІДЕНТИФІКАЦІЇ**
Сердюк М. Є., Сухаренко О. І., Коляденко В. В.
10.31388/2220-8674-2018-2-55

56. **ПРОВЕДЕННЯ ЕНЕРГОАУДИТУ ПНЕВМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ ХАРЧОВОГО ПІДПРИЄМСТВА**
Мєдвєдєва Н. А., Сухенко В. Ю., Сухенко Ю. Г., Радько О. В., Розбицька Т. В.
10.31388/2220-8674-2018-2-56

УДК 631.3.06 DOI: 10.31388/2220-8674-2018-2-1

ПЕРСПЕКТИВИ ЗРОСТАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ РОБОТИ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТУ

Надикто В. Т., д.т.н.,
Кюрчев В. М., д.т.н.,
Аюбов А. М., к.т.н.,
Масалабов В. М., к.т.н.,
Кістечок О. Д., к.т.н.
Таврійський державний агротехнологічний університет
E-mail: volodymyr.nadykto@tsatu.edu.ua
Тел.: +38(067)-950-75-70

Анотація– Одним із найважливіших показників функціонування того чи іншого машинно-тракторного агрегату (МТА) є продуктивність роботи (W) за 1 годину основного часу. На практиці вона визначається швидкістю робочого руху МТА (V_p) та його робочою шириною захвату (B_p). Для забезпечення реального переміщення машинно-тракторного агрегату шириною захвату B_p в режимі руху V_p двигун трактора повинен мати відповідну номінальну потужність N_e. З урахуванням цього для аналізу нами використано формулу, яка відтворює функціональний зв'язок між продуктивністю роботи МТА W і номінальною потужністю його двигуна N_e. Із двох шляхів підвищення величини W: 1) за рахунок зростання швидкісного режиму руху МТА V_p і 2) завдяки збільшенню конструктивного параметра B_p, більш перспективним є другий. У даній роботі розрахунками встановлено, що за збільшення ширини захвату агрегату B_p у два рази (з 8 до 16 м) значина номінальної потужності двигуна $N_{e(Bp)}$ має бути більшою практично у стільки ж разів (збільшеною з 63 до 128 кВт). Водночас, за такого ж (у два рази) росту робочої швидкості агрегату (з 7 до 14 км/год) номінальна потужність двигуна $N_{e(Vp)}$ має бути збільшена з 63 до 196 кВт, тобто більш, ніж утричі. При цьому, як випливає із розрахунків, за зростання величин B_p і V_p у два рази кожна у першому випадку маса трактора має бути більшою на 1 т, а у другому – на 2 т. Для зменшення транспортних габаритів широкозахватних МТА конструкції останніх пропонується створювати на основі напівнавісних дво- або три машинних зчіпок. Польові випробування таких агрегатів, проведені у Таврійському державному агротехнологічному університеті, показали на технічну здійсненність і доцільність їх упровадження у сільськогосподарське виробництво.

Ключові слова– **трактор, машинно-тракторний агрегат, продуктивність роботи, швидкість руху, ширина захвату, потужність.**

Постановка проблеми. Одним із найважливіших показників функціонування того чи іншого машинно-тракторного агрегату є продуктивність його роботи (W). Для її визначення найчастіше використовують наступну загальновідому формулу [1]:

© Надикто В.Т., Кюрчев В.М., Аюбов А.М., Масалабов В.М., Кістечок О.Д.

$$W = 0.1 \cdot V_p \cdot B_p \cdot \tau, \quad (1)$$

де V_p, B_p–робоча швидкість руху (км/год) і робоча ширина захвату (м) МТА відповідно;

τ – коефіцієнт використання часу зміни машинно-тракторним агрегатом.

При розв'язанні проблеми збільшення продуктивності роботи агрегату (W) одні дослідники віддають перевагу підвищенню швидкості руху МТА [2-5], інші – збільшенню його робочої ширини захвату [6-10]. Є дослідження, у яких науковці вбачають перспективу у одночасній зміні (збільшенні) параметрів V_p і B_p[11, 12].

Цілком зрозуміло, що поза увагою наукової спільноти не залишилось питання зростання продуктивності роботи МТА шляхом удосконалення процесу організації його роботи [13, 14], яке у виразі (1) однозначно репрезентує коефіцієнт τ.

Водночас, практично усі науковці обмежують свою задачу установленням оптимальних значин швидкості руху (V_p) і ширини захвату (B_p) машинно-тракторного агрегату. Але ж аналіз виразу (1) показує, що величина W оптимуму не має. Звідси виходить, що для установлення перспектив збільшення продуктивності роботи МТА потрібен інший методичний підхід. Вирішенню саме цього проблемного питання і присвячена дана стаття.

Методика. Передумовою розв'язання поставленої задачі є абстрагування відносно коефіцієнта використання часу робочої зміни машинно-тракторного агрегату (тобто коефіцієнта τ), прийнявши його умовно рівним 1. На логіку і результати подальших міркувань це не впливає, натомість дає можливість аналізувати вираз (1) як основну (тобто чисту) продуктивність МТА у наступному вигляді:

$$W = 0.1 \cdot V_p \cdot B_p. \quad (2)$$

З теорії експлуатації сільськогосподарської техніки відомо [15], що продуктивність роботи машинно-тракторного агрегату є функцією такого важливого конструктивного параметра трактора, як номінальна потужність його двигуна N_e (кВт):

$$W = 0.36 \cdot N_e \cdot \xi_p \cdot \eta_t / K_a, \quad (3)$$

де ξ_p– коефіцієнт завантаження двигуна трактора за потужністю;

η_t – тяговий коефіцієнт корисної дії трактора;

K_a– коефіцієнт питомого тягового опору знаряддя/машини, кН/м.

Прирівнявши праві частини рівнянь (2) і (3), отримаємо такий вираз для визначення параметра N_e:

$$N_e = 0.28 \cdot V_p \cdot B_p \cdot K_a / \eta_t. \quad (4)$$

Суть коефіцієнта K_a, який входить до виразу (4), полягає у врахуванні зміни тягового опору знаряддя/машини в залежності від швидкості робочого руху МТА [15]:

$$K_a = K_o \cdot \left[1 + (V_p - V_o) \cdot \frac{\Delta_c}{100}\right], \quad (5)$$

де K_o– коефіцієнт питомого тягового опору знаряддя/машини за швидкості робочого руху агрегату V_o = 5 км/год;

Δ_c–темп зростання питомого тягового опору знаряддя/машини в залежності від збільшення робочої швидкості МТА.

Підставивши вираз (5) у (4), після відповідних перетворень остаточно отримаємо:

$$N_e = 0.0028 \cdot V_p \cdot B_p \cdot \frac{K_o \cdot \left[100 + (V_p - V_o) \cdot \Delta_c\right]}{\eta_t}. \quad (6)$$

Наступні міркування будемо здійснювати на основі результатів аналізу залежності номінальної потужності двигуна трактора від тих параметрів, які входять до рівняння (6).

Результати і обговорення. Збільшення швидкості робочого руху МТА V_p на величину ΔV_p призведе, як випливає із залежності (5), до зростання коефіцієнта K_a на величину ΔK_a. У підсумку зросте тяговий опір машини/знаряддя на величину $\Delta P_{кр}$, яку можна розрахувати із наступного виразу:

$$\Delta P_{kp} = \Delta K_a \cdot B_p. \quad (7)$$

Збільшення тягового зусилля знаряддя/машини обумовить відповідне зростання буксування рушіїв трактора. Для запобігання цьому явищу маса останнього має бути збільшена на певну величину $\Delta M_т$. За лінійного характеру залежності, яка репрезентує буксування рушіїв енергетичного засобу [16], маємо таке [17]:

$$\Delta P_{kp} = \Delta M_т \cdot K. \quad (8)$$

Коефіцієнт К, який входить до рівняння (8) і має розмірність [м/с^2], розраховується із виразу [17]:

$$K = \frac{g}{1 + 3 \cdot V_x} \cdot \sqrt{\frac{f \cdot (1 + b)}{a}}, \quad (9)$$

де g – прискорення вільного падіння (9,81 м/с^2);

V_x–коефіцієнт варіації коливань тягового опору знаряддя/ машини;

f – коефіцієнт опору коченню коліс трактора по відповідному агротехнічному фону;

a, b – коефіцієнти апроксимації лінійної залежності буксування рушіїв трактора від тягового опору знаряддя/машини.

Прирівнявши праві частини рівнянь (7) і (8), після перетворень отримуємо:

$$\Delta M_т = \frac{\Delta К_a \cdot B_p}{К}. \quad (10)$$

Додаткова маса трактора $\Delta M_т$ сформує додаткову силу опору коченню енергетичного засобу ΔP_f. При цьому:

$$\Delta P_f = \Delta M_т \cdot g \cdot f. \quad (11)$$

На подолання сили ΔP_f трактор має витратити додаткову потужність $\Delta N_{e(Bp)}$, яка є такою:

$$\Delta N_{e(Bp)} = \Delta M_т \cdot g \cdot f \cdot V_p = \frac{\Delta К_a \cdot B_p}{К} \cdot g \cdot f \cdot V_p. \quad (12)$$

Далі, додавши $\Delta N_{e(Bp)}$ до N_e, із виразу (4) після перетворень отримаємо залежність потужності двигуна трактора $N_{e(Bp)}$ як функції від швидкості руху МТА:

$$N_{e(Bp)} = V_p \cdot B_p \cdot \left(0.28 \cdot \frac{К_a}{\eta_т} + \frac{g \cdot f \cdot \Delta К_a}{К}\right). \quad (13)$$

Тепер здійснимо аналогічний аналіз за умови підвищення продуктивності МТА за рахунок збільшення ширини захвату знаряддя/машини. Цілком зрозуміло, що збільшення цього параметру на величину ΔB_p призведе до зростання тягового опору технологічної частини МТА на величину $\Delta P_{кр} = \Delta B_p \cdot К_a$. У підсумку це обумовить зростання маси трактора на величину $\Delta M_т$:

$$\Delta M_т = \frac{К_a \cdot \Delta B_p}{К}. \quad (14)$$

Як і у попередньому варіанті, для переміщення більш важкого (масивного) енергетичного засобу по тому чи іншому агротехнічному фону з робочою швидкістю V_p знадобиться додаткова потужність двигуна $\Delta N_{e(Vp)}$:

$$\Delta N_{e(Vp)} = \Delta M_т \cdot g \cdot f \cdot V_p = \frac{К_a \cdot \Delta B_p}{К} \cdot g \cdot f \cdot V_p. \quad (15)$$

Склавши вирази (4) і (15), отримаємо рівняння для визначення номінальної потужності двигуна трактора за умови зростання продуктивності роботи машинно-тракторного агрегату шляхом збільшення швидкості його робочого руху:

$$N_{e(Vp)} = V_p \cdot K_a \cdot \left(0.28 \cdot \frac{B_p}{\eta_т} + \frac{g \cdot f \cdot \Delta B_p}{K}\right). \qquad (16)$$

При аналізі залежностей (13) і (16) для прикладу розглядали машинно-тракторний агрегат у складі колісного трактора тягового класу 3 (типу серії ХТЗ-170) і культиватора для суцільного обробітку ґрунту (типу КПС-8). Робочу ширину захвату цього МТА змінювали у діапазоні 8…18 м з інтервалом $\Delta B_p = 2$ м.

Швидкість його робочого руху розглядали у діапазоні 7…15 км/год з інтервалом $\Delta V_p = 2$ км/год. Інтервал коефіцієнта K_a приймали рівним 0.25 кН/м. Решта параметрів були наступними: $\eta_т = 0.68$; $K_o = 2.6$ кН/м [17]; $V_o = 5$ км/год [17]; $\Delta_c = 5\%$ [17]; $f = 0.12$ [17]; $V_x = 0.2$ (20%); $a = 0.32$; $b = 0.001$; $K = 3.75$ м/с^2.

Результати математичних розрахунків залежностей (13) і (16) представлені на рис. 1.

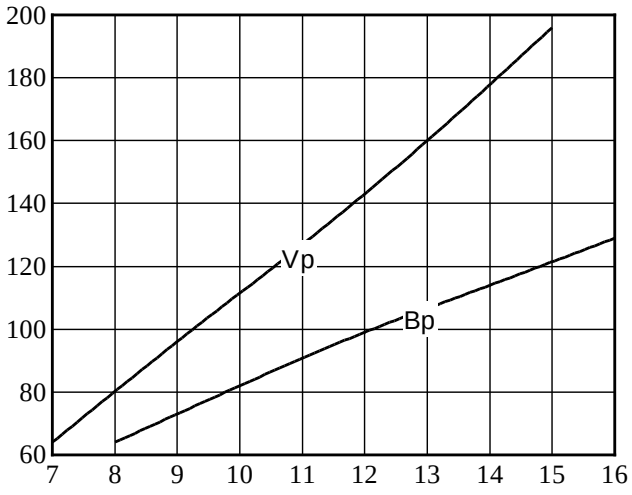


Рис. 1. Залежність номінальної потужності двигуна трактора від ширини захвату (B_p) і робочої швидкості руху (V_p) МТА.

Аналіз отриманих графічних матеріалів показує, що процес підвищення продуктивності роботи МТА шляхом збільшення його робочої швидкості (V_p) характеризується більш інтенсивним зростанням потрібної номінальної потужності двигуна трактора. Так, за збільшення ширини захвату агрегату B_p у два рази (з 8 до 16 м) значина $N_{e(Bp)}$ зростає практично у стільки ж разів (з 63 до 128 кВт). На

відміну від цього, за такого ж (у два рази) росту робочої швидкості агрегату (з 7 до 14 км/год) номінальна потужність двигуна $N_{e(Vp)}$ має бути збільшена з 63 до 196 кВт, тобто більш, ніж утричі. При цьому, як випливає із розрахунків за формулами (10) і (14), за зростання величин B_p і V_p у два рази кожна у першому випадку маса трактора має бути більшою на 1 т, а у другому – на 2 т.

Збільшення ширини захвату МТА однозначно обумовлює зростання його вартості. Причому як за рахунок росту маси машини/знаряддя, так і підвищення експлуатаційної маси трактора.

Збільшення швидкості робочого руху машинно-тракторного агрегату теж призводить до його подорожчання. У даному випадку як за рахунок більш інтенсивного (у порівнянні з попереднім варіантом) збільшення маси енергетичного засобу, так і за рахунок більш суттєвого росту потрібної номінальної потужності його двигуна.

Питання визначення більш витратного варіанту потребує додаткового техніко-економічного дослідження. Визначальною тут є досить вичерпна інформація щодо залежності вартості двигуна від рівня його потужності.

Автори ж даної статті на підставі приведеного вище аналізу вважають більш ефективним напрямом підвищення продуктивності роботи МТА той, який передбачає збільшення його робочої ширини захвату. Водночас, зростання такого конструктивного параметру, як B_p, обмежується вимогами безпеки транспортного руху агрегату з широкозахватними моноблочними машинами/знаряддями. Це змушує розробників обладнувати їх механізмами, що забезпечують складання широкозахватних конструкцій до таких розмірів, які обумовлюють безпечне їх транспортне переміщення. Особливо по автомобільним транспортним магістралям. Цілком зрозуміло, що такий напрямок конструювання не тільки ускладнює конструкцію знарядь/машин, а й призводить до зростання їх ціни.

З огляду на це у Таврійському державному агротехнологічному університеті протягом значного часу розробляється напрямок створення немоноблочних широкозахватних машинно-тракторних агрегатів на основі напівнавісних зчіпок.

Одним із досить ефективних практичних варіантів цього напрямку є тримашинний агрегат (рис. 2). Експериментальний зразок такого МТА (рис. 2в) у складі налаштованого на реверсивний хід орно-просапного трактора серії ХТЗ-160, серійної напівнавісної зчіпки типу СН-75 та трьох причіпних сівалок СЗ-3,6 пройшов широкі експлуатаційні випробування [18].

При їх здійсненні новий посівний машинно-тракторний агрегат рухався зі швидкістю 9,0 км/год (табл. 1). Робоча ширина його захвату

змінювалася в межах 10,65±0,03 м. Середнє квадратичне відхилення цього параметра дорівнювало ±0,16 м.

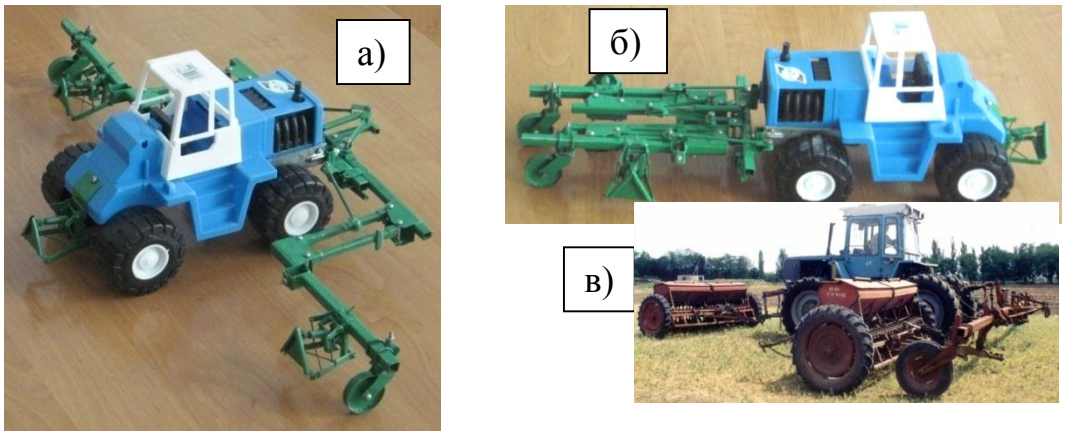


Рис. 2. Макетний (а і б) та експериментальний (в) зразки тримашинного агрегату на основі напівнавісної зчіпки.

За основної продуктивності 9,58 га/год питомі витрати пального становили 1,35 кг/га. Схема посівного МТА з реверсивним ходом трактора не обумовлювала більш-менш суттєвих перешкод у реалізації технологічного процесу. Про це свідчить досить висока значина (0,99) коефіцієнта його надійності (див. табл. 1).

Таблиця 1

Експлуатаційно-технологічні показники роботи тримашинного посівного МТА

Показник	Значина
Умови роботи:	
- робоча ширина захвату, м	10,65 ± 0,03
- робоча швидкість руху, км/год.	9,00
Продуктивність, га/год.:	
- основного часу	9,58
- змінного часу	6,70
Витрати:	
- праці, люд.·год /га	0,15
- пального, кг/га	1,35
Коефіцієнти використання:	
- змінного часу	0,70
- експлуатаційного часу	0,69
- надійності технологічного процесу	0,99
- використання робочих ходів	0,94

Транспортна схема даного посівного агрегату передбачає складання зчіпки спереду енергетичного засобу (рис. 2б) і послідовне приєднання причіпних сівалок до його заднього зчіпного механізму.

За умови використання навісних машин дві із них залишаються на навісних механізмах складеної у транспортне положення зчіпки (рис. 2б), а третя – розташовується на задньому навісному механізмі трактора.

Для агрегатування двох причіпних сівалок типу СЗ-3,6 у Таврійському ДАТУ розроблено напівнавісну зчіпку СН-7,2 [19, 20]. Під час її експлуатаційно-технологічних випробувань новим машинно-тракторним агрегатом здійснювали підживлення сходів озимої пшениці аміачною селітрою (рис. 3).



Рис. 3. Напівнавісна зчіпка СН-7,2 і двомашинний посівний агрегат на її основі.

Для порівняння випробовуваний машинно-тракторний агрегат працював на полі разом з аналогічним у складі трактора МТЗ-80 та однієї сівалки СЗ-3,6. Для організації роботи порівнюваних МТА поле було розділено на ділянки.

Аналіз хронометражних даних їх роботи показав наступне. У порівнянні з контрольним (базовим) швидкість робочого руху нового МТА була меншою лише на 2,2 % (табл. 2).

Таблиця 2

Експлуатаційно-технологічні показники роботи посівних МТА

Показник	Значина для МТА

	нового	базового
Умови та режим роботи:		
- швидкість руху, км/год	8,8	9,0
- робоча ширина захвату, м	7,2	3,6
Продуктивність роботи 1за годину, га:		
- основного часу	6,3	3,2
- змінного часу	4,9	2,5
Питомі витрати пального, кг/га	3,05	3,80
Експлуатаційно-технологічні показники:		
- коефіцієнт використанні часу зміни	0,78	0,79
- коефіцієнт надійності технологічного процесу	1,0	1,0

Практично рівними виявилися і експлуатаційно-технологічні показники порівнюваних машинно-тракторних агрегатів. Наявна різниця їх значин є статистично випадковою.

Водночас, за рахунок вдвічі більшої ширини захвату продуктивність роботи дослідного агрегату за одну годину основної роботи була в 1,96 разів вищою. Практично у стільки ж виявилася більшою і продуктивність роботи нового МТА на одну годину змінного часу (4,9 проти 2,5 га/год, див. табл. 2).

Як показали виробничі випробування, новий машинно-тракторний агрегат виявився більш економічним. Застосування нової зчіпки дозволило знизити питомі витрати пального з 3,80 л/га – у базового МТА до 3,05 л/га – у нового агрегату. Тобто економія склала 20%. Цілком зрозуміло, що добитися цього вдалося завдяки використанню двох сівалок в одному агрегаті замість однієї.

Висновки. Із двох шляхів підвищення продуктивності роботи машинно-тракторних агрегатів: 1) за рахунок збільшення швидкості робочого руху (V_p) і 2) за рахунок збільшення робочої ширини захвату МТА (B_p), більш перспективним є другий. Практична його реалізація за умови двократного збільшення значин параметрів V_p і B_p потребує у 1,5 рази меншого рівня збільшення номінальної потужності двигуна трактора і у два рази меншого збільшення його експлуатаційної маси.

Для зменшення транспортних габаритів широкозахватних МТА конструкції останніх пропонується створювати на основі напівнавісних дво- або три машинних зчіпок. Польові випробування таких агрегатів показали на технічну здійсненність і доцільність їх упровадження у сільськогосподарське виробництво.

Література

1. Машиновикористання в землеробстві / В. Ю. Ільченко[та ін.]; за ред. В. Ю. Ільченка, Ю. П. Нагірного. – К.: Урожай, 1996. – 384 с.

2. Сизов О. А. Анализ способов автоматического поддержания оптимальной скорости работы пахотного агрегата /О. А. Сизов, В. А. Сакун// Техника в сельском хозяйстве. – 1988. – №3.–С. 36-37

3. Шалягин В. Н. Комплексное повышение эффективности МТА с энергонасыщенными тракторами / В. Н. Шалягин // Тракторы и сельскохозяйственные машины.– 1988. – №5.– С. 9-13.

4. Надикто В. Т. Енергонасиченість тракторів та шляхи її реалізації / В.Т. Надикто // Техніка і технології АПК. – 2011.– №9. – С. 8-11.

5. Adamchuk, V., Bulgakov, V., Nadykto, V., Ihnatiev, Y., Olt, J.(2016). Theoretical research in to the power and energy performance of agricultural tractors. *Agronomy Research, 14*(5), 1511–1518.

6. Исследование МЭС в составе широкозахватных МТА на возделывании пропашных культур /Г. М. Кутьков, В. Д. Черепухин, Е. В. Габай, Л. М. Лукерчик, В. Т. Надыкто // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1992. – №10-12.– С. 9-10.

7. Кутьков Г. М. Конструктивные параметры широкозахватных МТА на основе МЭС /Г. М. Кутьков, Е. В. Габай, В. Т. Надыкто // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1994. – №4.– С. 12-16.

8. Надыкто В. Т. Агрегатирование МЭС с передненавесным плугом / В. Т. Надыкто // Тракторы и сельскохозяйственные машины.– 1994. – №7.– С. 21-23.

9. Кутьков Г. М. Технико-экономический анализ применения МЭС на возделывании пропашных культур / Г. М. Кутьков, В. Д. Черепухин, В. Т. Надыкто // Техника в сельском хозяйстве. – 1997. – №2. – С. 16-18.

10. Зангиев А. А. Агрегаты с изменяемой шириной захвата / А. А. Зангиев, О. Н. Дидманидзе // Техника в сельском хозяйстве. – 1989. – №2.–С. 47-49.

11. Юдкин В. В. Оптимизация скорости движения и ширины захвата почвообрабатывающих агрегатов / В. В. Юдкин // Механизация и электрификация сельского хозяйства.– 1988. –№4. – С. 45-49.

12. Трепененков И. И. Об использовании мощности с.-х. тракторов / И. И. Трепененков, В. И. Мининзон //Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1987. – №3.– С. 13-15.

13. Морозов А. Х. Средства повышения эксплуатационных качеств машинно-тракторных агрегатов / А. Х. Морозов, Ю. В. Дробышев, С. А. Новокщенов // Труды Волгоградского СХИ. – 1988. – №36.

14. Надикто В. Т. Вплив біодизеля на експлуатаційні показники роботи МТА / В. Т. Надикто, В. А. Дідур, В. В. Федоренко// Техніка АПК. – 2008. – №1.–С. 27-29.

15. Иофинов С. А. Справочник по эксплуатации машинно–тракторного парка / С. А. Иофинов, Э. П. Бабенко, Ю. А. Зуев. – М.: Агропромиздат, 1985. – 272 с.

16. *Nadykto, V., Arak, M., Olt, J.*(2015). Theoretical research into the frictional slipping of wheel-type undercarriage taking into account the limitation of their impact on the soil. *Agronomy Research,13*(1), 148–157.

17. Теоретичне обґрунтування типажу колісних сільськогосподарських тракторів для України / В. В. Адамчук, В. М. Булгаков, В. Т. Надикто, В. М. Кюрчев // Вісник аграрної науки. – 2017. – № 1.– С.43-47.

18. Надикто В. Т. Оцінка технологічної універсальності сімейства тракторів «ХТЗ» / В. Т. Надикто, В. М. Кюрчев // Збірник наукових праць Таврійської державної агротехнологічної академії.–2006. – Вип. 40.– С. 168-173.

19.Напівнавісна двомашинна зчіпка /В. Т. Надикто, В. М. Кюрчев, В. М. Масалабов, А. М. Аюбов // Збірник наукових праць Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь, 2009. – Вип. 9, т.3. – С. 137-144.

20. Надикто В. Т. Дослідження динамічної повороткості двомашинного МТА/ В. Т. Надикто, В. М. Масалабов// Науковий вісник Таврійського ДАТУ. – Мелітополь, 2012. – Вип. 2, т.3.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ РАБОТЫ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТА

Надыкто В. Т., Кюрчев В. М., Аюбов А. М.,
Масалабов В. М., Кистечок А. Д.

Аннотация

Одним из наиболее важных показателей функционирования того или иного машинно-тракторного агрегата (МТА) является его производительность за 1 час основного времени (W). На практике она зависит от скорости рабочего движения МТА (V_p) и его рабочей ширины захвата (B_p). Для обеспечения реального перемещения МТА шириной захвата B_p в режиме движения V_p двигатель трактора должен иметь соответствующую номинальную мощность N_e. С учетом этого для анализа нами использована формула, отображающая функциональную связь между производительностью работы МТА W и номинальной мощностью его двигателя N_e. Из двух путей повышения величины W: 1) за счет увеличения скоростного режима движения МТА V_p и 2) путем увеличения параметра B_p, более перспективным является второй. В данной статье расчетами установлено, что при увеличении ширины захвата агрегата B_p в два раза (с 8 до 16 м) номинальная мощность двигателя $N_{e(Bp)}$ должна быть большей практически во столько же раз (увеличенной с 63 до 128 кВт). Вместе с этим, при таком же (т.е. в два раза) увеличении рабочей скорости агрегата (с 7 до 14 км/ч) номинальная мощность двигателя $N_{e(Vp)}$ должна быть увеличена с 63 до 196 кВт, т.е. более, чем в три раза. При этом, как следует из расчетов, при увеличении значений параметров B_p і V_p в два раза в первом случае масса трактора должна быть большей на 1 т, во втором –

на 2 т. Для уменьшения транспортных габаритов широкозахватных МТА их конструкции предлагается создавать на основе полунавесных двух- или трехмашинных сцепок. Полевые испытания таких агрегатов, проведенные в ТГАТУ, показали на их техническую осуществимость и целесообразность внедрения в сельскохозяйственное производство страны.

PERSPECTIVES OF INCREASING THE MACHINE-TRACTOR UNIT PERFORMANCE

V. Nadykto, V. Kyurchev, A. Aubov,
V. Masalabov, A. Kistechok

Summary

One of the most important function indicators of the one or another machine-tractor unit (MTU) is its productivity per 1 hour of normal time (W). On the practice, it depends on the speed of the working movement of the MTU (V_p) and its working width (B_p). To ensure a real movement of the MTU with a working width B_p, in the driving mode V_p, the tractor engine must have an appropriate nominal power N_e. Taking this into account we used for our analysis a formula that shows the functional connection between the productivity of MTU W and the nominal power of its engine N_e. Two ways of the W value increasing are: 1) due to the increase in the speed mode of the MTU motion V_p and 2) by the B_p parameter increasing, the second way is more perspective one. In this article the calculations have established that with the increasing of the width of the unit B_p twice (from 8 to 16 m) the nominal power of the engine $N_{e(Bp)}$ has to be larger in practically the same number of times (increased from 63 to 128 kW). At the same time, with the same increasing (i.e. in two times) in the working speed of the unit (from 7 to 14 km·h^{-1}), the rated power of the engine $N_{e(Vp)}$ should be increased from 63 to196 kW, i.e. more than in three times. In this case, as follows from the calculations, with the increasing values of the parameters B_p, and V_p twice in the first case, the mass of the tractor has to be bigger by 1 t, in the second has to by 2 t. To reduce the transport dimensions of the wide-cutting MTU, it is proposed to design them on the basis of the semi-mounted two- or three-machine couplers. Field tests of such units, conducted by Tavria State Agrotechnological University, showed their technical feasibility and practicability of introduction into the agricultural production of the country.

Keywords: tractor, machine-tractor unit, work efficiency, speed, traction width, power

УДК 631.356.26:631.558.4 DOI: 10.31388/2220-8674-2018-2-2

АГРОМЕТЕОРОЛОГІЧНО ЗУМОВЛЕНИЙ ФОНД ЧАСУ НА ВИКОНАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ЗБИРАННЯ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ

Дуганець В. І., к.т.н.*
Пукас В. Л., здобувач
Подільський державний аграрно-технічний університет
Луб П. М., к.т.н.
Львівський національний аграрний університет
E-mail: duganec-viktor@rambler.ru
Тел. +38(067)884-25-86

Анотація **–**Одним із основних природних факторів, що впливають на своєчасність виконання польових робіт із механізованих технологій вирощування сільськогосподарських культур є агрометеорологічні умови. Їх стохастична дія та некерованість призводить до запізнення виконання робіт із збирання врожаю цукрових буряків, що підвищує вірогідність виникнення технологічних втрат врожаю коренеплодів. Тому на практиці доводиться прогнозувати агрометеорологічні умови, аналізувати стан ґрунту та коренеплодів цукрових буряків, а далі приймати рішення щодо часу початку та тривалості виконання відповідних робіт по збиранню урожаю. У статті розкрито методика та представлено результати дослідження впливу агрометеорологічних умов осіннього періоду на добовий фонд часу для технологічних процесів збирання врожаю коренеплодів цукрових буряків. Встановлення статистичних закономірностей тривалості ($t_{пдд}$) природно дозволеного добового фонду часу на виконання робіт дало змогу врахувати вплив агрометеорологічних умов на добову продуктивність ($W_{доб}$) бурякозбиральних комбайнів, а відтак відобразити в імітаційній моделі цих процесів об’єктивно зумовлені часові обмеження на їх функціонування в осінній період. Встановлені в результаті дослідження закономірності, доповнюють інформаційну базу знань для відображення впливу агрометеорологічної складової на часові характеристики виконання робіт по збиранню цукрових буряків. Це відіграє важливу роль для об’єктивного відображення технологічних процесів в статистичній імітаційній моделі, а відтак дає змогу отримати достовірні результати комп’ютерних експериментів для встановлення статистичних закономірностей їх функціональних показників ефективності. Врахування в статистичній імітаційній моделі технологічних процесів збирання цукрових буряків, впливу агрометеорологічної складової на їх перебіг дає змогу отримати об’єктивні результати комп’ютерних експериментів, а відтак встановити закономірності зміни функціональних показників ефективності за відповідного технічного забезпечення.

Ключові слова **– агрометеорологічні умови, фонд часу, збирання цукрових буряків, моделювання, технологічні втрати.**

---

* Науковий керівник – Дуганець В. І., к.т.н., доцент

© Дуганець В. І., Пукас В. Л., Луб П. М.

Постановка проблеми. Своєчасність польових робіт із механізованого вирощування сільськогосподарських культур значною мірою залежить від агрометеорологічних умов. Їх стохастична дія та некерованість призводить до запізнення із механізованими технологічними процесами (ТП), зокрема, із збирання врожаю цукрових буряків (ЗЦБ). Це підвищує вірогідність виникнення технологічних втрат врожаю коренеплодів. На практиці ж, доводиться прогнозувати агрометеорологічні умови, моніторити стан ґрунту та коренеплодів цукрових буряків (предметів праці), виконувати аналіз і прогноз тенденцій їх зміни, а також приймати рішення щодо часу початку та тривалості виконання відповідних ТП. Ефективність цих рішень значним чином опирається на достовірність інформації щодо закономірностей зміни тривалості природно зумовленого фонду часу на виконання відповідних ТП, зокрема, в розрізі осіннього періоду.

Аналіз останніх досліджень переконує у тому, що питання впливу агрометеорологічних умов на виконання відповідних ТП у рільництві розглядалися неодноразово: 1) підготовка ґрунту та сівба [4]; 2) хімічний захист посівів [12]; 3) вирощування [10] та збирання врожаю культур [1;3;11] тощо. Зокрема у праці [9], для обґрунтування часу початку механізованих процесів збирання врожаю коренеплодів цукрових буряків враховано закономірність зміни природно дозволеного фонду часу на їх виконання в розрізі осіннього календарного періоду. Аналіз положень викладених у цих працях свідчить про вагомість врахування впливу агрометеорологічної складової, однак питання щодо добового фонду часу на виконання ТП ЗЦБ ще потребують уточнення.

Формулювання мети дослідження. Метою статті є розкриття методики та представлення результатів дослідження впливу агрометеорологічних умов осіннього періоду на добовий фонд часу для технологічних процесів збирання врожаю коренеплодів цукрових буряків.

Результати та обговорення. Тривалість ТП ЗЦБ формується сукупністю чинників, окремі із яких некеровані та зумовлені впливом агрометеорологічних та біологічно-предметних складових. Зокрема, встановлення статистичних закономірностей тривалості ($t_{пдд}$) природно дозволеного добового фонду часу на виконання ТП ЗЦБ дає змогу врахувати вплив агрометеорологічних умов на добову продуктивність ($W_{доб}$) тих чи інших бурякозбиральних комбайнів, а відтак відобразити в імітаційній моделі цих ТП об’єктивно зумовлені часові обмеження на їх функціонування в осінній період.

Для визначення статистичних закономірностей зміни $t_{пдд}$ розроблено методику, котра ґрунтується на використанні загальновідомої інформації, проведенні виробничих спостережень та

комп'ютерних експериментів із статистичною імітаційною моделлю ТП ЗЦБ.

Отже, тривалість $t_{пдд}$ обмежена двома подіями – організаційно відкоригованим часом початку ($\tau_п^o$) ТП ЗЦБ та часом ($\tau_{зс}$) заходу сонця(рис. 1, а). Слід зазначити, що з метою врахування щоденних організаційно-технологічних підготовчих етапів виконання ТП ЗЦБ час їх початку для кожного із погожих днів ($\tau_п^o$) приймався як – $\tau_п^o = 8^{\underline{00}}$ год. Вважається, що за проміжок часу між сходом сонця ($\tau_{сс}$) та $\tau_п^o$ комбайнер (оператор) встигне виконати усі щоденні підготовчі етапи: 1) отримання наряду на виконання роботи; 2) перевірка технічного стану комбайна; 3) заправка пального тощо.

Для відображення подій $\tau_{сс}$ та $\tau_{зс}$ використано загально доступну інформацію із метеоресурсів щодо тривалості світлової частини доби та часу сходу і заходу сонця в розрізі відповідного календарного періоду та регіону виконання ТП ЗЦБ. Зокрема, для визначення $\tau_{сс}$ та $\tau_{зс}$ використано наступні рівняння:

- час сходу сонця: $\tau_{сс} = -2{,}1 \cdot 10^{-5} \cdot d^2 + 0{,}0457 \cdot d - 4{,}46;$ (1)
- час заходу сонця: $\tau_{зс} = 9{,}9 \cdot 10^{-5} \cdot d^2 - 0{,}0929 \cdot d + 35{,}998.$ (2).

Загальновідомо, що випадання дощу ($\tau_д$) призводить до перезволоження ґрунту та ускладнення викопування коренеплодів [2; 7; 8]. Це знижує продуктивність бурякозбиральних комбайнів та технологічну якість зібраних коренеплодів. Тому, для визначення $t_{пдд}$ прийнято умову, що у разі перезволоження ґрунту ТП ЗЦБ призупиняють до моменту відновлення його фізичної стиглості, тобто виникнення події $\tau_{вф}$. Зазначимо, що у разі виникнення події $\tau_д$ до моменту $\tau_п^o$ нами вважалося, що поточний день є непогожим, за якого – $t_{пдд} = 0$ год. У разі, коли подія $\tau_д$ виникає після $\tau_{зс}$, вважалося, що непогожим буде наступний день.

Для випадку, коли $\tau_д$ виникала між подіями $\tau_п^o$ та $\tau_{зс}$ визначали $t_{пдд}$ (рис. 1, б):

$$t_{пдд} = \tau_д - \tau_п^o. \quad (3)$$

Аналогічно визначали $t_{пдд}$ для добив якій після непогожого проміжку відновлюється фізична стиглість ґрунту – $\tau_{вф}$. Зокрема, для випадку $\tau_{вф} \leq \tau_п^o$ приймалось, що поточна доба є погожою. За умови $\tau_{вф} \geq \tau_{зс}$ вважали, що погожою буде наступна доба. Для випадку $\tau_п^o \leq \tau_{вф} \leq \tau_{зс}$ визначали $t_{пдд}$ (рис. 1, в):

$$t_{пдд} = \tau_{зс} - \tau_{вф}. \quad (4)$$

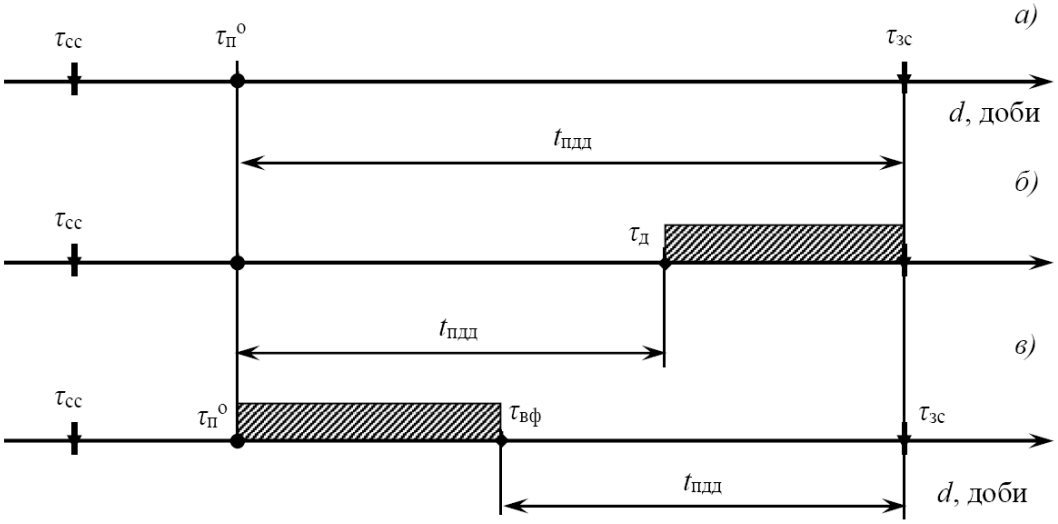


Рис. 1. Графічна інтерпретація методики визначення тривалості природно дозволеного добового фонду часу на виконання ТП ЗЦБ: а – доба без дощу; б – доба із дощем; в – доба із відновленням фізичної стиглості ґрунту; $\tau_{сс}$, $\tau_{зс}$ – відповідно час сходу та заходу сонця, год; $\tau_п^о$ – організаційно відкоригований час початку ТП ЗЦБ в розрізі доби, год; $\tau_д$ – час випадання дощу в розрізі доби, год; $\tau_{вф}$ – час відновлення фізичної стиглості ґрунту, год

Слід зазначити, що для погожої доби $t_{пдд}$ обмежується тільки двома подіями $\tau_п^о$ та $\tau_{зс}$:

$$t_{пдд} = \tau_{зс} - \tau_п^о. \quad (5)$$

Для формалізації статистичних закономірностей $\tau_д$ опрацьовано результати пасивних спостережень Вол.-Волинської метеорологічної станції (звітна форма ТСХ-1 та КМ-1) за часом випадання такої кількості опадів, за якої верхні шари (2-10 см) ґрунту переходили у перезволожений стан, а робота бурякозбиральних комбайнів призупинялася. Ці спостереження виконані за відповідними методиками [5], а тому їх результати слід вважати вірогідними. Зокрема, за 45 річними (1971-2016 рр.) даними систематизовано календарні дати та години виникнення опадів, які зумовлювали перезволоження ґрунту полів.

За отриманими значеннями часу $\tau_д$ виникнення опадів сформовано варіаційні ряди і опрацьовано за методами математичної статистики, а відтак встановлено статистичні характеристики ймовірнісних величин [6].

Щодо часу $\tau_{вф}$ відновлення фізичної стиглості ґрунту за якого погожі проміжки продовжуються та відновлюється робота бурякозбиральної техніки, то нами прийнято умову, що $\tau_{вф}$ розподілений в межах $0...24^{\underline{00}}$ год за нормальним законом розподілу із

оцінками математичного сподівання – $\bar{M}\left[\tau_{вф}\right] = 14^{\underline{00}}$ год.

Відображення у статистичній імітаційній моделі ТП ЗЦБ цих об'єктивно зумовлених подій, як для окремих діб так і для осіннього періоду загалом, дає змогу на підставі багаторазових ітерацій цієї моделі відтворити стохастичний вплив агрометеорологічних умов на $t_{пдд}$, а відтак і на добову продуктивність бурякозбиральних комбайнів. Виконання таких комп'ютерних експериментів та опрацювання їх результатів дає змогу сформувати варіаційні ряди емпіричних даних $t_{пдд}$ та встановити статистичні закономірності зміни цього показника для кожної *d*-ї доби відповідного календарного періоду.

Отже, для врахування впливу агрометеорологічної складової ТП ЗЦБ зібрано, систематизовано та опрацьовано відповідні дані. Зокрема, опрацьовано звіти спостережень (ТСХ-1, КМ-1) Вол.-Волинської метеорологічної станції за станом верхніх шарів (0-2, 2-10см) ґрунту (для періоду 45 років – 1971-2016 рр.) та часом і обсягами випадання дощу (для 16 років – 2000-2016 рр.). За отриманими показниками побудовано наступні ряди емпіричних даних (для календарного періоду з 1 вересня до 30 листопада): 1) тривалості ($t_{пдд}$) природно дозволеного добового фонду часу (рис. 2); 2) часу ($\tau_д$) випадання дощу в розрізі доби (рис. 3).

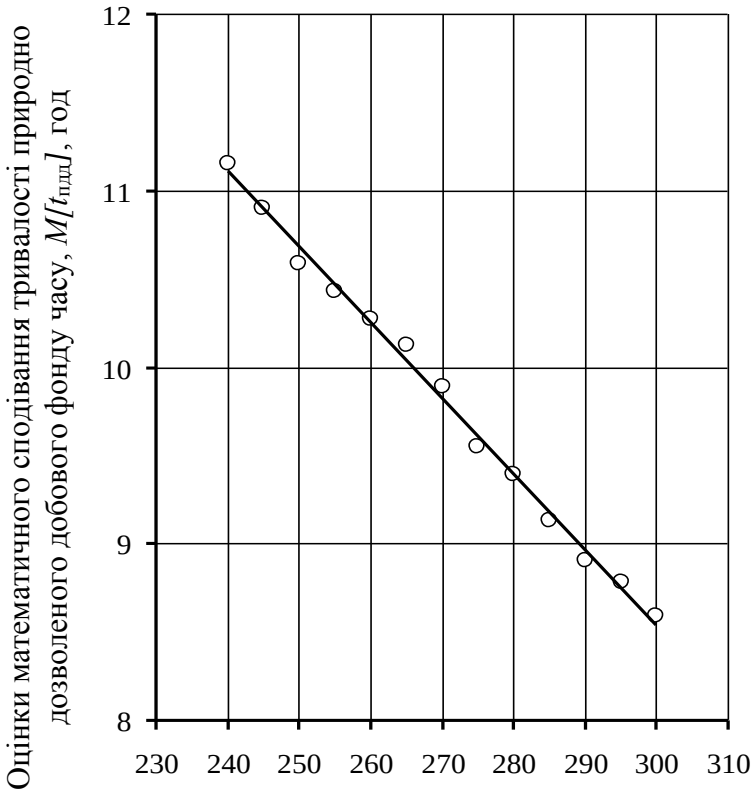


Рис. 2. Закономірність зміни оцінок математичного сподівання тривалості природно дозволеного добового фонду часу на виконання ТП ЗЦБ

Використання методів математичної статистики та кореляційно-регресійного аналізу для опрацювання множини показників $t_{пдд}$ дало змогу обґрунтувати закономірність зміни оцінок їх математичного сподівання ($\bar{M}[t_{пдд}]$) (рис. 2) для відповідного календарного періоду. Рівняння цієї залежності має вигляд:

$$\bar{M}[t_{пдд}] = -0{,}0428 \cdot d + 21{,}371. \qquad (6)$$

Коефіцієнт кореляції r = -0,995 підтверджує гіпотезу про обернену кореляційну закономірність.

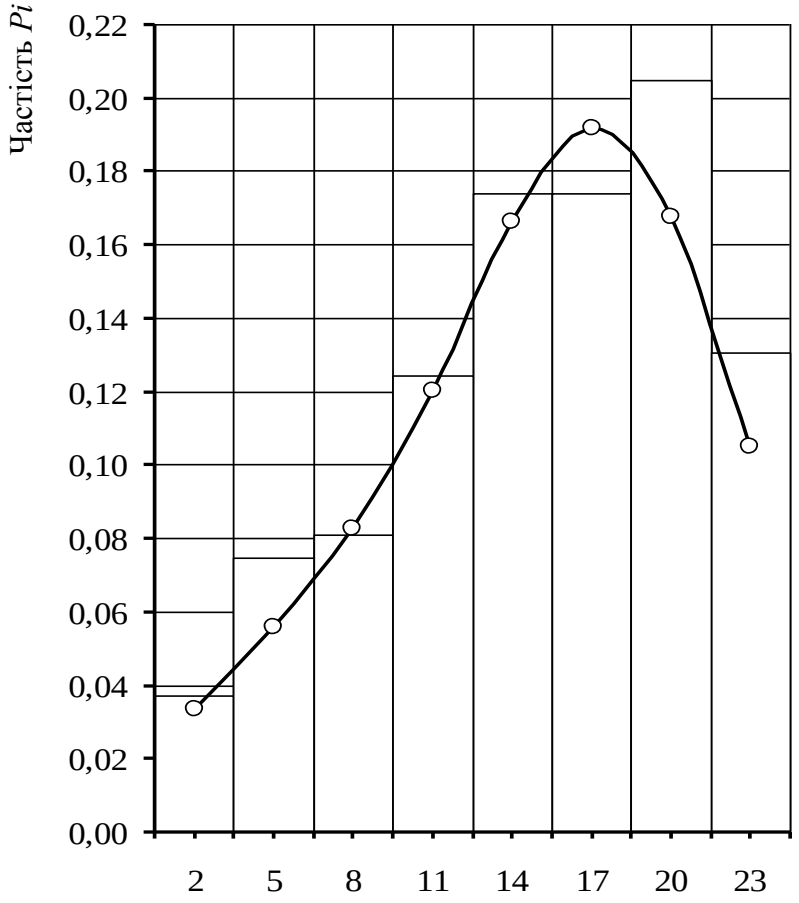


Рис. 3. Розподіл часу початку випадання дощу в розрізі календарних діб осіннього періоду

Щодо часу ($\tau_д$) випадання дощу, то аналіз відповідних емпіричних даних здійснено із використанням методів математичної статистики [6]. Це дало змогу побудувати варіаційні ряди та встановити статистичні характеристики цієї ймовірнісної величини. Зокрема, застосування критерію χ^2 Пірсона за стандартизованими методиками [6] дало змогу обґрунтувати розподіл $\tau_д$ (рис. 3), який узгоджується із чотири-параметричним теоретичним законом Лапласа-Шарльє. Диференціальна функція розподілу $\tau_д$ має вигляд:

$$f(\tau_\partial) = 0{,}071 \cdot e^{-\frac{t^2}{2}} \left\{1 - 0{,}0896 \cdot t \cdot \left(t^2 - 3\right) - 0{,}0264 \cdot \left[t \cdot \left(t^2 - 2\right) - 3\left(t^2 - 1\right)\right]\right\}, \quad (7)$$

де t – відносна величина, $t = \frac{\tau_\partial - 14{,}848}{5{,}591}$.

Головні статистичні характеристики розподілу τ_∂ наступні: оцінка математичного сподівання – $\bar{M}[\tau_\partial]$ = 14,848 доба; коефіцієнт варіації – $\upsilon[\tau_\partial]$ = 0,404. Довірчий інтервал τ_∂ становить 1…24 години.

Отже, встановлені закономірності (6-7) доповнюють базу початкових знань для відображення впливу агрометеорологічної складової на часові характеристики виконання ТП ЗЦБ. Це відіграє важливу роль для об'єктивного відображення ТП в статистичній імітаційній моделі, а відтак дає змогу отримати достовірні результати комп'ютерних експериментів для встановлення статистичних закономірностей їх функціональних показників ефективності.

Висновки. Стохастичний вплив агрометеорологічних умов на вологість верхніх шарів ґрунту в осінній період зумовлює вірогідність несвоєчасного виконання ТП ЗЦБ, а відтак виникнення технологічних втрат врожаю коренеплодів цукрових буряків. Опрацювання результатів виробничих спостережень Вол.-Волинської метеорологічної станції за станом верхніх шарів (0-2, 2-10см) ґрунту та часом і обсягами випадання дощу дало змогу встановити те, що оцінки математичного сподівання тривалості природно дозволеного добового фонду часу на виконання ТП ЗЦБ (рис. 2) змінюються за обернено пропорційною лінійною закономірністю у розрізі календарних термінів осіннього періоду. Застосування методів математичної статистики та критерію X^2 Пірсона дало змогу обґрунтувати розподіл часу початку випадання дощу в розрізі календарних діб осіннього періоду, який узгоджується із чотири-параметричним законом Лапласа-Шарльє і має наступні статистичні характеристики – $\bar{M}[\tau_\partial]$ = 14,848 доба, $\upsilon[\tau_\partial]$ = 0,404. Врахування в статистичній імітаційній моделі ТП ЗЦБ впливу агрометеорологічної складової на їх перебіг дає змогу отримати об'єктивні результати комп'ютерних експериментів, а відтак встановити закономірності зміни функціональних показників ефективності за відповідного технічного забезпечення.

Література

1. Березовецький С. А. Обґрунтування параметрів технічного оснащення технологічних систем збирання озимого ріпаку : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.05.11 / С. А. Березовецький; ЛНАУ. – Львів, 2017. – 21 с.

2. Булгаков В. М. Теорія бурякозбиральних машин : монографія / В.М. Булгаков. – К: Видавництво НАУ, 2005. – 245 с.

3. Днесь В. І. Обґрунтування параметрів зернозбирально-транспортних комплексів для сільськогосподарських товаровиробників : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.05.11 / В. І. Днесь; ННЦ "ІМЕСГ". – Глеваха, 2015. – 20 с.

4. Івасюк І. П. Обґрунтування параметрів технологічної системи обробітку ґрунту та сівби озимих культур : автореф. дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.05.11 / І. П. Івасюк. – Глеваха, 2013. – 19 с.

5. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам : РД 52.33.217-99. – Л.: Гидрометеоиздат, 1985. – Вып. 11, ч. 1: Агрометеорологические наблюдения на станциях и постах. Основные агрометеорологические наблюдения. – 320 с. – (Руководящий документ).

6. Прикладная статистика. Правила проверки согласия опытного распределения с теоретическим: ГОСТ 11.006-74. – М.: Изд-во стандартов, 1981. – 32 с.

7. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур / В. В. Лихочвор [та ін.]; за ред. В.В. Лихочвора, В. Ф. Петриченка. – 3-тє вид., виправ., допов. – Львів : Українські технології, 2010. – 1088 с.

8. Рунчев М. С.Организация уборочных работ специализированными комплексами / М. С. Рунчев, Э. И. Липкович, В. Я. Жуков. – М.: Колос, 1980. – 223 с.

9. Спічак В. С. Управління виробничо-технологічним ризиком у проектах збирання цукрових буряків : автореф. дис. … канд. техн. наук : 05.13.22 / В. С. Спічак; ЛНАУ. – Львів, 2010. – 23 с.

10. Тимочко В.О. Обґрунтування коефіцієнта погодності для прогнозування добової продуктивності машинно-тракторних агрегатів / В.О. Тимочко, П.М. Луб, Р.І. Падюка // Вісник Львівського НАУ.2017. – №14. – С. 148-154. – (Агроінженерні дослідження).

11. Шарибура А. О. Управління змістом та часом у проектах з технологічним ризиком (стосовно збирання льону-довгунця) : автореф. дис. … канд. техн. наук : 05.13.22 / А. О. Шарибура. – Львів, 2010. – 20 с.

12. Шолудько П. В. Системно-подієві засади планування проектів захисту рослин обприскуванням : автореф. дис. … канд. техн. наук : 05.13.22 / П. В. Шолудько. – Львів, 2011. – 20 с.

АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИ ОБУСЛОВЛЕН ФОНД ВРЕМЕНИ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ УБОРКИ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ

В. И. Дуганец, В. Л. Пукас, П. М. Луб

Аннотация

Одним из основных природных факторов, влияющих на своевременность выполнения полевых работ по механизированной технологии возделыва77ния сельскохозяйственных культур являются агрометеорологические условия. Их стохастическое действие и неуправляемость приводит к опозданию выполнения работ по сбору урожая сахарной свеклы, что повышает вероятность возникновения технологических потерь урожая корнеплодов. Поэтому на практике приходится прогнозировать агрометеорологические условия, анализировать состояние почвы и корнеплодов сахарной свеклы, а дальше принимать решение о времени начала и продолжительности выполнения соответствующих работ по уборке урожая. В статье раскрыта методика и представлены результаты исследования влияния агрометеорологических условий осеннего периода на суточный фонд времени для технологических процессов сбора урожая корнеплодов сахарной свеклы. Установление статистических закономерностей продолжительности ($t_{пдд}$) естественно разрешенного суточного фонда времени на выполнение работ позволило учесть влияние агрометеорологических условий на суточную производительность ($W_{сут}$) свеклоуборочных комбайнов, а затем отразить в имитационной модели этих процессов объективно обусловленные временные ограничения на их функционирование в осенний период. Установленные в результате исследования закономерности дополняют информационную базу знаний для отражения влияния агрометеорологической составляющей на временные характеристики выполнения работ по уборке сахарной свеклы. Это играет важную роль для объективного отражения технологических процессов в статистической имитационной модели, а затем позволяет получить достоверные результаты компьютерных экспериментов для установления статистических закономерностей их функциональных показателей эффективности. Учет в статистической имитационной модели технологических процессов уборки сахарной свеклы влияния агрометеорологических составляющей на их ход позволяет получить объективные результаты компьютерных экспериментов, а затем установить закономерности изменения функциональных показателей эффективности при соответствующем техническом обеспечении.

AGROMETEOROLOGIC RELATIVE TIME FOUNDATION FOR TECHNOLOGICAL PROCESSES OF SUGAR BEET HARVESTING

V. Duhanets, V. Pukas, P. Lub

Summary

Agrometeorological conditions are one of the main natural factors that influence the timeliness of fieldwork in mechanized farming. As a case in point, stochastic action and lack of control of the weather conditions can lead to a delay in sugar beet harvesting. Therefore, probability of reduction in crop roots yield increases. As a consequence, in practice, it is necessary to predict agrometeorological conditions, and analyze the state of soil, as well as health of sugar beet plants. The optimal start and duration of the sugar beet harvest have to be based on the evidence found. The article describes the methodology and presents the results of the research on the influence of the agrometeorological conditions in autumn on the technological processes daily capacity in sugar beet harvesting. Determination of the statistical regularities of duration (t_{pdb}) of the daily work time capacity related to natural limitations allowed taking into account the influence of agrometeorological conditions on the daily productivity (W_{sm}) of beet harvesters. Thus, time constraints motivated by objective limitations of harvesting during the autumn period are reflected in the simulation model. Consistent patterns generated from research findings complement the existing knowledge base, in particular, reflecting the influence of the agrometeorological component on the timing on the of sugar beet harvesting. It plays an important role for the objective representation of technological processes in a statistical simulation model, and thus enables obtaining reliable results of computer experiments to establish statistical regularities of their functional performance indicators. Factoring the influence of agrometeorological conditions on the technological processes of sugar beet harvesting in the statistical simulation model allows to obtain objective results of computer experiments, and thus to develop better understanding of the patterns of functional performance indicators in mechanized farming.

Keywords: agrometeorological conditions, time fund, sugar beet harvesting, modeling, technological wastage.

УДК 631.331.032 DOI: 10.31388/2220-8674-2018-2-3

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ВИСІВУ НАСІННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

Аюбов А. М., к.т.н.,
Кувачов В. П., к.т.н.,
Таврійський державний агротехнологічний університет,
Чугункін К. В., інженер-конструктор
Науково-виробнича фірма «Монада»
E-mail: volodymyr.kuvachov@tsatu.edu.ua
Тел.: +38(067)-375-19-64

Анотація – Однією з найважливіших умов забезпечення рівномірної сівби просапних с.-г. культур в кожному рядку із заданою нормою є контроль процесу висіву. На пневматичних сівалках найбільш ефективно він (контроль) може бути реалізований автоматизованими системами контролю висіву насіння с.-г. культур. Однак не завжди заявлені виробниками технічні характеристики систем контролю висіву с.-г. культур відповідають фактичним показникам якості їх роботи. Також недостатньо уваги в літературі приділяється впливу пилу на коректність рахунку насіння, що висівається і контролюється електронною системою, рівнем її чутливості і т.п. З урахуванням цього нами проведена експериментальна перевірка роботи системи контролю висіву насіння с.-г. культур, розробленої фірмою «Монада», на дослідній 12-ти рядній пневматичній сівалці виробництва ПАТ «Ельворті», з висівним апаратом Vesta Profi. Результати випробувань посівного агрегату показали високій рівень точності роботи системи контролю на сівбі соняшнику. Висока точність її роботи досягалася як на високому, так і на низькому рівнях її чутливості. Досліджувана система контролю має суттєвий запас по адаптації до складних умов висіву (наприклад, при високій запиленості). Польові випробування дослідної 12-ти рядної пневматичної сівалки з висівним апаратом Vesta Profi, обладнаної системою контролю висіву насіння с.-г. культур, проведені у Таврійському державному агротехнологічному університеті, показали на технічну здійсненність і доцільність їх упровадження у сільськогосподарське виробництво.

Ключові слова **– висів, пневматична сівалка, система контролю, датчик, норма висіву, точність.**

Постановка проблеми. Нині, коли Україна обирає інноваційний шлях розвитку, дуже важливим постає питання розроблення і упровадження новітніх і сучасних технологій та техніки в усіх галузях народного господарства. У тому числі і сільськогосподарському виробництві. Тренд розвитку останнього спрямований на ресурсозберігаючі технології виробництва сільськогосподарської

© Аюбов А. М., Кувачов В. П., Чугункін К. В.

продукції. Такі технології у першу чергу використовуються на посіві зернових та технічних культур[1, 2].

Відповідно до цього на ПАТ «Ельворті» створено модельний ряд пневматичних сівалок з висівним апаратом Vesta Profi[3]. Але контроль якості технологічного процесу на подібних агрегатах ускладнюються тим, що вони виконують відразу кілька технологічних операцій.

Відомо, що через неякісний висів с.-г. культур недобір врожаю становить у середньому від 5 до 30%, а в окремих випадках сягає до 50%[4]. Якщо ці втрати виразити в грошах, то при посіві соняшнику це становить в середньому 160 грн з гектару на кожен відсоток недоотриманого врожаю. Тобто недоотриманий прибуток через неякісний висів може бути від 800 до 4600 грн з кожного засіяного гектару. А при сезонному наробітку однієї пневматичної сівалки в 70 год вказані втрати складатимуть 0,24…1,44 млн.грн.

Тому актуальним залишається завдання забезпечити рівномірний висів просапних с.-г. культур в кожному рядку, забезпечивши при цьому задану норму висіву на гектар. Виконати це завдання може тільки добре відрегульована і налаштована пневматична сівалка. Оскільки невелике погіршення якості висіву просапної с.-г. культури останньої може призвести до суттєвих економічних втрат. Досвід роботи з сівалками точного висіву показує, що[5-9]:

- висів соняшнику лише з однієї секцією, що збоїть, призводить до збитків до 10 000 грн. в день;
- одна і та ж сама модель сівалки може добре сіяти на швидкості 14 км/год і неякісно на швидкості 6 км/год. Це залежить від налаштування сівалки, її технічного стану, якості насіння, якості обробки ґрунту і т.п .;
- практично не витримується задана норма висіву с.-г. культур: відхилення становлять 10-20% (а іноді сягають до 50%, що було зафіксовано при використанні систем контролю висіву);
- одне приспущене опорно-приводне колесо сівалки призводить до перевитрати посівного матеріалу на 5% і недобору врожаю до 3%;
- рівномірність висіву сівалки залежить не тільки від швидкості її руху по полю, а й від заданої норми висіву та технічного стану сівалки;
- різниця в якості роботи між секціями однієї і тієї ж сівалки може досягати 15% і навіть більше;

- змішування в одній висівній секції насіння різних фракцій навіть з однієї партії може погіршити якість висіву цією секцією на 10%.

Для налаштування та контролю роботи сівалки необхідно знати інформацію про якість висіву у будь-який момент часу. Нещодавно основним методом оцінки точності висіву насіння був метод «розкопування рядка». Найбільшим недоліком цього методу є велика трудомісткість. Навіть для 8-рядної пневматичної сівалки для отримання об'єктивних даних на це потрібно витратити часу від 30 до 60 хв[4]. А після її технологічних регулювань – ще стільки ж і т.д. До того ж, щоб уникнути аварійних ситуацій при роботі, такі «розкопки» необхідно проводити постійно. Тобто на практиці контролювати роботу сівалки, яка необладнана системою контролю висіву с.-г. культур, – не реально. Перш за все актуальним є необхідність оснащення пневматичних сівалок автоматизованим пристроєм контролю висіву насіння с.-г. культур.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Досвід застосування подібних пристроїв на сільськогосподарських агрегатах показав їх високу ефективність і надійність [5-9]. Оснащення сівалок системами контролю висіву с.-г. культур дозволяє:

- оцінити якість висіву культурних рослин будь якої сівалки і налаштувати її на задану норму;
- на підставі отриманих даних провести налагодження, ремонт, а за необхідності – модернізацію висівних апаратів сівалки і навіть оцінити ефективність такої модернізації;
- безпосередньо під час висіву оперативно реагувати на виникнення різних аварійних ситуацій: повне або часткове припинення висіву, погіршення якості висіву насіння с.-г. культур унаслідок попадання сторонніх предметів або збій регулювань;
- зберегти і перенести результати висіву с.-г. культурна комп'ютер, відобразити їх на карті, отримати друкований звіт про роботу на кожному полі.

Однак не завжди заявлені виробниками технічні характеристики систем контролю висіву с.-г. культур відповідають фактичним показникам якості їх роботи. Також недостатньо уваги в літературі приділяється впливу пилу на коректність рахунку насіння, що висівається і контролюється електронною системою, рівнем її чутливості і т.п.

Формулювання цілей статті. Метою досліджень є експериментальна перевірка системи контролю висіву насіння с.-г. культур (модель АНД11.05.00.00.000), розробленою фірмою «Монада», на відповідність заявленим технічним характеристикам і

вживаності на дослідній 12-ти рядній пневматичній сівалці ПАТ «Ельворті» з висівним апаратом Vesta Profi.

Результати і обговорення. Система контролю висіву насіння с.-г. культур АНД11.05.00.00.000 призначена для автоматичного контролю параметрів посівного комплексу та оповіщення при виникненні нештатних ситуацій. Ця система універсальна і може використовуватися як на сівалках точного висіву просапних культур, так і на сівалках зернових культур з потоковим висівом механічного або пневматичного типу.

До складу системи контролю висіву насіння с.-г. культур входять (рис. 1):

- монітор панелі оператора (1);
- датчики висіву (2), призначені для контролю прольоту посівного матеріалу через насіннєпроводи;
- кабельна мережа (3);
- датчик швидкості приводу висівних апаратів сівалки (4);- пристрій вводу (5) УВ-03 або УВ-04, призначений для підключення додаткових датчиків, до 13-ти для УВ-03 і до 6-ти для УВ-04;
- датчики рівня (6), призначені для визначення наявності посівного матеріалу в технологічних ємностях (підключається до 10-ти датчиків);
- датчики контролю обертання (7), призначені для контролю обертання приводних валів (підключається до 10-ти датчиків);
- датчик оборотів вентилятора, призначений для вимірювання і відображення оборотів вентилятора, а також для контролю оборотів в заданому діапазоні (підключається до 2-х датчиків).

Дослідження виконувалися за програмою випробувань, попередньо розробленою конструкторським бюрофірми «Монада» та науковцями кафедри машиновикористання в землеробстві ТДАТУ. При цьому методика досліджень була складена за рекомендаціями [10, 11].Для випробувань використовувалася пневматична дослідна12-ти рядна сівалка ПАТ «Ельворті» на сівбі соняшнику. Місцем випробувань роботи вказаної пневматичної сівалки, обладнаної системою контролю висіву с.-г. культур, був Навчально-виробничий центр ТДАТУ.

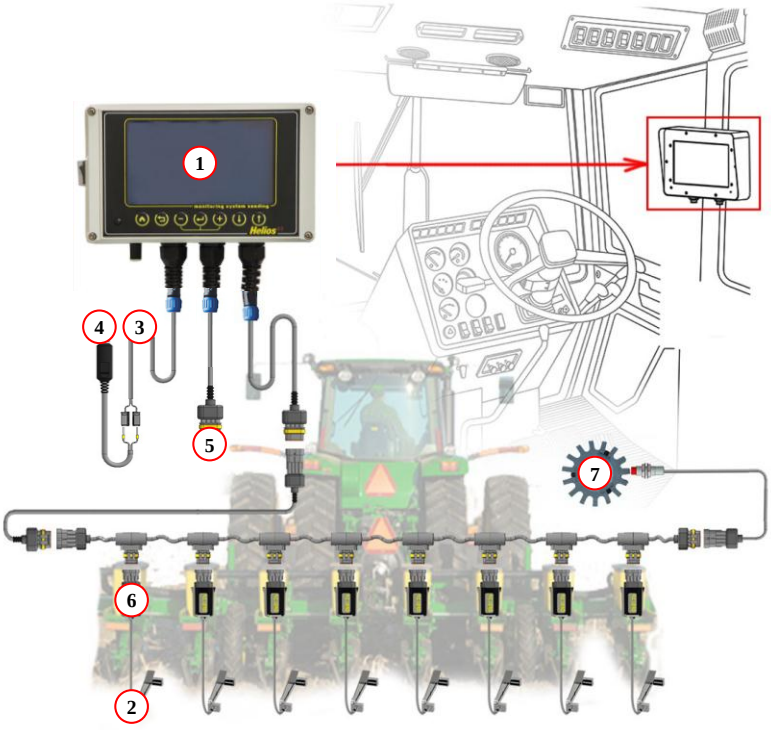


Рис. 1. Розміщення системи контролю висіву АНД11.05.00.00.000 на посівному агрегаті

Монтаж датчика висіву був здійснений таким чином, що його оптична зона розміщувалася в площині траєкторії польоту зерен соняшнику. Приймальна частина датчика (поз. 1, рис. 2) була спрямована всередину анкера сівалки, що мінімізує вплив зовнішнього світла на його роботу. Дріт датчика був виведений убік висівного апарату, щоб забезпечити зручність обслуговування і експлуатації сівалки (поз. 1, рис. 3).

Результати випробувань досліджуваної системи контролю показали, що в процесі пробного заглиблення сівалки без висіву соняшнику рівень помилкових спрацьовувань не перевищував допустимих значень. При цьому рівень чутливості системи контролю висіву с.-г. культур був на підвищеному рівні – фракція 1 (рекомендовано 10…40 для просапних систем висіву), корекція 300 (стандартне значення). При необхідності чутливість системи можна додатково знизити без погіршення її характеристик.

При сівбі соняшнику система контролю висіву показала відповідність заданої і фактичної нормі висіву (рис. 4). Практичну перевірку заданої норми висіву проводили шляхом прокручування приводного колеса на певну кількість обертів і підрахунку кількості випавших зерен з висівних апаратів. Потім, знаючи довжину кола колеса, розраховували фактичну норму висіву.

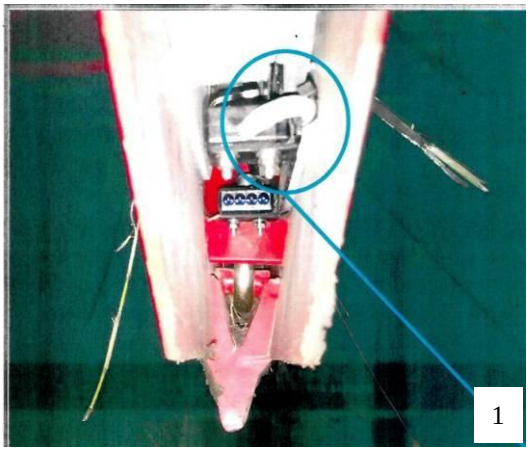


Рис. 2. Монтаж датчика висіву

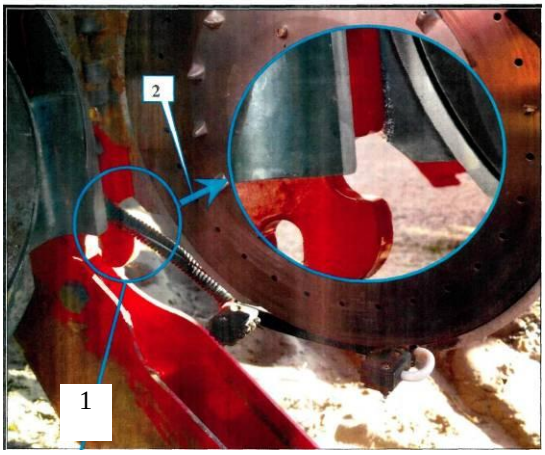


Рис. 3. Монтаж дроту датчика висіву

По завершенні посівним агрегатом першого робочого гону статистичні характеристики висіву соняшнику, які відображалися на екрані панелі оператора, вказували на високий рівень відповідності фактичної і заданої нормі висіву (відповідність 99%) (рис. 4а). Після завершення агрегатом другого гону статистичні дані висіву також показали досить точну відповідність фактичної і заданої норми висіву (рівень відповідності дорівнював 101%) (рис. 4б).

В процесі висіву соняшнику спостерігалися незначні за часом (0,5…1 с) і середнім значенням відхилення від розрахункової норми висіву (3,5…3,7 з/с). За результатами даних накопичувальної статистики системи фактична середня щільність висіву досить точно відповідала заданій, відхилення щільності висіву не перевищувало 1% (рис. 4).

а)



б)

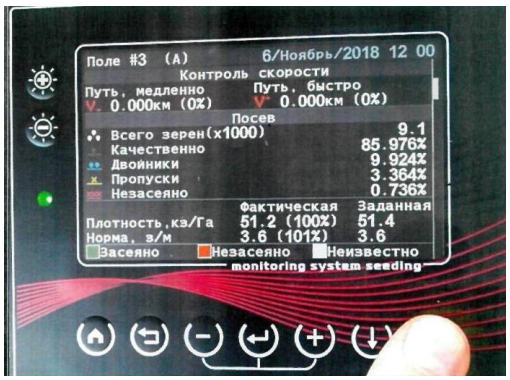


Рис. 4.Статистичні характеристики результатів роботи системи контролю висіву соняшнику: а – по завершенні висіву агрегатом на першому гоні; б – після закінчення висіву агрегатом на другому гоні

Робота системи в режимі підвищеної чутливості на початку висіву соняшнику (фракція 1) показала її задовільну працездатність, незважаючи на близькість датчика до землі. У подальшому чутливість була зменшена (фракція 25, див. рис. 5). За такою фракцією

здійснюється агресивна фільтрація дрібних сторонніх об'єктів. Однак, навіть при таких налаштуваннях показання системи не змінилися. Це свідчить про суттєвий запас по адаптації системи до складних умов висіву (наприклад, при високій запиленості).

Після закінчення висіву соняшнику було здійснено розкопування насінних лож на предмет перевірки норми і якості висіву насіння в рядку. Результати безпосередньої оцінки якості висіву соняшнику підтвердили відповідність фактичної і заданої норми висіву. Середній інтервал між зернами становив 28 см. Так само були виявлені двійники в лунці і можливі пропуски.



Рис. 5.Статистичні характеристики результатів роботи системи контролю висіву соняшнику в режимі її зменшеної чутливості

Висновки. Система контролю висіву с.-г. культур фірми «Монада» дозволяє ефективно контролювати якість сівби на пневматичних сівалках ПАТ «Ельворті» з висівним апаратом Vesta Profi. Результати її експериментальної перевірки на сівбі соняшника показали високу відповідність фактичної і заданої нормі висіву. При цьому без погіршення характеристик системи висока точність її роботи досягалася як на високому, так і на низькому рівнях її чутливості. Останнє свідчить про суттєвий запас по адаптації системи до складних умов висіву (наприклад, при високій запиленості).

Польові випробування дослідної 12-ти рядної пневматичної сівалки з висівним апаратом Vesta Profi, обладнаної системою контролю висіву насіння с.-г. культур, проведені у Таврійському державному агротехнологічному університеті, показали на технічну здійсненність і доцільність їх упровадження у сільськогосподарське виробництво.

Література

1.Сисолін П. В. Звичайні підходи по створенню універсальних вітчизняних сівалок для сівби зернових культур / П. В. Сисолін – Кіровоград, 2008. – 84 с.

2. Зубрилина Е. М. Улучшение качества посева пропашных культур путем применения пневматического высевающего аппарата с системой контроля [Електронний ресурс] / Е. М. Зубрилина, В. А. Алексеенко, С. Д. Ридный. – Електронні дані. – Режим доступу: https://www.sworld.com.ua. – Назва з екрана.

3. ЕЛЬВОРТІ «Червона зірка» [Електронний ресурс]. – Електронні дані. – Режим доступу: https://www.elvorti.com. – Назва з екрана.

4. Системы контроля высева семян [Електронний ресурс]. – Електронні дані. – Режим доступу: http://intris.com.ua/agricultural-machinery/sistemy-kontrolya-vyseva.html. – Назва з екрана.

5. Бенедицкий И. В. Электроника на полях / И. В. Бенедицкий // Сельский механизатор. – 2001. – № 11. – С. 18-19.

6.Легкодух І. Автоматизовані системи контролю якості сівби для просапних сівалок / І. Легкодух, Н. Легкодух// Техніка і технології АПК. – 2014.– № 10. – С. 13-16.

7.Есков Д. В. К вопросу оперативного контроля высева лесных сеялок / Д. В. Есков // Лесотехнический журнал.– 2011.– №2. – С. 1-8.

8.Саитов В. Е. Использование системы контроля высева «Арыш» АМ-8,5/28 на энергосберегающем посевном комплексе AGRAER-850H / В. Е. Саитов, Р. Г. Гатауллин // Сельскохозяйственные науки.– 2015. – №2(2). – С. 49-52.

9.Свірень М. О. Автоматизований комплекс для досліджень та випробувань висівних апаратів сівалок КНТУ-80 / М. О. Свірень, І. О. Лісовий, А. І. Бойко // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. – 2012.– Вип. 2, т. 5. – С. 138-142.

10. Методика оцінки якості показників роботи висівних систем точного землеробства / М. Свірень, А. Бойко, С. Лещенко, О. Банний // Техніка і технології АПК. – 2012.– №8. – С. 35-39.

11.Горевий І.М. Система корекції норми висіву на базі кореляційного датчика швидкості руху посівного агрегату / І. М. Горевий, І. І. Єніна, Т. Г. Руденко // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету. – 2006. – Вип. 17. – С. 309-311.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ВЫСЕВА СЕМЯН СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Аюбов А. М., Кувачев В. П., Чугункин К. В.

Аннотация

Одним из важнейших условий обеспечения равномерного сева пропашных сельскохозяйственных культур в каждом рядке с заданной нормой является контроль процесса высева. На пневматических сеялках наиболее эффективно он

(контроль) может быть реализован автоматизированными системами контроля высева семян сельскохозяйственных культур. Однако не всегда заявленные производителями технические характеристики систем контроля высева сельскохозяйственных культур соответствуют фактическим показателям качества их работы. Также недостаточно внимания в литературе уделяется влиянию пыли на корректность счета высеваемых и контролируемых электронной системой высева семян, уровнем ее чувствительности и т.п. С учетом этого нами проведена экспериментальная проверка работы системы контроля высева семян сельскохозяйственных культур, разработанной фирмой "Монада", на опытной 12-ти рядной пневматической сеялке производства ОАО «Эльворти» с высевающих аппаратом Vesta Profi. Результаты испытаний посевного агрегата показали высокий уровень точности работы системы контроля на севе подсолнечника. Высокая точность ее работы достигалась как на высоком, так и на низком уровне ее чувствительности. Исследуемая система контроля имеет существенный запас по адаптации к сложным условиям высева (например, при высокой запыленности). Полевые испытания опытной 12-ти рядной пневматической сеялки с высевающих аппаратом Vesta Profi, оборудованной системой контроля высева семян сельскохозяйственных культур, проведенные в Таврическом государственном агротехнологическом университете, показали на техническую осуществимость и целесообразность их внедрения в сельскохозяйственное производство страны.

RESEARCH OF THE OPERATION CONTROL SYSTEMSEEDAGRICULTURAL CROPS

A. Ayubov, V. Kuvachov, K. Chugunkin

Summary

One of the most important conditions for ensuring uniform sowing of common crops in each line with the given norm is the control of the seeding process. On pneumatic seeders, it can be most effectively controlled by automated seed control systems for agricultural crops. However, the technical specifications of the control systems for sowing crops are not always declared by the producers, which correspond to the actual indicators of the quality of their work. Also insufficient attention in the literature is paid to the influence of dust on the correctness of the account of seeded and controlled by the electronic system of seed sowing, its level of sensitivity, etc. Taking into account this, we carried out an experimental verification of the seed control system of agricultural crops developed by the company "Monada" on an experimental 12-row pneumatic seed drill manufactured by company "Elvorti" with seeding machines Vesta Profi. The test results of the sowing aggregate showed a high level of accuracy of the control system on the sunflower seedlings. The high accuracy of its work was achieved both at high and low levels of its sensitivity. The investigated control system has a substantial stock of adaptation to difficult seeding conditions (for example, with high dustiness). Field tests of an experienced 12-row pneumatic seed drill with seeding machine Vesta Profi, equipped with a system for monitoring the seeding of seed crops, conducted by Tavria State Agrotechnological University, showed their technical feasibility and practicability of introduction into the agricultural production of the country.

Keyword: hanging, pneumatic seed drill, control system, sensor, seeding norm, accuracy.

УДК 681.513 DOI: 10.31388/2220-8674-2018-2-4

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ РОБОЧИХ ПАРАМЕТРІВ ТА РЕЖИМІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ

Броварець О. О., к.т.н.
Київський кооперативний інститут бізнесу і права
E-mail: brovaretsnau@ukr.net
Тел.: +38(068)-800-47-13

Анотація **–** Побудована математична модель для визначення оптимальних робочих параметрів та режимів функціонування інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу варіабельності агробіологічного стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь залежно від механіко-конструктивних параметрів та типу підвіски її робочих електродів. Дана модель дає можливість оптимізувати робочі параметри та режими функціонування інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу варіабельності агробіологічного стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь залежно від механіко-конструктивних параметрів та типу підвіски її робочих електродів, а відповідно і забезпечення максимальної продуктивності таких систем при отриманні достовірних даних із врахуванням агробіологічного стану ґрунтового середовища. Це дає можливість прийняти оперативне рішення для керування агробіологічним потенціалом сільськогосподарських угідь при виконанні технологічних операцій за допомогою машинно-тракторного агрегату, сільськогосподарської машини з використанням інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу варіабельності агробіологічного стану ґрунтового середовища.

Ключові слова: робочі електроди, якість технологічної операції, варіабельність ґрунтового середовища, технічна система оперативного моніторингу, агробіологічний стан, моніторинг.

Постановка проблеми. Сучасні інформаційно-технічні системи локального оперативного моніторингу стану сільськогосподарських угідь дають можливість забезпечити належну якість керування виконанням технологічних операцій з використанням сучасних мехатронних та робототехнічних систем керування, пов’язаних з датчиками контролю якості виконання технологічних операцій, які у сучасному контексті їх розвитку отримали назву «розумних» або «смарт» машин (Smart machinery) [1-19].

Такі «розумні» машини з датчиками оперативного моніторингу стану сільськогосподарських угідь можуть широко використовуватися на всіх стадіях виробництва сільськогосподарської продукції

© Броварець О. О.

рослинництва: основного обробітку, сівби (садіння), на етапі догляду за посівами у період вегетації та при збиранні врожаю. Це дає можливість забезпечити належну якість виконання технологічних операцій при оптимізації витрат на їх виробництво. «Розумні» машини «адаптуються» до агробіологічного стану ґрунтового середовища на основі інформації з датчиків про агробіологічний стан ґрунтового середовища.

Огляд сучасних літературних джерел та наукових розробок [1] показує, що останніми роками відбувається процес інтеграції натурального (органічного або біологічного), біодинамічного, екстенсивного, інтенсивного (промислового) та no-till землеробства з новітніми технологіями, зокрема з інформаційно-технічними системами локального оперативного моніторингу стану сільськогосподарських угідь [2]. При цьому останній напрям є найбільш актуальним та перспективним для умов України [3].

Важливою задачею оперативного моніторингу стану сільськогосподарських угідь є так званий «management units» - територіальних одиниць з подібними параметрами просторової неоднорідності, де повинні використовуватися однотипні технології обробітку сільськогосподарських культур [4]. Ці технології є основою роботи системи прийняття рішень «decision-making systems», яка дозволяє прийняти ефективні оперативні рішення на основі оперативних даних про агробіологічний стан ґрунтового середовища [5].

Неоднорідність ґрунту можна представити як ієрархічну підпорядкованість явищ [6]. Питання про шкалу вимірювання неоднорідності. Звичайно, неоднорідність порівняно просто вираховується, коли порівнюються об’єкти, вимірюються кількісно і при цьому використовуються кількісні критерії. Неоднорідність вважають фактором, відповідальним за біорізноманіття, тому що завдяки їй формується екологічна складова і забезпечується багатогранність організмів ґрунту [7]. У цьому аспекті важливу роль відіграє визначення ґрунтової електричної провідності для визначення величини прибутку на основі даних просторової мінливості та вмісту поживних речовин у ґрунті. Знання певної структури варіабельності ґрунтового покриву дозволяє прийняти ефективні рішення для управління агробіологічним потенціалом сільськогосподарських угідь [8].

Втілення сучасних технологій землеробства дозволяє планувати витрати насіннєвого матеріалу, добрив, пестицидів та інших технологічних матеріалів, у тому числі палива, визначати загальну стратегію управління агробіологічним потенціалом поля тощо [9]. Проте, на сьогодні при реалізації даних технологій бракує ефективних

систем збору та реєстрації (моніторингу) місце визначеної інформації (агробіологічної та фітосанітарної) про стан сільськогосподарських угідь у технологіях точного землеробства [10]. Існуючі способи і засоби реалізації цього процесу недосконалі [11].

У цьому сенсі набуває актуальності розробка та використання принципово нового класу сільськогосподарських машин – інформаційно-технічних систем локального оперативного моніторингу варіабельності агробіологічного стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь [12].

Слід відмітити, що важливість та доцільність використання інформаційно-технічних систем локального оперативного моніторингу варіабельності агробіологічного стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь залежить від виду технологічної операції, площі обробітку [13]. Так доцільність використання зазначених машинно-тракторних агрегатів особливо висока на етапі сівби (садіння), оскільки дана технологічна операція фактично є «фундаментом» майбутнього врожаю [14].

Аналіз досліджень і публікацій показує, що традиційні фактори підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва за рахунок оптимізації механіко-конструктивних матеріалів, використання новітніх машинобудівних матеріалів (надміцного пластику, сплавів металу тощо) на сучасному етапі розвитку техніки не дають суттєвого підвищення ефективності [15].

Крупні агрохолдинги зробили ставку на використання стандартних рішень задач планування на основі використання так званих «коробочних продуктів» (1С, Парус, Oracle EBS та ін.) [5]. Але, на жаль, типові рішення не забезпечують реалізації принципу взаємозв’язку перспективного, поточного і оперативного планування та ефективного керування агробіологічним потенціалом сільськогосподарських угідь.

За межами типової системи інформаційного забезпечення процесів планування залишаються задачі, пов’язані з вибором оптимальних рішень, оцінки альтернативних варіантів розвитку і т. д.[16].

У більшості сільськогосподарських підприємств, що використовують для автоматизації функцій планування системи операційного управління, (розроблених на основі як типових, так і індивідуальних проектів), не можуть уникнути головного недоліку даного типу інформаційних систем: зміщення акцентів у бік поточного планування [4].

Така ситуація виникає через об’єктивні причини, пов’язані з використанням обчислювальних процесів у контексті опису поточного розвитку системи в рамках одного виробничого циклу [1].

При такому підході практично відсутнє середовище автоматизації процесів довгострокового і середньострокового планування, а методика планування, що реалізовується, не дозволяє інтегрувати в інформаційну систему методи ефективного коректування відхилень з метою виходу на плановий рівень, що базуються на використанні оптимізаційних математичних моделей.

Одним з перспективних напрямів є забезпечення необхідної якості виконання технологічних процесів за рахунок одержання більш високого (у порівнянні з фізіологічними можливостями людини) рівня інформації та оперативного керування робочими процесами машин і на основі цього перехід до нових прогресивних технологій з використанням «розумних» сільськогосподарських машин. Тому виникає необхідність у розробці та використанні принципово нового класу сільськогосподарських машин підтримки виробництва продукції рослинництва - інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу варіабельності агробіологічного стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь [17].

Очевидно, що за таких умов виникає необхідність у принципово нових підходах до ведення агропромислового виробництва, що полягає у забезпеченні належної якості виконання технологічних операцій. Якість виконання технологічних операцій є інтегральним показником ефективності виробництва сільськогосподарської продукції в межах агробіологічного поля. Необхідна якість виконання основних технологічних процесів у рослинництві забезпечується за рахунок інтегрованих інформаційно-технічних систем оперативного моніторингу агробіологічного стану сільськогосподарських угідь [13-15].

Структура ґрунту змінюється в значних межах на багатьох сільськогосподарських полях. Фізичні властивості ґрунту, як наприклад ґрунтова структура, мають прямий ефект на водомісткість, ємність катіонного обміну, урожайність тощо. Поживні речовини, що містяться у ґрунтах, використовуються рослиною і їх вміст у ґрунті зменшуються. Загальноприйнятою характеристикою вмісту поживних речовин у ґрунтів є вміст азоту, наявність якого у ґрунті значною мірою визначає урожайність. Картографія ґрунтової електричної провідності, широко використовується як ефективний засіб відображення ґрунтової структури і інших ґрунтових властивостей [5].

Швидкий опис мінливості сільськогосподарських угідь - важливий компонент для зональних методів управління [6].

Сучасні методики та засоби реєстрації властивостей ґрунту. Існує проблема організації спеціальних систем спостережень, контролю і оцінки стану природного середовища (моніторингу) як в місцях інтенсивної антропогенної дії, так і в глобальному масштабі

[3]. Важливе місце на сучасному етапі займає реєстрації електромагнітних характеристик ґрунту. Електромагнітні характеристики ґрунту об'єднують багато властивостей, що впливають на врожайність сільськогосподарських культур. До них відносяться вміст ґрунтової вологи, гранулометричний склад ґрунту, ЄКО, засоленість, вміст обмінних катіонів кальцію (Ca) і магнію (Mg) та ін. Електромагнітні характеристики ґрунту не дозволяють безпосередньо виміряти вміст поживних речовин, але показують варіативність важливих характеристик, таких як структура ґрунту і вміст обмінних катіонів. Ця варіативність занадто важлива, щоб її ігнорувати, і повинна враховуватися при відборі проб (рис. 1).



Рис. 1. Електропровідність різних типів ґрунтів

Очевидно, що для правильної організації управління якістю навколишнього природного середовища абсолютно необхідною умовою є організація системи ефективного моніторингу. Для оцінки стану навколишнього середовища важлива об'єктивна оперативна інформація про критичні чинники антропогенної дії, про фактичний стан біосфери і прогнози її майбутнього стану.

Відомий аналог (http://www.veristech.com), основним робочим органом якого є система електродів, в якості яких використано плоскі диски з горизонтальною віссю обертання на стояку, який жорстко закріплений до рами вимірювального пристрою таким чином, що опорні колеса пристрою визначають глибину ходу дисків-електродів у ґрунті.

Недоліком аналога є значна похибка при визначенні, яка обумовлена тим, що під час виконання робочого процесу порушується стабільність контакту диска-електрода з ґрунтом, що викликано поперечними відхиленнями вимірювального пристрою відносно прямолінійного напрямку руху обумовлено конструкцією диска. При цьому змінюється площа контакту диска-електрода з ґрунтом,

оскільки при поперечних коливаннях плоскі диски-електроди однією стороною можуть взагалі не контактувати із ґрунтом.

При використанні суцільних дисків у якості електродів без підвіски для визначення електропровідних характеристик тиск ґрунту виникає значна похибка, яка обумовлена конструкцією дисків та відсутністю підвіски для стабілізації при зануренні їх у ґрунт.

Метою статті є побудова математичної моделі для визначення робочих параметрів та режимів функціонування інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу варіабельності агробіологічного стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь залежно від механіко-конструктивних параметрів та типу підвіски її робочих електродів.

Виклад основного змісту дослідження. Пристрій для визначення електропровідних властивостей ґрунтового середовища конструкції використовують: перед виконанням технологічної операції, одночасно з виконанням технологічної операції (сівба, внесення мінеральних добрив тощо); протягом вегетації та після збирання врожаю.

Це відкриває нові перспективи до ведення органічного землеробства з використанням «розумних» сільськогосподарських машин. На рис. 2. зображено принципову схему розміщення інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу варіабельності агробіологічного стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь.

Завдання підвищення ефективності моніторингу стану сільськогосподарських угідь досягається шляхом розміщення робочих електродів, виконаних попереду рухомого транспортного засобу при виконанні відповідної технологічної операції, що дозволяє проводити безперервний моніторинг на поверхні сільськогосподарських угідь (рис. 2).

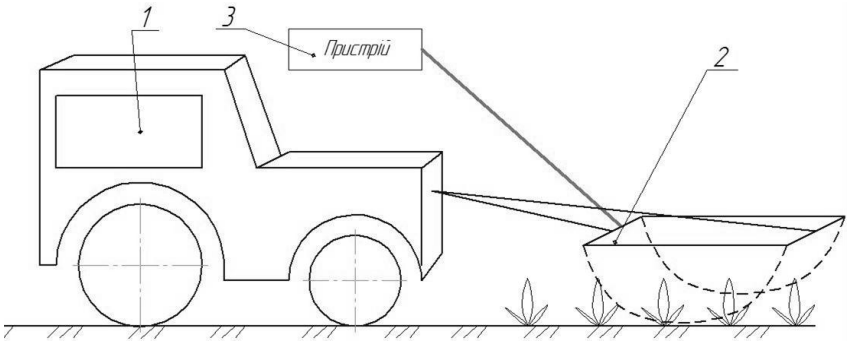


Рис. 2. Принципова схема розміщення обладнання інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу варіабельності агробіологічного стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь

Пристрій для моніторингу стану сільськогосподарських угідь складається з транспортного засобу *1*, робочих електродів*2*, які розміщуються попереду транспортного засобу *1*, що виконує відповідну технологічну операцію, та пристрою *3*, що здійснює реєстрацію зміни щільності струму на електродних парах.

Пристрій працює наступним чином: при переміщенні транспортного засобу *1* по поверхні поля за допомогою електродних пар, виконаних *2*, які розміщуються попереду рухомого транспортного засобу здійснюється визначення щільності струму.

Важливим елементом інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу варіабельності агробіологічного стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь є робочі електроди *2*, вибір форми яких залежить від агробіологічного стану сільськогосподарських угідь.

Пристрій для визначення електропровідних властивостей ґрунтового середовища конструкції Олександра Броварця *дає можливість оперативно визначити параметри агробіологічного стану ґрунтового середовища,* забезпечити «індивідуальний» підхід до кожної елементарної ділянки поля (рис. 2), при цьому за рахунок використання пружної підвіски робочих електродів 2 забезпечується стабілізація робочих електродів при русі по нерівностям поверхні поля та копіювання нерівностей поверхні поля. Таким чином можна отримати достовірні дані електропровідності ґрунті, які можна використовувати для забезпечення належної якості виконання технологічної операції.

Також, інформаційно-технічна система локального оперативного моніторингу варіабельності агробіологічного стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь при розміщенні на машинно-тракторному агрегаті дає можливість забезпечити локально-стрічкове диференційованого внесення технологічного матеріалу (насіння, добрив) за допомогою спеціального пристрою індивідуального приводу робочих елементів машини для внесення технологічного матеріалу (насіння, добрива) на основі даних, отриманих шляхом вимірюванням вмісту поживних речовин у ґрунті (реєстрація електропровідних властивостей ґрунту сенсор-електродами), які розміщується попереду транспортного засобу на підвісці під час виконання технологічної операції, що дає можливість забезпечити оптимальну норму внесення поживних речовин у ґрунт з використанням даних від таки систем (рис. 3).

Дана задача вирішується шляхом використання машини для локально-стрічкового диференційованого внесення технологічного матеріалу з спеціальним пристроєм індивідуального приводу робочих елементів машини для внесення мінеральних добрив та пристроями

для моніторингу варіабельності параметрів сільськогосподарського поля на основі даних, отриманих шляхом вимірюванням вмісту поживних речовин у ґрунті (реєстрація електропровідних властивостей ґрунту сенсор-електродами), який розміщується спереду на транспортному засобі під час виконання технологічної операції. Сигнал від даних інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу варіабельності агробіологічного стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь потрапляє на контролер, що керує роботою спеціального пристрою індивідуального приводу робочих елементів машини для внесення мінеральних добрив, при цьому можливий запис даних у вигляді електронної карти на PC card з магнітним носієм від пристрою для моніторингу стану ґрунту та рослинності (картограма завдання) та реалізація локально-стрічкового диференційованого внесення технологічного матеріалу (насіння, добрив), (картограма реалізація), що дає можливість забезпечити оптимальну норму внесення поживних речовин у ґрунт з використанням даних від двох систем моніторингу (рис. 3).

На рис. 3. зображено загальний вигляд машини для локально-стрічкового диференційованого внесення мінеральних добрив з інформаційно-технічною системою локального оперативного моніторингу варіабельності параметрів сільськогосподарського поля.

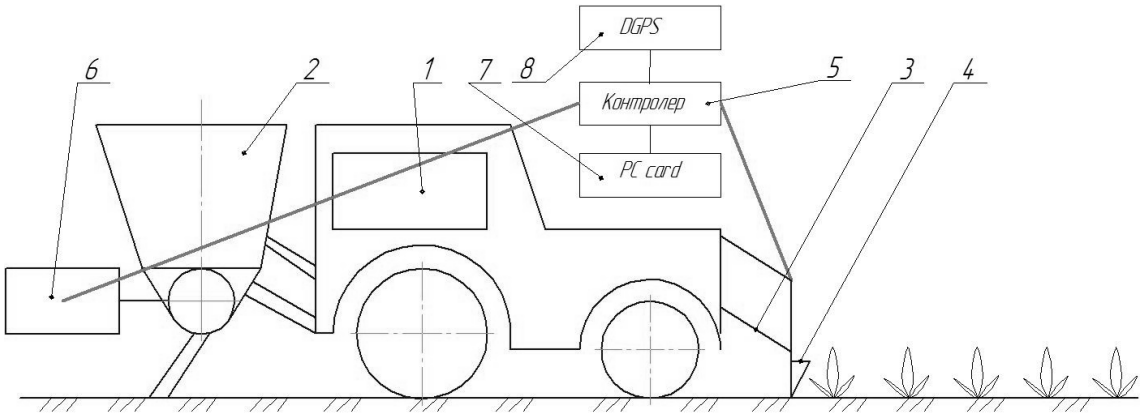


Рис. 3. Зображено загальний вигляд машини для локально-стрічкового диференційованого внесення мінеральних добрив з інформаційно-технічною системою локального оперативного моніторингу варіабельності параметрів сільськогосподарського поля

Пристрій складається з транспортного засобу *1*, машини для внесення технологічного матеріалу*2*, що розміщується позаду транспортного засобу *1*, пристрою для моніторингу варіабельності параметрів сільськогосподарського поля - інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу варіабельності агробіологічного стану ґрунтового середовища сільськогосподарських

угідь 4, яка розміщена на підвісці 3, і розміщуються спереду транспортного засобу *1*, контролера *5*, спеціального пристрою індивідуального приводу робочих елементів машини для внесення технологічного матеріалу*6*, PC card з магнітним носієм *7*, приймача сигналів супутникової навігаційної системи DGPS *8*.

Пристрій працює наступним чином: при переміщенні транспортного засобу *1* з машиною для внесення технологічного матеріалу (насіння, добрива)*2*, що розміщується позаду транспортного засобу *1*, інформаційно-технічна система локального оперативного моніторингу варіабельності агробіологічного стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь проводить вимірювання вмісту поживних речовин у ґрунті (реєстрація електропровідних властивостей ґрунту сенсор-електродами) робочими електродами *4*, які розміщуються на підвісці*3*, і розміщуються спереду транспортного засобу, що забезпечує проведення оперативного локального моніторингу стану сільськогосподарських угідь. Контролер *5* отримує дані від пристроїв для моніторингу варіабельності параметрів сільськогосподарського поля та керує спеціальним пристроєм індивідуального приводу робочих елементів машини для внесення мінеральних добрив *6*. Дані, отримані від пристроїв для моніторингу, записуються у вигляді електронної карти на PC card з магнітним носієм *7* з прив'язкою до координат місцезнаходження за допомогою системи DGPS *8*. На PC card з магнітним носієм електронної карти *7* можливий запис даних від пристроїв для моніторингу (картограма завдання) та реалізації змінних норм внесення мінеральних добрив (технологічного матеріалу)– електронна карта (картограма реалізація).

Важливим елементом запропонованої інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу варіабельності агробіологічного стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь є підвіска 3, яка забезпечує стабілізацію робочих електродів 4 та копіювання нерівностей поверхні поля (рис. 3).

Тому наступним важливим етапом є визначення робочих параметрів та режимів функціонування інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу варіабельності агробіологічного стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь залежно від механіко-конструктивних параметрів та типу підвіски її робочих електродів (рис. 4). Маємо наступну систему підвіски (рис. 4).

Розглянемо зусилля, які діють у стержнях інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу варіабельності агробіологічного стану ґрунтового середовища та її динамічну модель для з'ясування оптимальних механіко-конструктивних параметрів

системи та динамічних характеристик агробіологічного стану сільськогосподарських угідь.

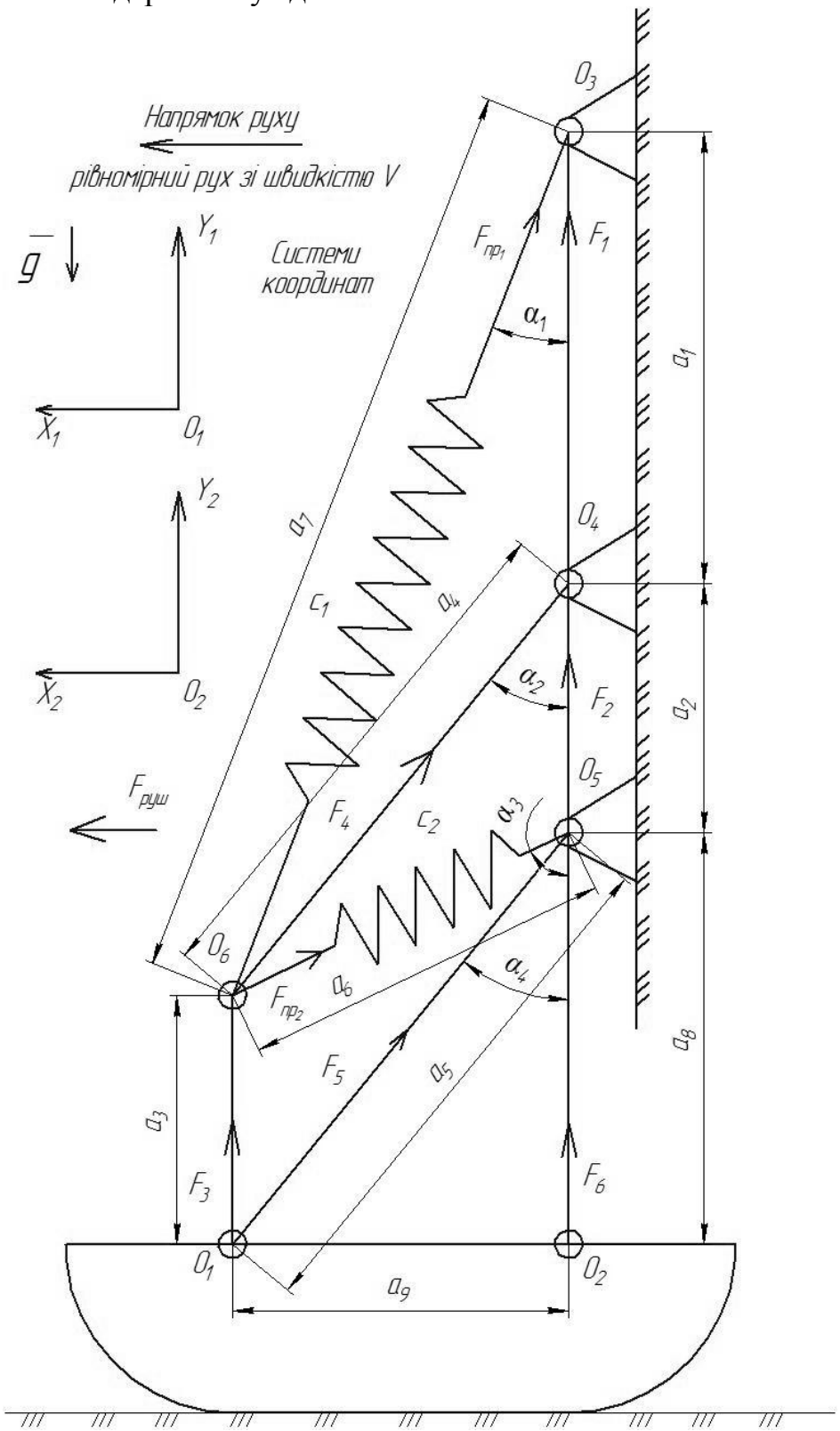


Рис. 4. Розрахункова схема підвіски та розміщення робочих електродів інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу варіабельності агробіологічного стану грунтового середовища сільськогосподарських угідь

У системі (рис. 4) введені:

$a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7, a_8$– відстані відповідних важелів;

a_9 – відстань між O_1 й O_2;

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ – кути розміщення важелів;

$F_{ПР\_1} = c_1 \cdot (\Delta l_1)$, $F_{ПР\_2} = c_2 \cdot (\Delta l_2)$ – пружні сили елементів підвіски;

Δl_1, Δl_2 – видовження/скорочення вподовж осей a_7, a_6;

c_1, c_2 – жорсткості відповідних пружин;

F_1, F_2, F_3, F_4, F_5, F_6 – сили, які виникають у відповідних точках системи;

N_1 і N_2 – сили реакцій опори ґрунту ($F_3 = N_1$; $F_6 = N_2$).

Для визначення зусиль, які діють у стержнях інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу варіабельності агробіологічного стану ґрунтового середовища, необхідно записати умови рівноваги окремо слід написати для точки O_1, й для точки O_2

Відстань a_9можна знайти за відомого кута α_1 й α_7:

$$\alpha_9 = \alpha_7 \cdot \sin\alpha_1. \quad (1)$$

Кут α_2 можна знайти за відомого кута α_1:

$$\alpha_7 \cdot \sin\alpha_1 = \alpha_4 \cdot \sin\alpha_2; \quad (2)$$

Звідси $\sin\alpha_2 = \dfrac{\alpha_7 \cdot \sin\alpha_1}{\alpha_4}$.

$$\alpha_2 = \arcsin\left\{\frac{\alpha_7 \cdot \sin\alpha_1}{\alpha_4}\right\}; \quad (3)$$

$$\alpha_7 \cdot \sin\alpha_1 = \alpha_6 \cdot \sin\alpha_3. \quad (4)$$

Звідси $\sin\alpha_3 = \dfrac{\alpha_7 \cdot \sin\alpha_1}{\alpha_6}$.

$$\alpha_3 = \arcsin\left\{\frac{\alpha_7 \cdot \sin\alpha_1}{\alpha_6}\right\}; \quad (5)$$

$$\alpha_7 \cdot \sin\alpha_1 = \alpha_5 \cdot \sin\alpha_4. \quad (6)$$

Звідси $\sin\alpha_4 = \dfrac{\alpha_7 \cdot \sin\alpha_1}{\alpha_5}$.

$$\alpha_4 = \arcsin\left\{\frac{\alpha_7 \cdot \sin\alpha_1}{\alpha_5}\right\}. \quad (7)$$

Отже, кути $\alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ можна знайти через кут α_1 й лінійні розміри, дані у задачі.

Розглянемо рівновагу у системі $X_1O_1Y_1$.

При рівномірному русі системи у напрямку руху зі швидкістю Vсума всіх сил, спроектованих на вісь O_1X_1 дорівнює нулю.

$$\sum_{X_1O_1} = F_{1X} + F_{2X} + F_{6X} + F_{3X} + F_{4X} + F_{5X} + F_{np_1\_X} + F_{np_2\_X} = F_{pym} \quad (8)$$

$$\sum_{X_1O_1} = O = O + O + O + O + F_4 \cdot \cos\alpha_2 + F_5 \cdot \cos\alpha_4 + c_1\Delta l_1 \cdot \cos\alpha_1 + c_2\Delta l_2 \cdot \cos\alpha_3 = F_{pyш} \quad (9)$$

Остаточно маємо:

$$F_4 \cdot \cos\alpha_2 + F_5 \cdot \cos\alpha_4 + c_1 \cdot \Delta l_1 \cdot \cos\alpha_1 + c_2 \cdot \Delta l_2 \cdot \cos\alpha_3 = F_{pyш} \quad (10)$$

Аналогічно для вісі O_1Y_1:

$$\sum_{O_1Y_1} F_{yi} = -M \cdot g, \quad (11)$$

де M – маса інформаційно-технічної системи оперативного моніторингу агробіологічного стану грунтового середовища, g = 9,81 м/с^2.

$$\sum_{O_1Y_1} F_{yi} = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 \cdot \cos\alpha_2 + F_5 \cdot \cos\alpha_4 + F_6 + c_1 \cdot \Delta l_1 \cdot \cos\alpha_1 + c_2 \cdot \Delta l_2 \cdot \cos\alpha_3 = -M \cdot g. \quad (12)$$

Остаточно маємо для вісі O_1Y_1:

$$F_1 + F_2 + F_3 + F_4 \cdot \cos\alpha_2 + F_5 \cdot \cos\alpha_4 + F_6 + c_1 \cdot \Delta l_1 \cdot \cos\alpha_1 + c_2 \cdot \Delta l_2 \cdot \cos\alpha_3 = -M \cdot g. \quad (13)$$

Можна легко зрозуміти, що для осей O_1X_1 і O_1Y_1 формули (1) та (2) повторюються.

Тепер розглянемо рівновагу системи при обертанні навколо точки O_1 й, окремо, навколо точки O_2.

Рівновага навколо точки O_1 (при обертанні):

$$M_1 \downarrow = M_2 \uparrow \quad (14)$$

$$M_1 \downarrow = M_{1F4} + M_{1F5} + M_{1Fnn1} + M_{1Fnn2} = \\ = F_4 \cdot a_3 \cdot \sin\alpha_2 + c_1 \cdot \Delta l_1 \cdot a_3 \cdot \sin\alpha_1 + c_2 \cdot \Delta l_2 \cdot a_3 \sin\alpha_3; \quad (15)$$

$$M_2 \uparrow = F_1 \cdot a_9 + F_3 \cdot a_9 + F_6 \cdot a_9. \quad (16)$$

Тоді для рівноваги системи при обертанні відносно точки O_1 маємо умову:

$$F_4 \cdot a_3 \cdot \sin\alpha_2 + c_1 \cdot \Delta l_1 \cdot a_3 \cdot \sin\alpha_1 + c_2 \cdot \Delta l_2 \cdot a_3 \sin\alpha_3 = a_9 \cdot \{F_1 + F_2 + F_6\}, \quad (17)$$

або

$$a_3 \cdot (F_4 \cdot \sin\alpha_2 + c_1 \cdot \Delta l_1 \cdot \sin\alpha_1 + c_2 \cdot \Delta l_2 \cdot \sin\alpha_3) = a_9 \cdot \{F_1 + F_2 + F_6\}. \quad (18)$$

Рівновага системи відносно обертання навколо точки O_2:

$$\mathrm{M}_2 \downarrow = F_3 \cdot a_9 + F_4 \cdot (a_2 + a_8) \cdot \sin\alpha_2 + F_5 \cdot a_8 \cdot \sin\alpha_4 + c_1 \cdot \Delta\ell_1 \cdot (a_1 + a_2 + a_8) \cdot \sin\alpha_1 + c_2 \cdot \Delta\ell_2 \cdot a_8 \sin\alpha_3. \quad (19)$$

$$\mathrm{M}_2 \uparrow = 0. \quad (20)$$

Тому маємо умову рівноваги при обертанні навколо вісі O_2:

$$F_3 \cdot a_9 + F_4 \cdot (a_2 + a_8) \cdot \sin\alpha_2 + F_5 \cdot a_8 \cdot \sin\alpha_4 + c_1 \cdot \Delta l_1 \cdot (a_1 + a_2 + a_8) \cdot \sin\alpha_1 + c_2 \cdot \Delta l_2 \cdot a_8 \sin\alpha_3 = 0. \quad (21)$$

Об’єднаємо умови (10), (13), (18), (21) у систему рівнянь:

$$\begin{cases} F_4 \cdot \cos\alpha_2 + F_5 \cdot \cos\alpha_4 + c_1 \cdot \Delta l_1 \cdot \cos\alpha_1 + c_2 \cdot \Delta l_2 \cdot \cos\alpha_3 = F_{pyu}; \\ F_1 + F_2 + F_3 + F_4 \cdot \cos\alpha_2 + F_5 \cdot \cos\alpha_4 + F_6 + c_1 \cdot \Delta l_1 \cdot \cos\alpha_1 + c_2 \cdot \Delta l_2 \cdot \cos\alpha_3 = -\mathrm{M} \cdot g; \\ a_3 \cdot (F_4 \cdot \sin\alpha_2 + c_1 \cdot \Delta l_1 \cdot \sin\alpha_1 + c_2 \cdot \Delta l_2 \cdot \sin\alpha_3) = a_9 \cdot (F_1 + F_2 + F_6); \\ F_3 \cdot a_9 + F_4 \cdot (a_2 + a_8) \cdot \sin\alpha_2 + F_5 \cdot a_8 \cdot \sin\alpha_4 + c_1 \cdot \Delta l_1 \cdot (a_1 + a_2 + a_8) \cdot \sin\alpha_1 + c_2 \cdot \Delta l_2 \cdot a_8 \sin\alpha_3 = 0. \end{cases} \quad (22)$$

Сили F_3 й F_6 відомі як реакції опори:

$$F_3 = N_1;\ F_6 = N_2. \quad (23)$$

Тоді з рівняння з 1–го до 4–го у системі (22) маємо залежності сил F_1, F_2, F_3, F_4, F_5, F_6 від пружних сил $F_{ПР\_1} = c_1 \cdot (\Delta \mathrm{l}_1)$, $F_{ПР\_2} = c_2 \cdot (\Delta \mathrm{l}_2)$ й реакцій сил опори ґрунту N_1 і N_2. Перепишемо систему (5) іншим чином:

$$\begin{cases} F_4 \cdot \cos\alpha_2 + F_5 \cdot \cos\alpha_4 = -c_1 \cdot \Delta l_1 \cdot \cos\alpha_1 - c_2 \cdot \Delta l_2 \cdot \cos\alpha_3 + F_{pyn}; \\ F_1 + F_2 + F_4 \cdot \cos\alpha_2 + F_5 \cdot \cos\alpha_4 = -\mathrm{N}_1 - \mathrm{N}_2 - c_1 \cdot \Delta l_1 \cdot \cos\alpha_1 - c_2 \cdot \Delta l_2 \cdot \cos\alpha_3 - \mathrm{M} \cdot g; \\ F_1 \cdot a_9 + F_2 \cdot a_9 - a_3 \cdot F_4 \cdot \sin\alpha_2 = -a_9 \cdot \mathrm{N}_2 + a_3 \cdot c_1 \cdot \Delta l_1 \cdot \sin\alpha_1 + \alpha_3 \cdot c_2 \cdot \Delta l_2 \cdot \sin\alpha_3; \\ F_4 \cdot (a_2 + a_8) \cdot \sin\alpha_2 + F_5 \cdot a_8 \cdot \sin\alpha_4 = -\mathrm{N}_1 \cdot a_9 - c_1 \cdot \Delta l_1 \cdot (a_1 + a_2 + a_8) \cdot \sin\alpha_1 - c_2 \cdot \Delta l_2 \cdot a_8 \sin\alpha_3. \end{cases} \quad (24)$$

З цієї системи чотирьох лінійних рівнянь для сил F_1, F_2, F_3, F_4 можна знайти за правилом Крамера їх значення через (N_1, N_2) й $c_1 \cdot \Delta l_1$, $c_2 \cdot \Delta l_2$ та геометричні параметри системи (кути + лінійні розміри).

Наведемо нижче формули для цих обчислень.

Спочаткузнайдемо систему рівнянь (24) у наступному стандартному вигляді:

$$\begin{cases} a_{11} \cdot F_1 + a_{12} \cdot F_2 + a_{13} \cdot F_4 + a_{14} \cdot F_5 = \mathrm{B}_1; \\ a_{21} \cdot F_1 + a_{22} \cdot F_2 + a_{23} \cdot F_4 + a_{24} \cdot F_5 = \mathrm{B}_2; \\ a_{31} \cdot F_1 + a_{32} \cdot F_2 + a_{33} \cdot F_4 + a_{34} \cdot F_5 = \mathrm{B}_3; \\ a_{41} \cdot F_1 + a_{42} \cdot F_2 + a_{43} \cdot F_4 + a_{44} \cdot F_5 = \mathrm{B}_4. \end{cases} \quad (25)$$

де:

$$\begin{cases} a_{11}=0; a_{12}=0; a_{13}=\cos\alpha_2; a_{14}=\cos\alpha_4; \\ a_{21}=1; a_{22}=1; a_{23}=\cos\alpha_2; a_{24}=\cos\alpha_4; \\ a_{31}=a_9; a_{32}=a_9; a_{33}=-a_3\cdot\sin\alpha_2; a_{34}=0; \\ a_{41}=0; a_{42}=0; a_{43}=(a_2+a_8)\cdot\sin\alpha_2; a_{44}=a_8\cdot\sin\alpha_4; \\ \mathrm{B}_1=-c_1\cdot\Delta l_1\cdot\cos\alpha_1-c_2\cdot\Delta l_2\cdot\cos\alpha_3+F_{руш}; \\ \mathrm{B}_2=-\mathrm{N}_1-\mathrm{N}_2-c_1\cdot\Delta l_1\cdot\cos\alpha_1-c_2\cdot\Delta l_2\cdot\cos\alpha_3-\mathrm{M}\cdot g; \\ \mathrm{B}_3=-a_9\cdot\mathrm{N}_2+a_3\cdot c_1\cdot\Delta l_1\cdot\sin+\alpha_3\cdot c_2\cdot\Delta l_2\cdot\sin\alpha_3; \\ \mathrm{B}_4=-\mathrm{N}_1\cdot a_9-c_1\cdot\Delta l_1\cdot(a_1+a_2+a_8)\cdot\sin\alpha_1-c_2\cdot\Delta l_2\cdot a_8\cdot\sin\alpha_3 \end{cases} \quad (26)$$

Головний визначник системи (25):

$$\Delta=\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{vmatrix}\neq 0; \quad (27)$$

Додаткові визначники:

$$\Delta F_1=\begin{vmatrix} \mathrm{B}_1 & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ \mathrm{B}_2 & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ \mathrm{B}_3 & a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ \mathrm{B}_4 & a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{vmatrix} \qquad \Delta F_2=\begin{vmatrix} a_{11} & \mathrm{B}_1 & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & \mathrm{B}_2 & a_{23} & a_{24} \\ a_{31} & \mathrm{B}_3 & a_{33} & a_{34} \\ a_{41} & \mathrm{B}_4 & a_{43} & a_{44} \end{vmatrix} \quad (28)$$

$$\Delta F_4=\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \mathrm{B}_1 & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} & \mathrm{B}_2 & a_{24} \\ a_{31} & a_{32} & \mathrm{B}_3 & a_{34} \\ a_{41} & a_{42} & \mathrm{B}_4 & a_{44} \end{vmatrix}; \qquad \Delta F_5=\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \mathrm{B}_1 \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \mathrm{B}_2 \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & \mathrm{B}_3 \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & \mathrm{B}_4 \end{vmatrix}.$$

Тоді, після обчислень $\Delta, \Delta F_1, \Delta F_2, \Delta F_4, \Delta F_5$ матимемо значення сил:

$$F_1=\frac{\Delta F_1}{\Delta}; \qquad F_2=\frac{\Delta F_2}{\Delta}; \qquad F_4=\frac{\Delta F_4}{\Delta}; \qquad F_5=\frac{\Delta F_5}{\Delta}. \quad (29)$$

Зусилля F_1, F_2, F_4, F_5 – це зусилля у рамках інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу агробіологічного стану сільськогосподарських угідь. Зусилля N_1 і N_2 - можна взяти як певні нормовані зусилля для грунтів сільськогосподарського призначення, які лежать у певних межах: $\min\leq(\mathrm{N}_1,\mathrm{N}_2)\leq\max$.

Стосовно оптимізації інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу агробіологічного стану сільськогосподарських угідь по такій розрахунковій схемі слід

сказати, що всі ці зусилля повинні бути $\min$. Тому критерій оптимальності, який визначить C_1 і C_2 слід шукати для такої функції:

$$\left(F_1^2 + F_2^2 + F_4^2 + F_5^2\right) \to \min. \qquad (30)$$

При цьому беруться квадрати сил, бо деякі з них можуть виявиться з від'ємним знаком.

Крім того, треба нормовано задати поля змін показників Δl_1 й Δl_2, тобто ,

$$\min \le \left(\Delta l_1, \Delta l_2\right) \le \max. \qquad (31)$$

Тоді у цьому полі (Δl_1, Δl_2) – нормованих, (N_1, N_2) – нормованих (заданих), шукаємо поле оптимальних значень C_1, C_2 за критерієм (30).

Висновок. Запропонована математична модель для визначення робочих параметрів та режимів функціонування інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу варіабельності агробіологічного стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь залежно від механіко-конструктивних параметрів та типу підвіски її робочих електродів дозволить підвищити продуктивність та ефективність моніторингу стану сільськогосподарських угідь шляхом безперервної реєстрації щільності струму на робочих електродах пристрою, які розміщуються попереду рухомого транспортного засобу та дозволяють проводити безперервний моніторинг на поверхні сільськогосподарських угідь, та дозволяє економити 10…25% посівного матеріалу і сприяє підвищенню урожайності сільськогосподарських культур в середньому на 10…20 ц/га.

Література.

1. Hertz, A., Hibbard, C., Hibbard,J. D. (1993).A Preliminary Assessment of the Economics of Variable Rate Technology for Applying Phosphorus and Potassium in Corn Production.*Farm Economics iss. 14, Department of Agricultural Economics, University of Illinois, Champaign-Urbana,* 218-231.

2. Медведев В. В. Неоднородность почв и точное земледелие. Ч. I: Введение в проблему / В. В. Медведев. – Харків, 2007. – 296 с.

3. Иванов Ю. П. Комплексирование информационно-измерительных устройств ЛА / Ю. П. Иванов, А. Н. Синяков, И. В. Филатов.– К.: Агропромиздат, 1984. – 207 с.

4. Скритник О. Я. Фрактальний аналіз часових рядів даних спостережень за температурою повітря в Україні / О. Я.Скритник, О. А. Скритник, Д. О. Ошурко // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2013. – Т.2 (29). – С. 89-95.

5. Демиденко О. В. Фрактальний аналіз кліматичних параметрів та продуктивності зернових культур / О. В. Демиденко // Вісник аграрної науки. – 2017. – №7. – С.10-16.

6. Mandelbrot, B. B. (1971). When can price be arbitraged efficiently? A limit to the validity of the random walk and martingale.*Models Review of Economics and Statistic,53*(3),225-236.

7. Mandelbrot, B. B. (1972). Statistical Methodology for Non Periodic Cycles: From the Covariance to R/S Analysis.*Annals of Economic and Social Measurement,1,* 259-290.

8. Mandelbrot, B. B., Hudson, R.(2004). *The behavior of markets: a fractal view of risk, ruin and reward* . New York, N. Y.: Basic Books. 328p.

9. Peters, E. E. (1994).*Fractal market analysis: applying chaos theory to investment and economics*.John Wiley & Sons, Inc. 336p.

10. Parzen, E. (2004). *Long memory of statistical time series modeling.* Texas A & M University, NBER/NSF Time Series Conference. 10p.

11. Hurst, H. E. (1951). Long – Term Storage Capacity of Reservoirs. *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, *116*, 770-799.

12. Hurst, H.E. (1951). Long – Term Storage Capacity of Reservoirs / *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, *116*, 776-808.

13. Грицюк П. М. Дослідження циклічності природних процесів методом полі гармонічного аналізу / П. М. Грицюк // Штучний інтелект. – 2006. – №2. – С. 294-297.

14. Грицюк П. М. Застосування R/S – аналізу для перевірки гіпотези про циклічність урожайності зернових культур / П. М. Грицюк // РДМU – 2007: Тези доповідей міжнародної конференції. – Крим (Новий світ), 2007. – С. 52-54.

15. Максимко Н. К. Анализ и прогнозирования эволюции экономических систем: монография / Н. К. Максимко, В. А. Перепелица. – Запорожье: Полиграф, 2006. – 236с.

16. Кириченко Л. О. Оценивание самоподобия стохастического временного ряда методом вейвлет – анализа / Л. О. Кириченко, Ж. В. Дейнеко// Радіоелектроніка і комп'ютерні системи. – 2009. – №4 (38). – С. 99-105.

17. Parzen, E. (2004).*Long memory of statistical time series modeling*. Texas A & M University, NBER/NSF Time Series Conference, 2004. 10p.

18. Снитюк В. Є. Прогнозування моделі. Методи. Алгоритми / В. Є. Снитюк. – К.: Маклаут, 2008. – 364с.

19.Anis, A. Loyd,E.(1976). The expected value of the adjusted rescaled Hurst Range of independent normal summands.*Biometrika*, *63,* 111-116.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАБОЧИХ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Броварец А.А.

Аннотация

Построена математическая модель для определения оптимальных рабочих параметров и режимов функционирования информационно- технической системы локального оперативного мониторинга изменения агробиологического состояния грунтовой среды сельскохозяйственных угодий в зависимости от механико-конструктивных параметров и типа подвески ее рабочих электродов. Данная модель дает возможность оптимизировать рабочие параметры и режимы функционирования информационно-технической системы локального оперативного мониторинга изменения агробиологического состояния грунтовой среды сельскохозяйственных угодий в зависимости от механико-конструктивных параметров и типа подвески ее рабочих электродов, а соответственно и обеспечение максимальной производительности таких систем при получении достоверных данных с учетом агробиологического состояния грунтовой среды. Это дает возможность принять оперативное решение для управления агробиологическим потенциалом сельскохозяйственных угодий при выполнении технологических операций с помощью машинно-тракторного агрегата, сельскохозяйственной машины с использованием информационно-технической системы локального оперативного мониторинга изменения агробиологического состояния грунтовой среды.

MATHEMATICAL MODEL FOR DETERMINING THE WORKING PARAMETERS AND MODES OF THE FUNCTIONING OF THE INFORMATION-TECHNICAL SYSTEM

O. Brovarets

Summary

A mathematical model has been constructed to determine the optimal operating parameters and operating modes of the information-technical system for local operational monitoring of the agrobiological state of the soil environment of agricultural land, depending on the mechanical and structural parameters and the type of suspension of its working electrodes. This model makes it possible to optimize the operating parameters and operating modes of the information-technical system for local operational monitoring of the agrobiological state of the soil environment of agricultural land, depending on the mechanical design parameters and the type of suspension of its working electrodes, and thus ensuring the maximum performance of such systems in obtaining reliable data from taking into account the agrobiological state of the soil environment. This makes it possible to make an operative decision to manage the agrobiological potential of agricultural lands when performing technological operations with the help of a machine-tractor unit and an agricultural machine using the information technology system of local operational monitoring of the agrobiological condition of the ground environment.

Keywords: operation electrodes, quality of technological operation, variability of soil environment, technical system of operational monitoring, agrobiological status, monitoring.

УДК 631.316.02.001.55 DOI: 10.31388/2220-8674-2018-2-5

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ ПЛАНУВАННЯ БАГАТОФАКТОРНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ КУЛЬТИВАТОРА-ПЛОСКОРІЗА З РОЗПУШУВАЧАМИ

Сірий І. О., інженер,*
Борохов І. В., к.т.н.,
Ковальов О. О., інженер **
Таврійський державний агротехнологічний університет
E-mail: tsapk@tsatu.edu.ua
Тел.:+38(0619)-42-20-74

Анотація – У статті розроблено програму та методику експериментальних досліджень робочого органу культиватора-плоскоріза з розпушувачами. Визначені найбільш суттєві конструктивні фактори, що варіюються у досліді та рівні їх варіювання. Визначені параметри оптимізації: обрано два головних – тяговий опір культиватора-плоскоріза з розпушувачами та якість кришення ґрунту, та визначено два додаткових параметра оптимізації – брилистість та пилуватість ґрунту. Якщо головні параметри дозволяють у загальному вигляді отримати уявлення про енергетичні та агротехнічні показники використання експериментального робочого органу, то додаткові параметри дозволяють більш детально оцінити агротехнічну якість виконання обробітку ґрунту.

Для проведення повнофакторного експерименту обрано план Бокса-Бенкина для трьох факторів, на трьох рівнях варіювання. План містить 15 дослідів, у статі представлено матрицю планування зазначеного досліду. Наведено опис експериментальної установки, визначені умови та місце проведення досліду. Докладно викладено методику визначення агротехнічних показників: якості кришення, брилистості та пилуватості ґрунту. Для визначення агротехнічних показників – тобто тягового опору, застосовано метод тензометрування. Докладно описана тензоланка, наклеювання й схема з'єднання тензодатчиків та процес тарування.

Ключові **слова – методика досліджень, параметри оптимізації, багатофакторний експеримент, культиватор-плоскоріз, розпушувач.**

Постановка проблеми. Мета експериментальних досліджень полягає у вивченні властивостей досліджуваних об'єктів, а також перевірки адекватності висунутої гіпотези, що є підставою для поглибленого та всебічного вивчення предмета наукового дослідження.

---

* Науковий керівник – Кувачов В. П., к.т.н., доцент

** Науковий керівник – Самойчук К. О., к.т.н., доцент

© Сірий І. О., Борохов І. В., Ковальов О. О.

Стосовно до даної роботи**,** завданнями експериментального дослідження були: перевірка експериментального робочого органу культиватора-плоскоріза із розпушувачами та обґрунтування його конструктивних параметрів, визначення агротехнічних, енергетичних та економічних показників роботи.

Загальновідомо, що достовірність та точність даних експериментальних досліджень безпосередньо залежить від методики проведення експериментів.

Після аналізу технологічного процесу обробітку ґрунту експериментальним робочим органом культиватора-плоскоріза із розпушувачами, визначено, що факторів, які впливають на оптимальні параметри процесу досить багато. Внаслідок чого, для отримання максимуму інформації прийнято рішення що до проведення багатофакторного експерименту. При плануванні багатофакторного експерименту враховувались наступні методики [1, 2].

Мета дослідження. Розробити програму та методику експериментальних досліджень робочого органу культиватора-плоскоріза з розпушувачами. Визначити фактори, що варіюються та рівні їх варіювання, параметри оптимізації, скласти матрицю планування багатофакторного досліду. Визначити умови польових випробувань, методику визначення агротехнічних та енергетичних показників експериментального робочого органу.

Викладення основного матеріалу. Базуючись на наступній нормативній документації: ДСТУ 4362:2004 «Якість ґрунту. Показники родючості ґрунтів» [3]; ГОСТ 20915-2011 «Випробування сільськогосподарської техніки. Методи визначення умов випробувань» [4] та галузевих стандартах [5, 6] , була розроблена програма експериментальних досліджень.

Для планування багатофакторного експерименту необхідно визначитися з параметрами його оптимізації.

За перший параметр оптимізації багатофакторного експерименту прийнято тяговий опір експериментального робочого органу культиватора-плоскоріза з розпушувачами R_x, кН (Y_1).

Ступінь кришення ґрунту при здійсненні обробітку ґрунту багато в чому визначає швидкість та одночасність проростання рослин, життєдіяльність ґрунтової мікрофлори та подальше функціонування системи «вода – ґрунт – рослина». Більшість важливих для зростання та розвитку рослин параметрів ґрунту безпосередньо залежать від ступеня кришення ґрунту. Ступінь кришення ґрунту k, % (Y_2), є одним з найбільш суттєвих показників при виконанні безвідвального обробітку ґрунту, внаслідок чого цей показник прийнято за другий параметр оптимізації багатофакторного експерименту.

Також з метою більш глибокого дослідження якісних показників процесу обробітку ґрунту експериментальним робочим органом культиватора-плоскоріза з розпушувачами досліджувались ще два додаткових параметра оптимізації: брилистість Б, % ($Y_Б$) та пилуватість П, % ($Y_П$) ґрунту.

Базуючись на теоретичних положеннях, а також на дослідженнях ряду вчених, в якості варійованих факторів, що здійснюють найбільший вплив на параметри оптимізації, прийняті наступні конструктивні параметри робочого органу культиватора-плоскоріза з розпушувачами:

h – висота розпушувачів, мм (X_1);

n – задана величина прискорення поверхні розпушувачів (X_2);

B – відстань між розпушувачами, мм (X_3).

Зв'язок параметрів оптимізації з конструктивними параметрами робочого органу має наступний вигляд:

$$R_x; k; Б; П = f(h, n, B) \quad (1)$$

Так як, за даними попередніх досліджень поверхні відгуку нелінійні, вирішено варіювати фактори на трьох рівнях. В експеримент включили три вищевказані параметри, та для кожного з них встановили три рівня варіювання, при цьому верхній рівень інтервалу варіювання приймається за +1, середній за 0, а нижній за -1. У табл. 1 представлені результати кодування параметрів та рівні їх зміни в експерименті. Межі вимірювання факторів визначали за результатами проведення пасивного експерименту.

Таблиця 1.

Рівні досліджуваних параметрів багатофакторного експерименту та інтервали їх варіювання

Фактори / Показники	Висота розпушувачів			Величина прискорення поверхні розпушувачів			Відстань між розпушувачами		
Кодоване значення	X_1			X_2			X_3		
	-1	0	+1	-1	0	+1	-1	0	+1
Натуральне значення	h			n			B		
	30	40	50	1	2	3	75	90	105
Інтервал варіювання	10			1			15		
Одиниці виміру	мм			–			мм		

Для отримання математичної моделі некомпозиційні плани в ряді випадків раціональніше центральних композиційних планів другого порядку, прийнято рішення що з метою отримання математичної залежності вихідних параметрів від 3-х досліджуваних факторів використовуємо некомпозиційне планування Бокса-Бенкіна для трьох факторів на трьох рівнях варіювання.

Зазначений план передбачає проведення 15 дослідів. У центрі плану, тобто при знаходженні всіх факторів на нульових рівнях ($x_1=x_2=x_3=0$), передбачено проведення трьох дослідів (таблиця 2, досліди 5; 10; 15). Матриця планування у кодованих та натуральних значеннях чинників представлена в табл. 2.

Польова експериментальна установка (рис. 1) складається з плоскоріза КПГ – 2-150 (1) з експериментальним робочим органом (2)та встановленими на ньому розпушувачами (3). Паралелограмного механізму (4) для з'єднання експериментального робочого органу культиватора-плоскоріза з розпушувачами та мобільного енергетичного засобу, на якому також розміщена тензоланка для вимірювання тягового опору (5). Експериментальна установка агрегатувалась з трактором Т-16 МГ, у кабіні якого були розміщені вимірювальні пристрої.

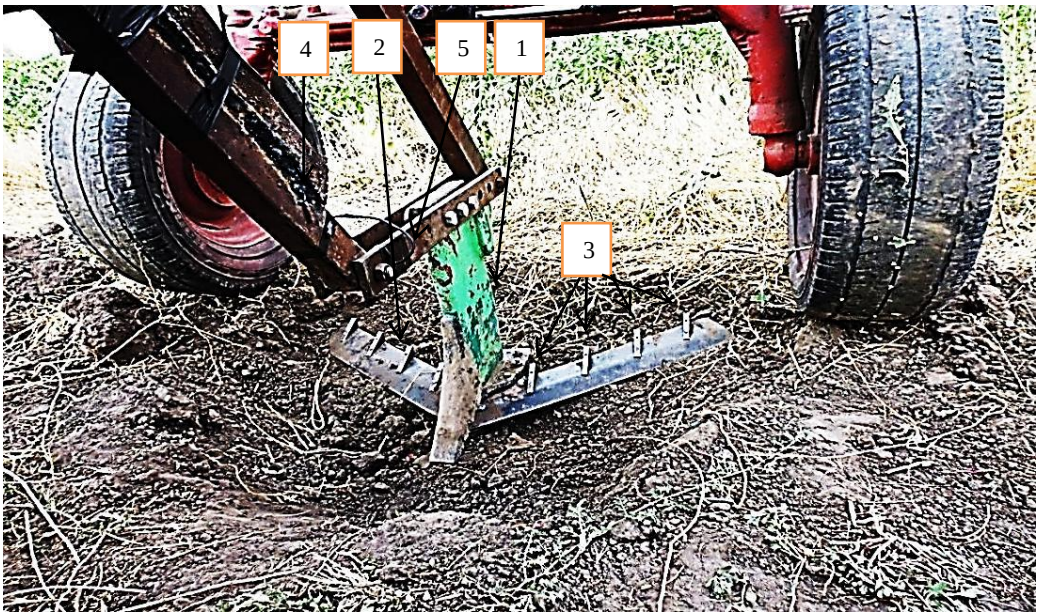


Рис. 1. Загальний вигляд експериментальної польової установки: 1 – плоскоріз КПГ – 2-150; 2 – експериментальний робочий орган; 3 – розпушувачі; 4 – паралелограмний механізм; 5 – тензоланка

Таблиця 2..

Матриця планування експерименту в кодованих та натуральних значеннях факторів

№ досліду	Кодовані позначення факторів				Комбінації множин факторів			Квадрати факторів			Натуральні позначення факторів			Дійсне значення параметрів оптимізації			
	X_0	X_1	X_2	X_3	X_1X_2	X_1X_3	X_2X_3	X^2_1	X^2_2	X^2_3	h	n	b	Y_{Rx}	Y_k	$Y_Б$	$Y_П$
1	+1	+1	+1	0	+1	0	0	+1	+1	0	50	3	90	Y_{Rx1}	Y_{k1}	$Y_{Б1}$	$Y_{П1}$
2	+1	+1	-1	0	-1	0	0	+1	+1	0	50	1	90	Y_{Rx2}	Y_{k2}	$Y_{Б2}$	$Y_{П2}$
3	+1	-1	+1	0	-1	0	0	+1	+1	0	30	3	90	Y_{Rx3}	Y_{k3}	$Y_{Б3}$	$Y_{П3}$
4	+1	-1	-1	0	+1	0	0	+1	+1	0	30	1	90	Y_{Rx4}	Y_{k4}	$Y_{Б4}$	$Y_{П4}$
5	+1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	2	90	Y_{Rx5}	Y_{k5}	$Y_{Б5}$	$Y_{П5}$
6	+1	+1	0	+1	0	+1	0	+1	0	+1	50	2	105	Y_{Rx6}	Y_{k6}	$Y_{Б6}$	$Y_{П6}$
7	+1	+1	0	-1	0	-1	0	+1	0	+1	50	2	75	Y_{Rx7}	Y_{k7}	$Y_{Б7}$	$Y_{П7}$
8	+1	-1	0	+1	0	-1	0	+1	0	+1	30	2	105	Y_{Rx8}	Y_{k8}	$Y_{Б8}$	$Y_{П8}$
9	+1	-1	0	-1	0	+1	0	+1	0	+1	30	2	75	Y_{Rx9}	Y_{k9}	$Y_{Б9}$	$Y_{П9}$
10	+1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	2	90	Y_{Rx10}	Y_{k10}	$Y_{Б10}$	$Y_{П10}$
11	+1	0	+1	+1	0	0	+1	0	+1	+1	40	3	105	Y_{Rx11}	Y_{k11}	$Y_{Б11}$	$Y_{П11}$
12	+1	0	+1	-1	0	0	-1	0	+1	+1	40	3	75	Y_{Rx12}	Y_{k12}	$Y_{Б12}$	$Y_{П12}$
13	+1	0	-1	+1	0	0	-1	0	+1	+1	40	1	105	Y_{Rx13}	Y_{k13}	$Y_{Б13}$	$Y_{П13}$
14	+1	0	-1	-1	0	0	+1	0	+1	+1	40	1	75	Y_{Rx14}	Y_{k14}	$Y_{Б14}$	$Y_{П14}$
15	+1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	2	90	Y_{Rx15}	Y_{k15}	$Y_{Б15}$	$Y_{П15}$

Для проведення польових випробувань експериментального робочого органу була обрана необроблена ділянка ґрунту, що не має строкатості включень ґрунтових відмін. Розмір ділянки 90 метрів довжиною та шириною 300 метрів. Експериментальна ділянка являла собою необроблене поле після збирання пшениці. Щільність стерні становила близько 300 шт/м^2. Товщину гумусового горизонту визначали візуально, вона становила 65 – 75 см.

Польові експериментальні дослідження спроектованого робочого органу культиватора-плоскоріза з розпушувачами проводили на дослідному полі с. Новопилипівка Мелітопольського району Запорізької області, на фонах типових для півдня України.

Ґрунт: чорнозем звичайний, середньо потужний, важкий за механічним складом – важко суглинистий. При плануванні та проведенні досліду на місцевості згідно з [6] передбачались захисні смуги не менше 5 м, по периметру дослідного поля, а біля кожної ділянки 1,5...2 м.

Під час проведення експериментальних досліджень визначали наступні характеристики ґрунту: рельєф поля, абсолютну вологість ґрунту,твердість ґрунту, щільність ґрунту, гранулометричний склад ґрунту.

Агротехнічну оцінку проводили на підставі галузевих та державних стандартів [3, 4], а також методик [2, 6]. При агротехнічній оцінці роботи експериментального робочого органу з розпушувачами визначали наступні параметри: рівномірність глибини обробітку, та її середнє відхилення від заданого значення; відсоток збереження стерні; ступінь підрізання бур'янів; якість кришення ґрунту (у тому числі брилистість та пилуватість); гребнистість поверхні ґрунту.

Ступінь кришення ґрунту k, кількість брил Б та пилуватість П визначають за пробами, відібраними в чотирьох місцях облікової ділянки (дві по ходу руху експериментального агрегату, та дві в зворотньому напрямку). Відбір проб рекомендується проводити не раніше ніж через 60 хвилин після здійснення обробітку ґрунту. Проби відбирають на ділянці розміром 0,25 м^2 на глибину обробітку ґрунту [1].

Відібрані проби просівають на спеціально розробленому ґратчастому класифікаторі ґрунту. Ґратчастий класифікатор складається з основної рами, на яку встановлюють грати з розміром отворів – 50, 25, 10 та 1 мм (розмір ґрат може бути різним та залежить від технічного завдання на досліджуваний робочий орган). Під нижнім решетом розміром 1 мм розташований піддон, який призначений для прийому дрібнозернистої та пилуватої фракцій. Процес визначення якості кришення представлений на рис. 2.

При здійсненні аналізу проб в першу чергу з верхнього решета вручну відбирають брилисті фракції розміром більш як 50 мм. Залишки проби просіюють обережними коливаннями решіт, щоб не зруйнувати грудки, по черзі піднімають їх протилежні сторони, що сприяє якісному розподілу фракцій на решетах з відповідними отворами. Потім кожну фракцію зважують на вагах, що мають похибку не більше ±50 г.



Рис. 2. Визначення якості кришення ґрунту:1 – ваги (з похибкою ±50 г); 2 – грати для брилистої фракції розміром > 50 мм; 3 – грати для фракції розміром > 25 мм; 4 – грати для фракції розміром > 10 мм; 5 – грати для фракції розміром > 1 мм; 6 – піддон для пилуватої фракції (< 1 мм) з підставкою та фіксатором

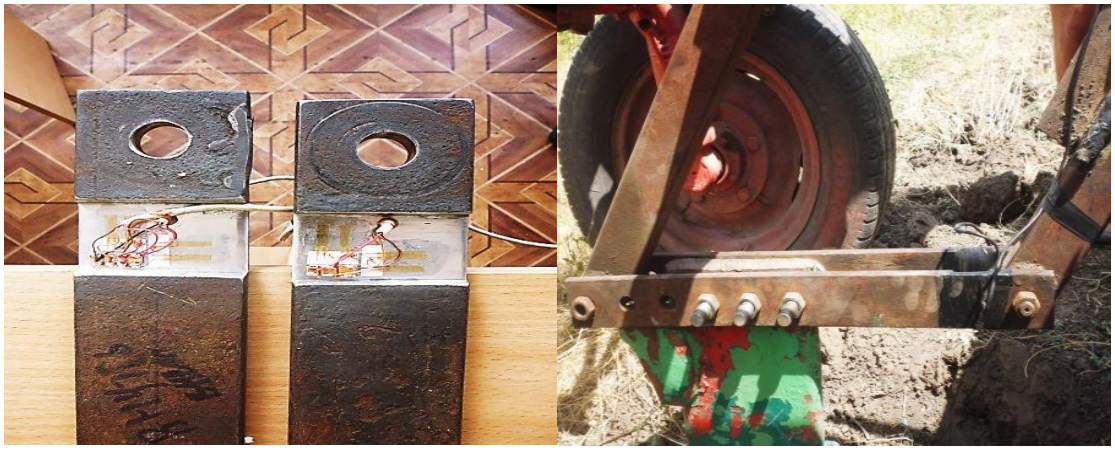
Результати зважування записують у відповідний бланк та обчислюють масову частку і-ої фракції ґрунту по відношенню до загальної маси проби, за формулою:

$$П_к = \frac{m_i * 10^2}{m}, \quad (2)$$

де m_i – маса і-ої фракції в пробі, кг;

m – загальна маса проби, кг.

В якості критерію оцінки енергетичних показників роботи робочого органу з розпушувачами обраний тяговий опір, що створює розроблений робочий орган при обробітку ґрунту, відповідно до зазначеного завдання був застосований метод тензометрування. Тяговий опір визначали за допомогою тензоланки (рис. 3, а). При здійсненні обробітку ґрунту експериментальним робочим органом з розпушувачами тензоланка розміщується на паралелограмному механізмі експериментального ґрунтообробного агрегату (рис. 3, б).



а б

Рис. 3. Тензоланка для визначення тягового опору: а – тензоланка після наклеювання тензодатчиків; б – тензоланка на експериментальній установці

Апаратурою, що фіксує при визначенні тягового опору, виступав аналого-цифровий перетворювач АЦП 4К ТЕНЗО, зовнішній вигляд якого представлений на рисунку 4. Дані з дротяних датчиків надходять до плати АЦП 4К ТЕНЗО, далі цифровані дані поступають до ноутбуку. Після підключення вимірювального пристрою АЦП 4К ТЕНЗО до комп'ютера та підключення датчиків запускають програму *adctensosensor.exe*, розроблену виробником тензоприладів [7].

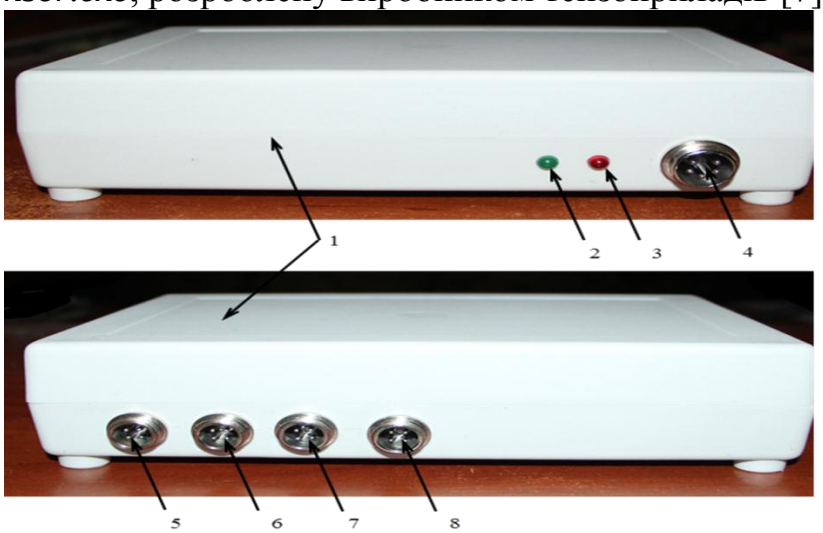


Рис. 4. Зовнішній вигляд вимірювального пристрою АЦП 4К ТЕНЗО:1 – вимірювальний пристрій; 2 – зелений світлодіод; 3 – червоний світлодіод; 4 – роз'єм підключення кабелю USB; 5-8 – роз'єми для підключення тензодатчиків (канал 1-4)

Отримані дані фіксуються програмою *adctensosensor.exe* у форматі CVS, який сумісний з програмою Microsoft Office Excel 2010. Це дозволяє надалі проводити обчислення та графічну інтерпретацію

отриманих результатів у даній програмі. Програма *adctensosensor.exe* написана на Qt (версія 5.5, статична лінковка) під ліцензією GNU General Public License, що володіє зручним інтерфейсом, великою кількістю налаштувань апаратури та характеризується надійністю в роботі.

З метою вилучення похибок викликаних ухилом місцевості, рух ґрунтообробного агрегату при вимірюванні показників тягового опору здійснювали в прямому та зворотному напрямку.

В якості комутаційних дротів для тензоланки використовували кабелі, що поставляються в комплекті з вимірювальним приладом. Тарування тензоланки здійснювали на кафедрі МВЗ Таврійського державного агротехнологічного університету (ТДАТУ), за допомогою тарувального стенду. Процес тарування представлений на рисунку 5.

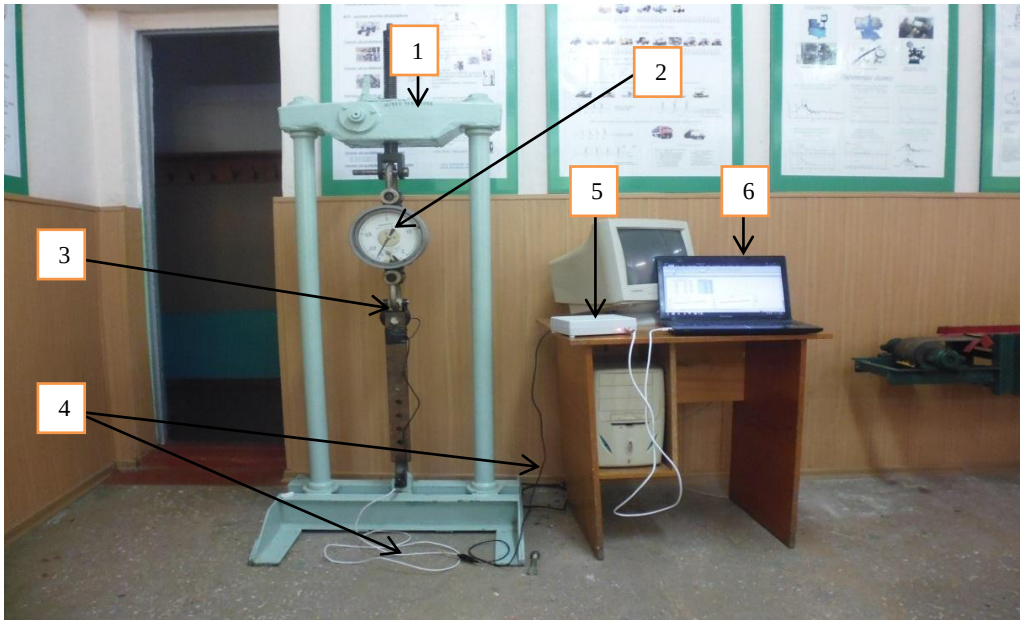


Рис. 5. Тарувальний стенд при проведенні тарування:1 – тарувальний стенд; 2 – динамометр; 3 – тензоланка; 4 – комутаційні дроти; 5 – аналого-цифровий перетворювач АЦП 4К ТЕНЗО; 6 – ноутбук.

Тарування здійснювали наступним чином. Створюване за допомогою тарувального стенду (1) зусилля через динамометр (ДПУ – 2-2 ГОСТ 9409 – 60) (2) передається на тензоланку (3), при цьому динамометр показує значення діючої на тензоланку сили, показники тензодатчиків через комутаційні дроти (4) надходять до аналого-цифрового перетворювача АЦП 4К ТЕНЗО (5), фіксуються та передаються до ноутбуку (6).Значення показників від динамометра та тензоланки порівнюються. Тензоланка повільно навантажується від одного значення сили, до наступного, потім після встановлення та фіксації максимального значення, перевантажується на 10...20%, далі розвантажується до нуля з фіксацією значень навантаження.

Тарування здійснювали до, протягом, та після проведення робіт у три повних цикли «навантаження – розвантаження».

Тензоланка містить вісім дротяних тензодатчиків опору з базою 20 мм та однаковим опором 100 Ом у тензоланку вони спаяні за мостовою схемою, що зазначена на рисунку 6.

Номінали всіх резисторів повинні бути однаковими, та представляти собою наступну залежність:

$$R_1 = R_2 = R_3 = R_4. \quad (3)$$

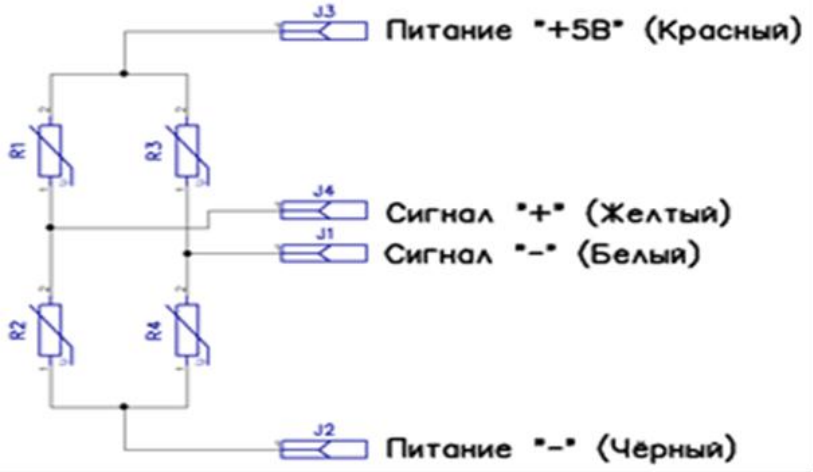


Рис. 6. Схема підключення тензодатчиків опору у вимірювальний міст

Також в ході проведення польових експериментальних досліджень визначали швидкість руху агрегату. Вимірювання швидкості руху проводили в двох напрямках, тобто «туди» та «назад». На дослідній ділянці через кожні 50 м, встановлювали вішки, на практиці враховувалась відстань для розгону трактора – 10 м. Відстань вимірювали за допомогою рулетки довжиною 5 м. Швидкість руху агрегату визначали за часом проходження залікової ділянки, розрахунок вівся за формулою:

$$v = \frac{S}{t}, \quad (4)$$

де S – довжина залікової ділянки, м;

t – час проходження залікової ділянки (визначається за секундоміром), с.

Висновки. 1. Розроблена програма та визначена методика проведення польових експериментальних досліджень робочого органу культиватора-плоскоріза з розпушувачами.

2. Прийнято рішення щодо проведення багатофакторного експерименту, з метою визначення залежностей агротехнічних та енергетичних показників обробітку ґрунту при різних конструктивних параметрах розробленого робочого органу та режимів його роботи. В якості критеріїв оптимізації прийняті два головних: тяговий опір

експериментального робочого органу та ступінь кришення ґрунту, та два додаткових: брилистість та пилуватість ґрунту, а в якості варійованих факторів – висота додаткових елементів, задана величина прискорення поверхні розпушувачів, відстань між розпушувачами.

3. Описано та обґрунтовано методику енергетичної оцінки та методику визначення агротехнічних показників процесу обробітку ґрунту розробленим робочим органом із розпушувачами. При цьому визначення тягового опору здійснювали методом тензометрування.

Література.

1. Адлер Ю. П. Планирование эксперимента / Ю. П. Адлер, Е. В. Макарова, Ю. В. Грановский. – М.: Наука, 1986. – 254 с.

2. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов.– 5 изд. доп. и перераб. – М.: Агропромиздат,1985. – 351 с.

3. Якість ґрунту. Показники родючості ґрунтів : ДСТУ 4362:2004. – [Чинний від 2006–01–01]. – К.: Держаспоживстандарт України, 2005. – 36 с.

4.Испытания сельскохозяйственной техники. Методы определения условий испытаний : ГОСТ 20915-2011. – [Введ. 2013–01 –01]. –М.: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии исертификации, 2012. – 28 с.

5. Агротехническая оценка сельскохозяйственной техники. Испытания сельскохозяйственной техники. Термины и определения: СТО АИСТ 001-2010. – [Введ. 2011–15–09]. – М. : Росинформагротех, 2013. – 56 с.

6. Барщук В. И. Планирование эксперимента в технике / В. И. Барщук, Б. П. Крединцер, В. И. Мирошниченко.– К.: Техника, 1984. – 200 с.

7. Антощенков Р. В. Измерительная система динамических и энергетических параметров тракторов и машинно-тракторных агрегатов / Р. В. Антощенков // Механизация на земеделието. – 2015. – № 12. – С. 9-12.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ПЛАНИРОВАНИЯ МНОГОФАКТОРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КУЛЬТИВАТОРА-ПЛОСКОРЕЗА С РЫХЛИТЕЛЯМИ

И. А. Серый, И. В. Борохов, А. А. Ковальов

Аннотация

В статье разработана программа и методика экспериментальных исследований рабочего органа культиватора-плоскореза с рыхлителями. Определены наиболее существенные конструктивные факторы, которые варьируются в опыте и уровне их варьирования. Определены параметры

оптимизации: выбрано два главных - тяговое сопротивление культиватора-плоскореза с рыхлителями и качество крошения грунта; также определено два дополнительных параметра оптимизации – глыбистость и пылеватость почвы. Два главных параметра позволяют в общем виде получить представление об энергетических и агротехнических показателях использования экспериментального рабочего органа, дополнительные параметры позволяют более детально оценить агротехническое качество выполнения обработки.

Для проведения полнофакторного эксперимента выбран план Бокса-Бенкина для трех факторов на трех уровнях варьирования. План содержит 15 опытов, в статье представлено матрицу планирования опыта. Приведено описание экспериментальной установки, определены условия и место проведения опыта. Подробно изложена методика определения агротехнических показателей: качества крошения, глыбистости и пылеватости почвы. Для определения агротехнических показателей - то есть тягового сопротивления применен метод тензометрирования. Подробно описана тензозвено, наклеивание и схема соединения тензодатчиков, а также процесс тарирования.

USING THE METHODS OF PLANNING A MULTIFACTOR EXPERIMENT FOR THE INVESTIGATION OF A CULTIVATOR-FLAT SUCCESS WITH RIPPERS

I. Seryy, I. Borokhov, A. Kovalyov

Summary

In the article the program and the technique of experimental researches of a working organ of a cultivator-plane with rippers are developed. The most significant constructive factors are determined, they vary in the experience and the level of their variation. Optimization parameters are defined: the two main ones are chosen - traction resistance of the cultivator-planer with rippers and the quality of ground crushing; Also, two additional optimization parameters were determined: the bristle and soil plowing. If the main parameters make it possible, in general terms, to obtain an idea of the energy and agrotechnical indices of the use of the experimental working body, additional parameters make it possible to estimate in more detail the agrotechnical quality of the processing.

To carry out a full-factor experiment, the Box-Binkin plan was chosen for three factors, at three levels of variation. The plan contains 15 experiments, in the sex the planning matrix of this experiment is presented. The description of the experimental setup is given, the conditions and the location of the experiment are determined. A detailed description of the methodology for determining agrotechnical indicators: the quality of crushing, shrewing and sawing of the soil. To determine the agrotechnical indicators - that is, traction resistance, the tensometric method is applied. A detailed description of the tensolon, gluing and the scheme with the integration of strain gauges and the taring process.

Keywords: research methodology, optimization parameters, multifactorial experiment, cultivator-plane cutter, weeder.

УДК 631.333.92 : 631.22.018 DOI: 10.31388/2220-8674-2018-2-6

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСУ МЕТАНОГЕНЕРАЦІЇ ПТАШИНОГО ПОСЛІДУ

Скляр Р. В., к.т.н.,
Скляр О. Г., к.т.н.,
Мілько Д. О., д.т.н.
Таврійський державний агротехнологічний університет
E-mail: radmila.skliar@tsatu.edu.ua
Тел.: +38(067)-916-85-80

Анотація – Сучасні птахівничі підприємства при утриманні значного поголів'я птиці на порівняно невеликих площах стикаються з серйозною проблемою – видаленням та утилізацією пташиного посліду, який щоденно у великій кількості накопичується в господарстві та представляє значну екологічну небезпеку. При правильній організації процесів збору, видалення, зберігання та переробки посліду підприємства можуть попередити забруднення навколишнього середовища та отримувати додатковий прибуток за рахунок використання продуктів його переробки, що підтверджується досвідом роботи окремих господарств у нашій країні та за кордоном.

Пташиний послід може бути використаний як цінне органічне добриво в сільському господарстві, а також в якості кормової добавки до основного раціону при відгодівлі тварин. Для того, щоб отримати таке добриво, необхідно зберігати послід близько року, що викликає негативну реакцію довколишніх населених пунктів.

Найбільш перспективною, з точки зору отримання агрохімічної, екологічної і енергетичної ефективності, є технологія переробки посліду в анаеробних умовах в спеціальних герметичних реакторах - метантенках, виконаних, як правило, з металу. Зазвичай органічна речовина в процесі біоенергетичної ферментації розкладається на 30-40%; деструкції піддаються в основному з'єднання, які легко розкладаються – жир, протеїн, вуглеводи, а основні гумусоутворюючі компоненти - целюлоза і лігнін - зберігаються повністю. Завдяки виділенню метану і вуглекислого газу оптимізується співвідношення C/N. Частка аміачного азоту збільшується. Реакція одержаного органічного добрива – лужна (pH 7,2…7,8), що робить таке добриво особливо цінним для кислих ґрунтів. У порівнянні з добривом, що одержуються з посліду звичайним компостуванням, врожайність збільшується на 10-15%.

Ключові слова **– послід, біодобриво, гранули, біогаз, метантенк, анаеробний процес, метаногенерація, біогазова установка.**

Постановка проблеми. За приблизними розрахунками, річний вихід посліду в птахівницьких господарствах України складає близько 4,7 млн. тон [1]. Зараз послід часто служить джерелом забруднення

© Скляр Р. В., Скляр О. Г., Мілько Д. В.

повітряного середовища, ґрунтів, водоймищ та підземних вод токсичними речовинами, розповсюдження хвороботворних мікроорганізмів, насіння бур'янів, яєць та личинок гельмінтів і мух. Під його складування та зберігання з господарського обороту вилучаються великі площі сільгоспугідь.

В той же час здавна, пташиний послід відомий як висококонцентроване легкозасвоюване органічне добриво[1-3]. Потреба в таких добривах особливо велика зараз, коли мінеральні добрива дорогі, а ґрунти в Україні в значній мірі втратили свій природний потенціал родючості з-за прискореного винесення гумусу. Підготовлений відповідним чином пташиний послід може використовуватися також як кормовий інгредієнт, а останнім часом його почали застосовувати і як енергоресурс.

Аналіз останніх досліджень. Пташиний послід впливає на врожай майже так само, як комплексні мінеральні добрива [1,3]. Має яскраво виражену післядію протягом 2-3 років після внесення. Це пояснюється тим, що корисні речовини з пташиного посліду вивільняються повільно і поступово.

Таке добриво не можна використовувати в свіжому вигляді, оскільки в ньому міститься багато сечової кислоти, яка може «спалити» коріння рослин [5-7]. У його складі в кілька разів більше азоту і фосфору, ніж, наприклад, в коров'ячому гної. Щоб зменшити надмірну концентрацію цих речовин, необхідно залишити послід на відкритому повітрі протягом тривалого часу. Зайве випарується, і отриманий залишок можна буде застосовувати за призначенням.

Мета досліджень. Для усунення цих негативних явищ необхідна спеціальна технологія обробки посліду, що дозволяє підвищити концентрацію поживних речовин і одночасно усунути неприємні запахи, подавити патогенні мікроорганізми, понизити вміст канцерогенних речовин. Тому метою досліджень є отримання високоцінних органічних добрив з пташиного посліду.

Результати досліджень. Птиця використовує на приріст живої маси, підтримання температури тіла, роботу внутрішніх органів та інші функції організму - приблизно 35-40% спожитих нею поживних речовин корму, решта виділяється разом з послідом, а частково в атмосферу. Кількість посліду, яку виділяє одна птиця за добу, в 1,1-1,5 разів більша за кількість з'їденого нею корму [1].

Пташиний послід являє собою складну і неоднорідну структуру, до складу якої входять органічні та неорганічні сполуки. До органічних відносять в основному азотисті сполуки (білки, пептиди, амінокислоти) та сполуки вуглецю (ліпіди, гліцерини, жирні кислоти, вуглеводи, у тому числі клітковина, цукри, спирти, целюлозолігнин). До неорганічних сполук відносять воду, аміак, деякі сполуки міді,

фосфору, калію, цинку, марганцю тощо. Хімічний склад посліду різних видів птиці має свої відмінності. Він також в значній мірі залежить від умов годівлі та утримання.

Вважається, що курячий гній - найкорисніше добриво. Але це не так. Є менш поширені, дія яких по ефективності перевершує курячий послід. Наприклад, це відходи життєдіяльності перепелів. Вони економічно дуже вигідні, так як на відро корму виходить відро посліду. У цьому добриві майже не містяться яйця глистів, адже температура тіла у перепелів вище, ніж у курей, і наприклад, бактерію сальманульозу вона вбиває. Перепелиний послід менш токсичний, ніж курячий, і в ньому міститься більше органічних речовин через особливості харчування цих птахів.

Цінність посліду, як органічного, визначається, перш за все, вмістом таких хімічних елементів, як азот, фосфор та калій. Добриво вироблено з перепелиного посліду шляхом контрольованого процесу ферментизації з подальшим висушуванням і гранулюванням на лабораторній установці кафедри «Технологічні системи технологій тваринництва» Таврійського державного агротехнологічного університету. Переваги сухого гранульованого перепелиного посліду перед свіжим:

– відсутність запаху;
– відсутні життєздатні насіння бур'янів, яєць і личинок гельмінтів і мух;
– відсутні підвищена вологість і липкість, властиві мокрому посліду;
– міститься більше корисних мікроелементів, ніж у свіжому вологому посліді (табл. 1).

Таблиця 1.

Агрохімічний склад перепелиного посліду, %

Показники	Вид посліду	
	гранульований	свіжий
Вміст загального азоту	8,5	1,3
Вміст загального фосфору	2,4	1,7
Вміст загального калію	1,4	1,0
Органічна речовина	76,4	18,2
Вологість	9,6	65
Зольність	23,6	10,3
Суха речовина	90,4	20,5

В процесі зберігання мокрий послід сильно розігрівається, що підсилює втрати азоту. При зберіганні гранульованого посліду, істотних змін за хімічним складом не відбувається (табл. 1).

Вміст окремих елементів і сполук у послідній масі може також в значній мірі змінюватися залежно від умов та тривалості зберігання

[1-3]. Під впливом повітря, вологи, мікроорганізмів, сонця та інших факторів у посліді відбуваються хімічні перетворення, в результаті яких одні сполуки переходять у інші, частина з них (вуглекислий газ, аміак, метан, водень, молекулярний азот) вивітрюється в атмосферу.

Найбільш перспективною, з точки зору отримання агрохімічної (виробництво добрив), екологічної (знезараження і дезодорація) і енергетичної (паливо, електроенергія) ефективності, є технологія переробки гною в анаеробних умовах в спеціальних герметичних реакторах – метантенках, виконаних, як правило, з металу.

Якщо в процесі компостування беруть участь мікроорганізми-аероби, то в процесах біоенергетичної переробки посліду – мікроорганізми-анаероби. В процесі анаеробної ферментації посліду отримують так званий біогаз. Біогаз – суміш газів. Його основні компоненти: метан (CH4) – 55…70% і вуглекислий газ (CO2) – 28…43%, а також в дуже малих кількостях інші гази, наприклад - сірководень (H2S) [2, 6]. В середньому з 1 кг органічної речовини (в перерахунку на абсолютно суху речовину), біологічно розкладеного на 70%, можна зробити 0,18 кг метану, 0,32 кг вуглекислого газу, 0,2 кг води і 0,3 кг нерозкладного залишку.

Для отримання біогазу з пташиного посліду, ми рекомендуємо використовувати клітки для утримання птахів або обладнати приміщення спеціальним сідалом для більш ефективного збору органічних відходів. В іншому випадку частка сторонніх включень, таких як тирса, каміння, пісок і т.д., може бути настільки велика, що зробить його непридатним для переробки. Також рекомендується змішувати пташиний послід з гноєм ВРХ, для запобігання виділення надмірно великої кількості аміаку з біомаси що переробляэться.

Оскільки розкладання органічних відходів відбувається за рахунок діяльності певних типів бактерій, істотний вплив на нього робить навколишнє середовище [4]. Так, кількість газу, що виробляється в значній мірі залежить від температури: чим тепліше, тим вище швидкість і ступінь метаногенерації органічної сировини. Існують психрофільні (при температурі 10-25^{0}C), мезофільні (25-40^{0}C) і термофільні (50-55^{0}C) режими біоконверсії. Виробництво біогазу в термофільному набагато вище в порівнянні з мезофільним і психрофільним режимами. Саме тому, ймовірно, перші установки для отримання біогазу з'явилися в країнах з теплим кліматом. Однак, застосування надійної теплоізоляції, а іноді і підігрів суміші, дозволяє експлуатувати генератори біогазу в районах, де температура взимку опускається до -20ºC. Існують певні вимоги і до сировини: вона повинна підходити для розвитку бактерій, містити біологічно розкладену органічну речовину і в великій кількості воду (90-94%). Піддавати метаногенерації можна і звичайний послід і навіть тверді

органічні відходи. Бажано, щоб середовище було нейтральним і без речовин, що заважають дії бактерій: наприклад, мила, пральних порошків, антибіотиків. Тривалість ферментації, що забезпечує знезараження посліду, повинна бути не менше 12 діб. При ферментації в посліді практично повністю зберігаються азот і фосфор. Маса гною майже не змінюється, якщо не брати до уваги випаровування води, яка переходить в біогаз. Зазвичай органічна речовина в процесі біоенергетичної ферментації розкладається на 30-40%; деструкції піддаються в основному з'єднання, які легко розкладаються – жир, протеїн, вуглеводи, а основні гумусоутворюючі компоненти – целюлоза і лігнін – зберігаються повністю.

Завдяки виділенню метану і вуглекислого газу оптимізується співвідношення C / N [2, 3]. Частка аміачного азоту збільшується. Реакція одержуваного органічного добрива – лужна (pH 7,2…7,8), що робить таке добриво особливо цінним для кислих ґрунтів. У порівнянні з добривом, що одержуються з посліду звичайним компостуванням, врожайність збільшується на 10-15%. Вміст води в біогазі при 40°C – 50 г/м^3; при охолодженні біогазу вона конденсується, і необхідно вжити заходів до видалення конденсату (осушення газу, прокладка труб з потрібним ухилом і ін.). Енергоємність біогазу в середньому 23 мДж/м^3, або 5500 ккал/м^3.

Слід відзначити, що під час метанового бродіння зберігається до 83% енергії зброджуваної глюкози. Такий високий процент свідчить, що метаногенез є самим вигідним в енергетичному відношенні шляхом трансформування енергії органічних речовин у паливо.

При виробництві біогазу властивості посліду як добрива зберігаються в так званому шламі, який виявляється більш цінним і ефективним добривом, ніж послід. Біодобриво, що виробляється в біогазових установках, підвищує урожайність пшениці, жита, цукрових буряків, картоплі та інших культур на 35…40% порівняно з врожаями тих же культур, які отримані на полях, удобрених необробленим гноєм. Такий наслідок аж ніяк не випадковий. Адже під час метаногенерації в герметичних метантенках поживні елементи цілком зберігаються. В той же час різноманітні перетворення складних органічних сполук сприяють підвищенню доступності для рослин поживних компонентів.

Висновки. Основна відмінна риса пташиного посліду від інших субстратів – високий вміст протеїну (білка), який є джерелом азоту. Тому пташиний послід в чистому вигляді (моносубстрат) переробляється по двостадійній технології. Біогазова установка укомплектовується додатковим реактором гідролізу. Для того, щоб отримати біогаз з пташиного посліду, в реакторі гідролізу створюються спеціальні температурні умови, підвищується вологість і

контролюється рівень pH. Якщо технологічний цикл біогазової установки проектується замкнутим (рідка фракція після ферментації використовується для розведення свіжої сировини), біогазова установка повинна доукомплектовуватись системою видалення амонійного азоту, тому що він пригнічує процес.

Література.

1. Мельник В. О. Птицевод / В. О. Мельник. – Режим доступу: http://avianua.com/ua/index.php/statty_po_pticevodstvu/tekhnolohiia-ptakhivnytstva/40

2.Вплив структури субстрату на вихід біогазу при метановому зброджуванні/ В. В. Шацький, О. Г. Скляр, Р. В. Скляр, О. О.Солодка // Праці ТДАТУ. – Мелітополь, 2013. – Вип. 13, т. 3. – С. 3-12.

3. Скляр О. Г. Властивості біодобрив, що отримуються після анаеробної ферментації гною/ О. Г. Скляр, Р. В. Скляр// Праці ТДАТУ. – Мелітополь, 2013. – Вип. 13, т.3.– С.110-118.

4. Скляр А. Г. Анализ показателей для контроля биологического процесса анаэробного разложения/ А. Г. Скляр, Р. В. Скляр // MOTROL: Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. – 2015.– Vol. 17, No. 9. – P.65-70.

5. Біогазова установка: пат. України №123934: МПК C02F 11/04/ Д. О. Мілько,О. Г. Скляр,Р. В. Скляр, С. М. Григоренко.– № 201710282; Замов. 24.10.2017; Опубл. 12.03.2018, Бюл. №5.

6. Сеитбеков Л. С. Микробиологическая анаэробная конверсия биомассы/ Л. С. Сеитбеков, Е. Б. Нестеров, В. Г. Некрасов. – Алматы: Эверо, 2005. – 276 с.

7. Biogas Works. – 2002. – Режим доступу: www.biogasworks.com

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА МЕТАНОГЕНЕРАЦИИ ПТИЧЬЕГО ПОМЕТА

Скляр Р. В., Скляр А. Г., Милько Д. А.

Аннотация

Современные птицеводческие предприятия при содержании большого поголовья птицы на сравнительно небольших площадях сталкиваются с серьезной проблемой – удалением и утилизацией птичьего помета, который ежедневно в значительном количестве накапливается в хозяйстве и представляет значительную экологическую опасность. При правильной организации процессов сбора, удаления, хранения и переработки помета предприятия могут предупредить загрязнение окружающей среды и получать дополнительную прибыль за счет использования продуктов его переработки, что подтверждается опытом работы отдельных хозяйств в нашей стране и за рубежом.

Птичий помет может быть использован как ценное органическое удобрение в сельском хозяйстве, а также в качестве кормовой добавки к основному рациону при откорме животных. Для того, чтобы получить такое

удобрение, необходимо хранить помет около года, что вызывает отрицательную реакцию окружающих населенных пунктов.

Наиболее перспективной с точки зрения получения агрохимической, экологической и энергетической эффективности, является технология переработки помета в анаэробных условиях в специальных герметичных реакторах – метантанках, выполненных, как правило, из металла. Обычно органическое вещество в процессе биоэнергетической ферментации разлагается на 30…40%; деструкции подвергаются в основном легко разлагаемые соединения – жир, протеин, углеводы, а основные гумусообразующие компоненты – целлюлоза и лигнин – сохраняются полностью. Благодаря выделению метана и углекислого газа оптимизируется соотношение C/N. Доля аммиачного азота увеличивается. Реакция получаемого органического удобрения – щелочная (pH 7,2…7,8), что делает такое удобрение особенно ценным для кислых почв. По сравнению с удобрением, получаемые из помета обычным компостированием, урожайность увеличивается на 10…15%.

PECULIARITIES OF THE PROCESS OF METHANOGENERATION OF THE BIRD'S LITTER

R. Skliar, A. Skliar, D. Milko

Summary

Modern poultry enterprises, while maintaining large numbers of poultry in relatively small areas, are faced with a serious problem – the removal and disposal of bird droppings, which accumulate in large quantities every day on the farm and represent a significant environmental hazard. With proper organization of the processes of collecting, removing, storing and processing litter, enterprises can prevent environmental pollution and receive additional profits through the use of products of its processing, as evidenced by the experience of individual farms in our country and abroad.

Poultry manure can be used as a valuable organic fertilizer in agriculture, as well as a feed additive to the basic diet for fattening animals. In order to obtain such a fertilizer, it is necessary to store the litter for about a year, which causes a negative reaction from the surrounding settlements.

The most promising from the point of view of obtaining agrochemical (fertilizer production), environmental (decontamination and deodorization) and energy (production of fuel and electricity) efficiency is the technology of manure processing under anaerobic conditions in special sealed reactors - digesters, made usually of metal. Usually organic matter in the process of bio-energetic fermentation decomposes by 30…40%; degradation affects mainly easily degradable compounds – fat, protein, carbohydrates, and the main humus-forming components – cellulose and lignin – are completely preserved. Due to the release of methane and carbon dioxide, the C/N ratio is optimized. The proportion of ammonia nitrogen increases. The reaction of the resulting organic fertilizer is alkaline (pH 7,2…7,8), which makes this fertilizer especially valuable for acidic soils. Compared with fertilizer, obtained from manure by ordinary composting, the yield is increased by 10-15%.

Keywords: chicken manure, bio-fertilizer, pellets, biogas digesters, anaerobic process, the generation of methane biogas plant.

УДК 631.223.6:628.8 DOI: 10.31388/2220-8674-2018-2-7

ШЛЯХИ СТВОРЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ В УМОВАХ ЗРОСТАЮЧОГО ДЕФІЦИТУ ЕНЕРГОНОСІЇВ В ГАЛУЗІ СВИНАРСТВА

Болтянська Н. І., к.т.н.,
Болтянський О. В., к.т.н.
Таврійський державний агротехнологічний університет
E-mail: nataliia.boltianska@tsatu.edu.ua
Тел.: +38(067)-681-32-41

Анотація– Аграрний сектор – один з найбільших споживачів енергії в Україні. Тому, з точки зору стратегії раціонального використання енергетичних ресурсів і підвищення енергоефективності аграрного сектора України, зокрема тваринництва, необхідно здійснити економічне обґрунтування стратегії енергозбереження, вивести на український аграрний ринок сучасні інноваційні системи будівництва; визначити напрями можливого використання нетрадиційних поновлюваних джерел енергії в цій галузі. Розглядаючи витрати енергії тільки у тваринницькій галузі с.-г. виробництва, можна відмітити основну закономірність: на одиницю продукції витрати збільшуються. Враховуючи, що процеси виробництва продукції тваринництва переважно здійснюються в стаціонарних умовах, створюються сприятливі можливості для використання електроенергії. При цьому в структурі енергетичних ресурсів, які використовуються у тваринництві, значно зростає роль нетрадиційних (альтернативних) джерел поновлюваної енергії – водної, вітрової, сонячної та енергії біогазу. У статті розглянуто впровадження енергозберігаючих технологій для створення мікроклімату при будівництві і реконструкції сучасних свинарських ферм і комплексів в умовах зростаючого дефіциту енергоносіїв. Визначено шляхи зниження енерговитрат при експлуатації свинарських підприємств, розглянуто різні способи побудови енергозберігаючих систем мікроклімату; наведено аналіз тепловтрат зі свинарських приміщень, приділено увагу енергозберігаючим системам мікроклімату, заснованим на скороченні тепловтрат з вентиляційними викидами і через захищаючі конструкції, а також на використанні нетрадиційної енергії та вживаних нині у вітчизняній практиці способах і технологіях видалення гною зі свинарських приміщень.

Ключові слова– **свинарство, тваринництво, енергозберігаючі технології, система опалювання, система вентиляції, енергія вітру, біопаливо, способи видалення гною, технології видалення гною.**

Постановка проблеми. Україна має значний природний потенціал, і здатна не лише забезпечити власні потреби в основних продуктах харчування рослинного і тваринного походження, але і стати експортером високоякісної, конкурентоспроможної, біологічно чистої продукції [1-3]. У структурі споживання м'яса свинина складає

© Болтянська Н. І., Болтянський О. В.

найбільшу частину - 41% (яловичина і птах, відповідно 28%, 27%, інші 4% - баранина, риба та ін.) [4].

Занепад тваринництва в цілому пояснюється незацікавленістю товаровиробників в розвитку галузі з-за його збитковості, оскільки собівартість продукції в 2-3 рази перевищує її реалізаційну ціну [1,3,5]. З таким висновком можна погодитися відносно реформованих сільськогосподарських підприємств, проте він мало торкається приватного сектора, де знаходиться 70% загального поголів'я свиней. Темпи скорочення поголів'я свиней в сільськогосподарських підприємствах залишаються вищими, в порівнянні, з особистими господарствами населення, а співвідношення між поголів'ям свиней, які містяться в господарствах населення і сільгосппідприємствах залишається незмінним, - приблизно 70:30. Причому, в окремих областях (Чернівецька, Львівська, Тернопільська, Івано-Франківська, Рівненська) чисельність поголів'я свиней в господарствах населення складає від 85 до 90% [3,6].

Головною причиною високої енергоємності процесів є низький технологічний і технічний рівень тваринницької галузі, використання малоефективних енерговитратних технологій. Використання досягнень науково-технічного прогресу в Україні значно відстають від використання аналогічних технологій в розвинених країнах. Тому постає завдання пошуку нових підходів, які дозволяють понизити витрату електроенергії, палива і інших матеріальних ресурсів на виробництво тваринницької продукції і, зокрема, впровадження енергозберігаючих технологій для створення мікроклімату при будівництві і реконструкції сучасних свинарських ферм і комплексів в умовах зростаючого дефіциту енергоносіїв. Вирішенню саме цього проблемного питання і присвячена дана стаття.

Аналіз останніх досліджень. У роботах Жовтянського В., Кулика М., Стогнія Б. [7] розглянуті загальні принципи енергозбереження і механізми реалізації політики енергозбереження. Грачова Л. і Маляренко В. займалися питаннями підвищення ефективності використання нетрадиційних джерел енергії в тваринницькому комплексі країни [8]. Корчемна В., Федорей В. і Щербань М. приділяли увагу питанням енергозбереження в агропромисловому комплексі. Маляренко В. і Гальчак В. розглядали альтернативні джерела енергії та основи теплофізики будівель [1,9]. Однак, на даний момент, залишається ще багато питань стосовно основних напрямів ресурсозбереження у тваринництві, що потребують вирішення.

Результати і обговорення. При будівництві і реконструкції сучасних ферм і комплексів в умовах дефіциту енергоносіїв важливим питанням є впровадження енергозберігаючих технологій. Найбільш

енергоємними показниками відрізняються системи опалювання і вентиляції. Витрати на них складають 45…50% від загальних витрат на устаткування по комплексу. Існує декілька шляхів зниження енерговитрат при експлуатації свинарських підприємств [10-13]:

- використання нетрадиційних джерел енергії;
- рекуперація тепла повітря, що видаляється;
- децентралізація опалювальних систем, ширше застосування методів локального обігріву;
- використання енергозберігаючих методів обігріву;
- використання будівельних матеріалів і конструкцій з оптимальними ізотермічними параметрами, стосовно конкретних кліматичних і технологічних умов.

Нетрадиційні джерела енергії представлені в першу чергу біопаливом, виробництво якого може здійснюватися на власній ресурсній базі. До таких джерел енергії відноситься замінник дизельного палива на основі рослинних олій, біогаз, що виробляється в метантенках, рідке і тверде паливо - продукти піролізу гнойових стоків і промислових відходів. Окрім біопалива інтенсивно відроджуються і модернізуються джерела енергії засновані на силі вітру. Можливості ширшого застосування енергії вітру у свинарстві вимагає подальших наукових розробок. Дуже обмежене і сумнівне значення мають такі джерела енергії, як сонячна радіація. Висока вартість сонячних батарей нині не виправдовує себе.

У сучасних економічних умовах відбулося різке скорочення номенклатури устаткування, яке випускалося. В той же час, устаткування, яке випускається, по номенклатурі і якісним параметрам не задовольняє вимогам по створенню оптимального мікроклімату, особливо відносно автоматизації регулювання, економного використання енергоресурсів і охорони довкілля.

Застосування того або іншого типу обігріву свинарського приміщення залежить від статі і віку свиней, а також від конфігурації приміщення. Неабиякою мірою вибір системи обігріву пов'язаний з наявністю певних енергоресурсів на фермі. У сучасному свинарстві найбільш економічними вважаються прилади прямого спалювання палива в приміщенні (газ, рідке паливо). Такими є повітродувні теплогенератори. Проте через технологічні особливості вони можуть успішно застосовуватися тільки в приміщеннях для утримання поросних свиноматок, кабанів і свиней на відгодівлі. Вони створюють інтенсивний рух повітря, що неприпустимо в приміщенні маточників і дорощення. У останніх приміщеннях краще всього зарекомендували себе регістри водяного опалювання типу дельта-трубки, ребриста труба загального обігріву і водяні килимки (чи секції підлоги) для обігріву лігва поросят, вода в яких подається з бойлера.

Аналіз тепловтрат зі свинарських приміщень показав, що встановлена потужність устаткування систем мікроклімату і енергоємність його створення залежать від параметрів зовнішнього повітря і повітря всередині приміщень, міри теплозахисту будівель, повітрообміну і інших чинників. Тому основними заходами щодо зменшення енергоспоживання є такі, як скорочення енерговитрат на вентиляцію і підігрівання припливного повітря у поєднанні з раціоналізацією об'ємно-планувальних рішень [14-16].

Існують різні способи побудови енергозберігаючих систем мікроклімату, засновані, в основному, на скороченні тепловтрат з вентиляційними викидами і через захищаючі конструкції, а також на використанні нетрадиційної енергії. Найбільш ефективним технічним рішенням проблеми скорочення енерговитрат на вентиляцію є утилізація тепла повітря, яке віддаляється з тваринницьких приміщень. У існуючих системах забезпечення оптимального мікроклімату не передбачається повна утилізація тепла, в результаті більше 70 % її видаляється з вентиляційним повітрям [17].

Роботи, які проводилися по створенню теплоутилізаторів різних типів (регенеративних, рекуперативних, на базі теплових насосів, теплових труб) дозволили зробити висновок про те, що для свинарства найбільш прийнятними є теплоутилізатори з проміжним теплоносієм, оскільки їх можна було комплектувати з водяними калориферами, вентиляторами, насосами і арматурою. Повітря, яке видаляється, проходячи через калорифер підігрівання, охолоджується, підігріваючи проміжний теплоносій, і витяжним вентилятором викидається в атмосферу, а холодне зовнішнє повітря, проходячи через калорифер охолодження, підігрівається і припливним вентилятором подається в приміщення. Недоліками існуючих систем з утилізації теплоти для тваринницьких приміщень з високою вологістю внутрішнього повітря є обмерзання теплообмінної поверхні і втрата працездатності при зовнішніх температурах нижче - 10°С, тобто при перепаді температур більш ніж 20...25°С і при співвідношенні повітряних потоків 1:1. Тому для ефективної роботи згаданих утилізаторів необхідно визначати у кожному конкретному випадку нижній поріг зовнішньої температури і різницю температур повітря, що видаляється і надходить в приміщення. Нова тенденція - застосування децентралізованих систем мікроклімату з утилізацією теплоти, що реалізована в комплектах устаткування "АГРОВЕНТ-С".

Переваги цього комплекту перед іншими полягають у відсутності повітропроводів (устаткування монтується у віконних отворах або на стінах), модульності конструкції і автономності роботи (кожна установка обслуговує певну зону приміщення і при необхідності може бути вимкнена). Комплект "АГРОВЕНТ-С" призначений для

приміщень із змінними внутрішніми тепловолого-виділеннями [18].

Паралельно з розробкою систем устаткування утилізації, ведуться роботи по удосконаленню систем вентиляції. Розроблена система вентиляції, поєднана з опалюванням, із застосуванням ежекторного розподільника повітря. Відмінна особливість цієї системи полягає в тому, що перехідний період року розглядається як відрізок часу від мінімально допустимої зовнішньої температури (визначається розрахунком) до максимальної, регламентованої нормами. Вентилятор для подачі припливного повітря підбирається за умови необхідного повітрообміну для зимового періоду. Виникаючий дефіцит припливного повітря в міру підвищення температури зовнішнього повітря, заповнюється за допомогою дросельного клапана ежекторного розподільника повітря. При цьому особливо важливо, що використовується тепло, що виділяється тваринами, оскільки система за способом організації повітрообміну в приміщенні унеможливлює подачу припливного повітря безпосередньо в робочу зону. В цьому випадку припливне повітря асимілює надлишкову температуру, яка утворюється, як правило, у верхній зоні приміщення і поступає в робочу зону з розрахунковою температурою. Впровадження цієї системи у свинарнику-відгодівельнику на 700 голів дозволяє за рахунок використання нетрадиційного джерела теплової енергії (тепловиділень тварин) скоротити тривалість опалювального сезону на два місяці.

Основними елементами вентиляційних систем, пропонованих нині на ринку закордонними фірмами ("Big Dutchman" (Німеччина), "VDL Agrotech" (Голландія), "SKOV" (Данія)) для свинарських приміщень, є витяжні шахти, припливні шахти і припливні клапани. Вони доповнюються системою опалювання, основними елементами якої є алюмінієві дельта-трубки або газові конвекційні теплогенератори. Ці системи вентиляції дозволяють скоротити витрату електроенергії на 30...50 %.

Нині 85% устаткування по регулюванню мікроклімату тваринницьких приміщень поставляється зарубіжними виробниками. Витрати на його закупівлю, доставку і монтаж при будівництві свинарських підприємств складають 25...30% від загальної вартості усього технологічного устаткування [2,4,13].

Власне виробництво цього устаткування, в основному, розраховане для птахівницьких ферм. Відсутні вітчизняні системи очищення повітря від механічних, біологічних і хімічних забруднень свиноферм, що виникають в процесі експлуатації. Необхідно приділяти більше уваги проектно-конструкторським роботам із створення цього виду устаткування [19].

Промислове свинарство може успішно розвиватися тільки з

урахуванням його екологічної безпеки для людини і природи. Особливо це стосується проблем утилізації відходів свинарства і раціонального використання отримуваних на комплексах величезних об'ємів гною і гнойових стоків. Так розрахунковий річний вихід гнойових стоків від свинокомплексу на 100000 голів відгодівлі в рік складає 115...120 тис. $м^3$. Аналіз стану питань по використанню відходів свинарства показує, що розроблені раніше і рекомендовані нині основні технології, машини і устаткування часто не відповідають збільшеним технологічним, зоотехнічним, санітарно-ветеринарним і соціально-екологічним вимогам. Наукові дослідження в цьому напрямі і практичне рішення проблем видалення і використання відходів свинарства продовжує залишатися найважливішим напрямом наукового забезпечення галузі [20].

Від типу і якості підлоги, використовуваної в приміщеннях для утримання тварин, залежать ветеринарний стан ферми, дотримання технологічних вимог до утримання різних статевовікових груп, а також економічні показники виробництва. Необґрунтована економія на високотехнологічних підлогах при облаштуванні свинарників може викликати серйозні ветеринарні і екологічні проблеми.

Головна перевага підлоги з пластика - вони не відбирають тепло у тварин, тому з успіхом застосовуються для утримання поросят зі свиноматкою і поросят на дорощенні. Бетонні підлоги міцні і найбільш дешеві. Проте вони не можуть застосовуватися в маточниках і приміщеннях для дорощення, оскільки не витримують технологічних вимог по температурі. В той же час, бетонні підлоги успішно застосовуються в приміщеннях для утримання поросних свиноматок (у групах і індивідуально) і свиней на відгодівлі, оскільки вони частіше потребують охолодження. Металеві щілинні підлоги виготовляють із сталі або чавуну. Сучасні підлоги з металу, призначені для свиноматок, обладнані люками в задній частині: це полегшує стік гною. Такі підлоги можна робити тільки в лігві для свиноматок. Метал холодний, він позбавляє тварин тепла. Але для маток ця властивість корисна. При лактації у них піднімається температура тіла, яке викликає дискомфорт. Тому на те місце, де повинна лежати свиноматка, настилають метал, а зону навколо цієї підлоги, в якій знаходяться поросята, обладнують пластиком або покритими товстим пластиковим шаром металевими панелями.

Найбільш важливим і, одночасно, найбільш вразливим місцем в технологічному ланцюжку вирощування свиней є період опоросу і перші тижні життя новонароджених поросят. В цей час тварини вимагають особливих умов утримання: потрібна температура повітря, дотримання норм гігієни, запобігання травмам і ушкодженням. Система щілинної підлоги для боксів опоросу «Tenderfoot» на

останній виставці «EuroTier» визнана кращою для боксів опоросу. Це комбіновані грати з високоякісної сталі в оболонці з пластизолу для тепла і комфорту тварин (поросят і свиноматки). Конфігурація підлоги спеціально розроблена для поросят. За результатами порівняльних тестів ця система показує найкращі результати по індексу втрат, міри самоочищення, міри зносостійкості. До недоліків цієї системи можна віднести тільки його високу вартість [17].

Такі підлоги відмінно піддаються очищенню; отвори з круглими краями сприяють видаленню гною через підлогу під дією ратиць; для очищення час від часу досить використовувати шланг з водою; пластизольне покриття стійке до бактерій і грибків; скорочує ушкодження колін і ніг; скорочує проблеми нижньої частини черева (некроз соска). Маленькі отвори перешкоджають затисканню і пораненню кінцівок, і крім того, забезпечують зчеплення, необхідне для зменшення роз'їзду ніг і розтягання зв'язок, а також для масажу сосків з метою максимального виділення молока і скорочення енергії, потрібної для підтримки нормальної температури тіла. У поверхні підлоги немає грубих і гострих країв, які можуть стати причиною ранок на кінцівках і джерелом інфекцій. Дослідження, проведені на фермах, показали наявність ушкоджень в 45% поросят, які з'явилися на світ на сітчастій підлозі і жодного на щілинному. Гній проштовхується крізь щілини підлоги, потрапляє в накопичувальний канал і видаляється звідти різними системами видалення. Таким чином, поверхня підлоги залишається чистою, що дозволяє скоротити час на її миття і дезінфекцію, а також значною мірою понизити можливу захворюваність поросят.

Вживані нині у вітчизняній практиці способи і технології видалення зі свинарських приміщень гною за принципом дії і конструктивними рішеннями підрозділяються на механічні, самопливні (самосплавні) і змивні.

Транспортерні механічні системи, як показала багаторічна практика, не задовольняють необхідним вимогам в умовах великих промислових комплексів, оскільки вимагають частого ремонту, створюють підвищену аварійну небезпеку. Не витримує критики санітарна сторона цієї системи, що не дозволяє ізолювати окремі секції і проводити повноцінну дезінфекцію і, крім того викликає стреси у свиней своєю шумовою дією. Виходячи з вищевикладеного, можна зробити висновок про неможливість рекомендувати для сучасних промислових комплексів цю систему видалення гною [17].

Змивні системи функціонують на багатьох великих свинокомплексах, введених в експлуатацію, в основному, в останній чверті XX століття. Їх характеризує висока трудомісткість, високий рівень витрат води, і, як наслідок - або значне збільшення необхідних

площ гноєсховищ, або введення енергоємних систем термічного, або біологічного експрес знезараження гнойових стоків, з використанням дорогих установок для рециркуляції рідкої фракції гною.

Самопливні системи гною постійної дії, за результатами багаторічного досвіду, не виграють значною мірою перед змивними системами, оскільки спостерігається тенденція до замулювання гнойових ванн, що неминуче веде або до використання гідрозмиву, або до видалення осаду твердої фракції механічно з використанням мускульної сили, що може привести до збою в технологічному циклі.

Самопливні системи періодичної дії з використанням шиберів також не задовольняють по деяким параметрам сучасних свинарів. В процесі експлуатації спостерігається порушення герметизації шиберів, їх часта поламка, що вимагає ремонту. У санітарному відношенні ця система несе ризик поширення інфекцій на свинокомплексі по ходу евакуації гнойового стоку.

Самопливна технологія видалення гнойових стоків періодичної дії із застосуванням у верстатах щілинних підлог і пластикових труб знаходить нині широке застосування, як при реконструкції, так і при новому будівництві свинарських підприємств. Ця система припускає мінімальну витрату води, мінімальні трудовитрати, і, як наслідок, забезпечує зниження витрат на будівництво гноєсховищ.

Ця система розроблялася фермерами Данії і Голландії упродовж останніх 30 років і успішно впроваджувалася в проекти. Суть системи зводиться до накопичення гною у ваннах під щілинними підлогами протягом 2-х тижнів, звідки гній евакуювався через отвір в середині ванни по трубах каналізації. Отвір закривається пробкою.

Приклад порівняльного розрахунку ємності гноєсховищ при самопливній системі періодичної дії гноєвидалення і змивній, на прикладі двомайданчикової ферми з виходом в 27000 свиней в рік приведений в табл. 1. За відсутності карантинних місткостей, гноєсховища повинні забезпечити 12-ти місячне зберігання гною під плівкою для біологічного знезараження гною. Для такої експозиції потрібно 4 місткості, в кожну з яких збирається 5-ти місячний вихід гнойового стоку і, в наступному, витримується 12 місяців.

Таблиця 1

Приклад порівняльного розрахунку місткостей гноєсховищ при змивній і самопливній системі гноєвидалення періодичної дії

Цех	Вихід гнойових стоків, в рік, м^3	
	Самопливна періодична система	Змивна система
Цех репродукції	14841,6	41871,07
Цех відгодівлі	23906,3	88781,3
Разом	38747,9	130652,4

Об'єм закритого гноєсховища репродуктора і карантину при самопливній періодичній системі складе 14841,6×5/12= 6184≈7000м^3, а 4 місткості в сумі складуть 28000м^3.

Об'єм закритого гноєсховища репродуктора і карантину при змивній системі складе 41871,07×5/12=17446,3≈17500 м^3, а сума 4 місткостей – 70000 м^3.

Об'єм закритого гноєсховища цеху відгодівлі при самопливній періодичній системі складе 23906,3×5/12=9960,9≈10000 м^3 і 40000 м^3– по чотирьох місткостях.

Об'єм закритого гноєсховища цеху відгодівлі при змивній системі складе 88781,3×5/12=36992,2≈37000м^3 і 148000м^3 по чотирьох місткостях.

Загальний об'єм гноєсховищ при змивній системі перевищить загальний об'єм гноєсховищ при самопливній періодичній системі на 150000м^3 ((70000+148000) - (28000+40000)=150000м^3).

На практиці нерідко виправляються помилки проектних організацій що допускаються при проектуванні систем збору і видалення відходів свиноферм. Відхилення, що найбільш часто зустрічаються, від норм технологічного проектування таких систем наступні:

- порушення співвідношення довжини і ширини гнойових ванн;
- дно ванн робиться з ухилом, що призводить до швидшого стікання рідкої фракції стоку, і, як наслідок, накопичення опадів у віддалених місцях ванн;
- пробки гноєвидалення у ваннах розташовуються не по центру;
- об'єм ванн не відповідає двотижневій кількості гнойових стоків;
- кількість і об'єми гноєсховищ недостатні для біологічного знезараження гнойових стоків протягом 12 місяців;
- нехтують необхідністю розподілу гнойових стоків на тверду і рідку фракції.

Серед усього різноманіття рішень по видаленню відходів добре зарекомендувала себе технологія збору, видалення і зберігання гнойових стоків компанії «Фог Агротехнік» (Данія). В той же час на невеликих фермах або виробничих майданчиках не варто недооцінювати можливість транспортування гнойових стоків мобільним автотранспортом. Для цих цілей випускається великий спектр машин вітчизняного і зарубіжного виробництва.

Висновки. При будівництві і реконструкції сучасних ферм і комплексів в умовах зростаючого дефіциту енергоносіїв важливим питанням є впровадження енергозберігаючих технологій. Найбільш енергоємними показниками відрізняються системи опалювання і вентиляції. Витрати на них складають 45…50% від загальних витрат на устаткування по комплексу.

Перспективні напрями зниження енерговитрат при експлуатації свинарських підприємств: використання нетрадиційних джерел енергії, рекуперація тепла повітря, що видаляється.

Нетрадиційні джерела енергії представлені в першу чергу біопаливом, виробництво якого може здійснюватися на власній ресурсній базі. До таких джерел енергії відноситься замінник дизельного палива на основі рослинних олій, біогаз, що виробляється в метантенках, рідке і тверде паливо - продукти піролізу гнойових стоків і промислових відходів.

Окрім біопалива інтенсивно відроджуються і модернізуються джерела енергії засновані на силі вітру. Можливості ширшого застосування енергії вітру у свинарстві вимагає подальших наукових розробок. Дуже обмежене і сумнівне значення мають такі джерела енергії, як сонячна радіація. Висока вартість сонячних батарей нині не виправдовує себе.

Література

1. Болтянская Н. И. Пути развития отрасли свиноводства и повышение конкурентоспособности ее продукции / Н. И. Болтянская// Motrol: Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. – 2012. –Vol.14,No 3. – P.164-175.

2. Болтянская Н. И. Анализ основных направлений ресурсосбережения в животноводстве/ Н. И. Болтянская, О. В. Болтянский // Motrol: Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. – 2016. – Vol.18,No.1. – P. 49-54.

3.Стратегия энергосбережения Украины: Аналитико-справочные материалы: в 2–х т: Общие основы энергосбережения. – К: Академпериодика, 2006. – Т1. – 510 с.

4.Болтянська Н. І. Система чинників ефективного застосування ресурсозберігаючих технологій в молочному скотарстві на підприємстві / Н. І. Болтянська// Науковий вісник ТДАТУ. – Мелітополь, 2016. – Вип. 6, т.1. – С. 55-64.

5.Артемова Е. И. Экономические аспекты инновационного развития животноводства: автореф. дис. д-ра эк. наук / Е. И. Артемова. – Краснодар, 2008. – 45 с.

6. Болтянська Н. І. Показники оцінки ефективності застосування ресурсозберігаючих технологій в тваринництві / Н. І. Болтянська // Вісник Сумського НАУ. – Суми, 2016. – Вип. 10/3 (31). – С. 118-121. (Механізація та автоматизація виробничих процесів).

7. Стратегия энергосбережения Украины: Аналитико-справочные материалы в 2–х т: Общие основы энергосбережения. – К: Академпериодика, 2006. – Т1. – 510 с.

8. Повышение эффективности использования нетрадиционных источников энергии в животноводческом комплексе страны : [монография]/ Л. И. Грачева, Н. В. Брагинец, А. Н. Брагинец, С. Н. Брагинец.–Луганск: Элтон, 2008. – 652с.

9. Гальчак В. П. Альтернативные источники энергии. Энергия Солнца: навч. посібник /В. П. Гальчак, В. М. Боярчук. – Львів: ЛНАУ, 2008. –135с.

10.Кожамуратов Н. Ж. Эффективность производства продукции и снижение трудовых затрат в животноводстве / Н. Ж. Кожамуратов// Аграрная наука. – 2009. – № 11. – С. 20-22.

11.Karol,C. (2011). Instalacja zgazowujaca osuszony osad sciekowy.*Motrol: MotoryzacjaiEnergetykaRolnictwa, 13*, 80-93.

12.Гришко В. В. Енергозбереження в сільському господарстві (економіка, організація, управління) / В. В. Гришко, В. І. Перебийніс, В. М. Рабштина. – Полтава, 1996. – 280 с.

13. Сайт AGRORU.COM – торговая система [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.agroru.com/doska/647216.htm.

14. Макарцев Н. Г. Технология производства и переработки животноводческой продукции / Н. Г. Макарцев. – Калуга: Манускрипт, 2005. – 198 с.

15. Смирнова В. Конкурентоспособность продукции свиноводства в условиях роста цен на зерно / В. Смирнова // АПК: экономика, управление. – 2009. – № 3. – С. 55-59.

16.Методика расчета и проектирования генеральных планов животноводческих ферм и комплексов: методические указания / Д.Ф. Кольга [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2010. – 72 с.

17.Скляр О. Г. Механізація технологічних процесів у тваринництві: навч. посібник / О. Г. Скляр, Н. І. Болтянська. – Мелітополь: Колор Принт, 2012. – 720 с.

18. Полищук В. Ископаемые топливо–энергетические ресурсы. / В. Полищук// Motrol: Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. – 2012. – Vol. 14. – P. 126-139.

19.Дубровин В. О. Обоснование параметров биотехнологического процесса компостирования подстилочного гноя и оборудование для его реализации / В. О. Дубровин// Motrol: Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. – 2010. – Vol. 12.– P. 27–34.

20.Нечаев В. Разработка направлений инновационного развития животноводства / В. Нечаев, Е. Артемова, С.Фетисов// Экономика сельского хозяйства России. – 2009. – № 12. – С. 38–48.

ПУТИ СОЗДАНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА В УСЛОВИЯХ РАСТУЩЕГО ДЕФИЦИТА ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ В ОТРАСЛИ СВИНОВОДСТВА

Болтянская Н. И., Болтянский О. В.

Аннотация

Аграрный сектор - один из крупнейших потребителей энергии в Украине. Поэтому, с точки зрения стратегии рационального использования энергетических ресурсов и повышения энергоэффективности аграрного сектора Украины, в частности животноводства, необходимо осуществить экономическое обоснование стратегии энергосбережения, вывести на украинский аграрный рынок современные инновационные системы строительства, технологий и материалов; определить направления возможного использования нетрадиционных возобновляемых источников энергии в животноводческой отрасли. Рассматривая затраты энергии только в животноводческой отрасли сельскохозяйственного производства, можно отметить основную закономерность: на единицу продукции затраты увеличиваются. Учитывая, что процессы производства продукции животноводства преимущественно осуществляются в стационарных условиях, создаются благоприятные возможности для использования электроэнергии. При этом в структуре энергетических ресурсов, используемых в животноводстве, значительно возрастает роль альтернативных источников возобновляемой энергии - водной, ветровой, солнечной, энергии биогаза. В статье рассмотрены пути внедрения энергосберегающих технологий для создания микроклимата при строительстве и реконструкции современных свиноводческих ферм и комплексов в условиях растущего дефицита энергоносителей, определены пути снижения энергозатрат при эксплуатации свиноводческих предприятий, рассмотрены различные способы построения энергосберегающих систем микроклимата приведен анализ теплопотерь с свиноводческих помещений, уделено внимание энергосберегающим системам микроклимата, основанным на сокращении теплопотерь с вентиляционными выбросами и через ограждающие конструкции, а также на использовании нетрадиционной энергии и применяемым в настоящее время в отечественной практике способам и технологиям удаления навоза из свиноводческих помещений.

WAYS OF CREATING OPTIMUM PARAMETERS MICROCLIMATE IN CONDITIONS OF GROWING DEFICIT ENERGY CARRIERS IN THE INDUSTRY OF PIGINDER

N. Boltyanska, O. Boltyanski

Summary

The agricultural sector is one of the largest energy consumers in Ukraine. Therefore, from the point of view of the strategy of rational use of energy resources and increasing the energy efficiency of the agrarian sector of Ukraine, in particular livestock, it is necessary to carry out an economic justification for the energy saving strategy, to introduce modern innovative construction systems, technologies and materials to the Ukrainian agrarian market; determine the direction of the possible use of non-traditional renewable energy sources in the livestock sector. Considering the energy costs only in the livestock sector of agricultural production, we can note the main regularity: per unit of production costs increase. Taking into account that the processes of livestock production are mainly carried out under stationary conditions, favorable opportunities for the use of electricity are created. At the same time, the role of alternative sources of renewable energy - water, wind, solar, biogas energy - increases significantly in the structure of energy resources used in livestock production. The article considers the introduction of energy-saving technologies for the creation of a microclimate in the construction and reconstruction of modern pig farms and complexes in the conditions of growing energy deficit, ways of reducing energy costs in the operation of pig-breeding enterprises are determined, various methods for constructing energy-saving microclimate systems are given, heat losses from pig-breeding premises are analyzed, attention is paid to energy-saving systems of microclimate, based on the reduction of heat loss from the ve and emission barriers, as well as on the use of unconventional energy and currently used in domestic practice, methods and technologies for the removal of manure from pig-breeding premises.

Keywords: pig breeding, animal husbandry, energy saving technologies, heating system, ventilation system, wind power, biofuels, manure removal methods, manure removal technology.

УДК 631.363.28:631.333.92 DOI: 10.31388/2220-8674-2018-2-8

АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ШЕСТЕРЕННИХ ПРЕСІВ-ГРАНУЛЯТОРІВ

Болтянська Н. І., к.т.н.
Таврійський державний агротехнологічний університет
E-mail: nataliia.boltianska@tsatu.edu.ua
Тел.: +38(067)-681-32-41

Анотація – питання переробки пташиного посліду – одне з найактуальніших в світі з точки зору екології. У світі існує кілька напрямків переробки посліду. Кожен з цих напрямків має в більшій чи меншій мірі свої переваги. Всі вони поки не виправдані ні з економічної, ні з екологічної точки зору. Вихід з цієї проблеми можна знайти в гранулюванні посліду. З ряду причин (ціна, енергоємність, специфіка роботи з біомасою, тощо) виникає необхідність розробки прес-гранулятора власної конструкції. З метою розробки конструкції прес-гранулятора для переробки біомаси на пресоване біодобриво та паливні гранули, надана схема поділу шестеренних пресів-грануляторів за основними ознаками. Проаналізовано основні праці науковців, присвячені дослідженням роботи шестеренних пресів-грануляторів. Визначено шляхи підвищення продуктивності і надійності прес-грануляторів з кільцевої матрицею, зниження енергоємності процесу гранулювання і трудомісткості обслуговування робочих органів, забезпечення можливості регулювання якості одержуваних гранул: оптимізація числа (для пресуючих роликів) і геометричних розмірів робочих органів пресуючого механізму; оптимізація конструкції кільцевої матриці (переважно оптимізації параметрів філь'єр); вдосконалення конструктивного виконання нерівностей на циліндричній поверхні обичайки пресує ролика; вдосконалення конструкції водила пресуючих роликів; оптимізації пристроїв, що забезпечують вирівнювання шару матеріалу під пресуючими роликами; розробка систем регулювання мінімальної висоти шару пресованого матеріалу (мінімального зазору) між пресуючими роликами і кільцевої матрицею і силових навантажень на робочі органи і пресуючий механізм; вдосконалення системи кріплення кільцевої матриці до планшайби прес-гранулятора та виявлено комплекс конструктивних і технологічних недоліків конструкцій прес-грануляторів. Сформульовані вимоги, що висуваються до конструкції обмежувальних кілець при розробці прес-гранулятора з торцевим обмеженням клиновидного простору.

Ключові слова: **гранулювання, шестеренний прес-гранулятор, конструкція, підвищення продуктивності, підвищення надійності, переваги, недоліки.**

Постановка проблеми. Питання переробки пташиного посліду одне з найактуальніших в світі з точки зору екології. Сучасні

© Болтянська Н. І.

птахівницькі комплекси є виробниками не тільки м'яса і яєць птиці, але і
відходів, причому в кількості набагато більшому, ніж основної продукції. Найбільша питома вага серед них належить посліду.

На території птахофабрик та інших підприємств щодоби накопичується послід. Утилізація пташиного посліду перетворилась в важко вирішувану проблему, оскільки переробка вимагає грошових коштів, наявності площ під зберігання посліду і сільськогосподарських угідь під внесення отриманих добрив та ін. Птахофабрики виробляють послід-сировину, яку не можна продати дорого, але якщо випустити високотехнологічну, з високою доданою вартістю продукцію, ситуація зміниться. Залежно від утримання птиці, утворюється як твердий послід з вологістю 65-76%, так і рідкий з вологістю 95-96%. Відомо, що в середньому одна особина на добу виробляє 50-150 г і більше посліду. При вирощуванні бройлерів на кожен 1 кг отриманого м'яса додатково отримують 3 кг посліду [1-3].

Якщо за один рік від однієї курки-несучки одержують 250-300 шт. яєць (15-18 кг), то за той же період курка виділяє більше 18-55 кг посліду вологістю 65-75%. Нескладні підрахунки дозволяють визначити масу виробленого посліду. Таким чином, маса виробленого посліду на порядок перевищує масу м'ясної або яєчної продукції [1, 4].

Це природна сировина становить реальну небезпеку забруднення навколишнього середовища. У разі несвоєчасної переробки послід стає джерелом забруднення навколишнього середовища (атмосфери, водойм, ґрунтів, підземних вод). У світі існує кілька напрямків переробки посліду. Кожен з цих напрямків має в більшій чи меншій мірі свої переваги. Всі вони поки не виправдані ні з економічної, ні з екологічної точки зору. Вихід з цієї проблеми можна знайти в гранулюванні посліду. На даному етапі постає очевидне питання – який гранулятор обрати? Можна обрати вже розроблений. Але з ряду причин (ціна, енергоємність, специфіка роботи з біомасою, тощо) було вирішено розробити і виготовити гранулятор власної конструкції. З метою розробки конструкції прес-гранулятора для переробки біомаси на пресоване біодобриво та паливні гранули необхідно провести аналіз існуючих прес-грануляторів. Вирішенню цього питання присвячена дана стаття.

Аналіз останніх досліджень. Широке використання для виготовлення паливних гранул у промисловості знаходять іноземні прес-гранулятори. Основним недоліком конструкції гранулятора SKJ виробництва Zhangqiu Yulong Machine є низька продуктивність (до 0,8 тон/год) та наявність ручного двоступінчастого регулювання вузла гранулювання. Значною мірою позбавлена вказаних недоліків конструкція гранулятора ОГМ 1.5, що має одноступінчасту систему

керування та більш високу продуктивність (до 3 тон/год). Конструкція гранулятора AMANDUS виробництва KAHL Group має автоматичну систему керування положенням ролика відносно матриці та продуктивність до 5 тон/год. Проте зазначена конструкція вимагає окремого джерела стисненої рідини для гідроприводу системи керування, додаткових вимірювальних та силових засобів, що призводить до здороження гранулятора майже в 5 разів по відношенню до ОГМ 1.5. У сучасній класифікації пресуючих механізмів видавлюючого типу виділяють прес-гранулятори з циліндричними робочими органами, в яких виключається прослизання. Це шестеренні прес-гранулятори з внутрішнім зубчастим зачепленням колеса-матриці і пресуючих коліс [5-8].

Дослідженням роботи шестеренних пресів-грануляторів присвячені наукові праці В. І. Щербини [9], Ю.А. Сімакіна [10], А.Ф. Зоріна, С.А. Белоконова [11], Е.А. Ладигіна [12] та інших дослідників. За їхніми даними істотний інтерес і перспективність представляють шестеренні гранулятора кормів. Проте, незважаючи на накопичений практичний досвід, завдання щодо створення конкурентоспроможних конструкцій грануляторів для переробки біомаси на пресоване біодобриво та паливні гранули ще не розв’язане та потребує подальшого дослідження.

Результати і обговорення. Паливні гранули мають значні переваги порівняно з традиційними видами палива. Так для їх виробництва витрачається близько 3% енергії, при цьому під час виробництва нафти ці енерговитрати становлять близько 10%, а при виробництві електроенергії – 60%, їх теплотворна здатність коливається у межах від 4,5 до 5,0 кВт/кг, що в 1,5 рази більше, ніж у звичайної деревини і вугілля. При спалюванні 2000 кг паливних гранул виділяється стільки ж теплової енергії, як і при спалюванні 3200 кг деревини, 957 м^{3}газу, 1000 л дизельного палива та1370 л мазуту. Горіння паливних гранул в топці котла відбувається більш ефективно – кількість залишків (золи) не перевищує меж від 0,5 до 1,0% від загального об’єму використаного палива. При спалюванні паливні гранули не впливають негативно на оточуюче середовище [8, 13-16].

Разом з тим пресове гранулювання - це енергоємний процес і актуальність його вдосконалення досить висока. Одним з доцільних шляхів вдосконалення процесу пресового гранулювання є розробка нових і оптимізація існуючих конструкцій прес-грануляторів.

В Україні і за кордоном найбільш поширені вальцьово-матричні прес-гранулятори з активною кільцевої матрицею і пасивними пресуючими роликами. Однак за останнє двадцятиріччя конструкції таких пресуючих механізмів хоча і досягли більш високого технічного

рівня, але за структурними ознаками змінилися незначно. Шестеренні гранулятори виділені окремо, так як вони поєднують безперервний процес порційного гранулювання матеріалу. Найбільш детальна схема поділу шестеренних пресів-грануляторів за основними ознаками приведена в відомих роботах С.В. Щербини [9]. Ними запропоновано поділ пресів:

- за способом формування гранул - на ті, що формують і ті, що видавлюють;
- за способом приводу робочих органів - на преси з колесами що поєднують функції гранулювання матеріалу і передачі їм обертального моменту та преси з відокремленою функцією обертання коліс від паралельної передачі;
- за способом зачеплення шестерень на два типи – з внутрішнім і зовнішнім зачепленням;
- за типом впливу зубів коліс гранулятора на матеріал - на преси лопатевого і плунжерного типів. Зубчасті колеса з лопатевим впливом на корм упресовують його боковою поверхнею зуба, а з плунжерним – головкою зуба;
- по розташуванню пресуючих коліс - на преси з вертикальним або горизонтальним компонуванням робочих органів.

Шестеренні гранулятори здійснюють переробку великого набору сировини, при цьому у багатьох з них немає можливості здійснювати регулювання каналу пресування, через що енергоємність у таких пристроїв завищена.

У брикетуванні рослинних матеріалів Ю.А. Сімакін [10] першим застосував зубчасті колеса. Одночасно з пресуванням зубчасті колеса його преса передавали обертальний момент (рис. 1).

Їм отримана залежність щільності пресованого матеріалу від кута повороту пресуючих коліс, яка має вигляд:

$$\rho = \gamma \frac{r_e^2\left(\frac{\pi}{2z} + \sin\alpha_e - inv\alpha\right) - \frac{r_0^2}{3}(\alpha_e + inv\alpha_e) - }{r_0^2\left[\frac{\pi}{z}\varphi^2 - \frac{2\pi}{z}\left(\mathrm{tg}\,\alpha - \frac{\pi}{z}\right)\varphi + \frac{\pi}{z}\left(1 + 2tg^2\alpha - \frac{2\pi}{z}\mathrm{tg}\,\alpha + \frac{4\pi^2}{3z^2}\right) - \frac{1}{3}tg^3\alpha_e\right] -}$$

$$\frac{-r_з^2\left(\frac{\pi}{2z} - inv\alpha\right)}{-r_e^2\left(\frac{\pi}{2z} + inv\alpha - inv\alpha_e\right) - z_з^2\left(\frac{\pi}{2z} - inv\alpha\right)}$$

де γ – насипна маса корму, кг / м^3;

r_e, r_0, $r_з$ – радіуси кіл відповідно верхніх зубів, основний і заходу зубів у западини коліс, м;

z – число зубів коліс;

a – кут зачеплення зубчастих коліс, рад.;

α – кут радіус-вектору евольвенти в вершині зуба колеса, рад.;

φ – кут повороту зубчастих коліс, рад..

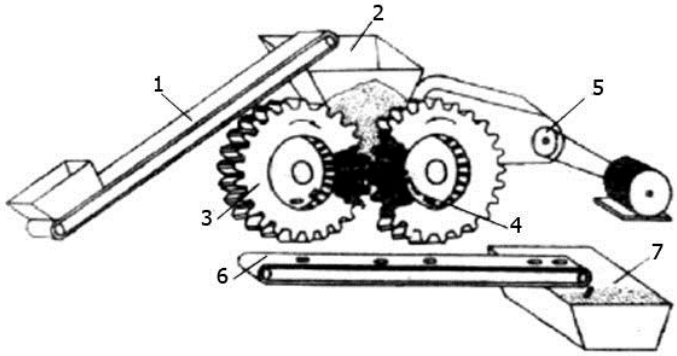


Рис. 1. Схема лабораторно-виробничої установки Ю.А. Сімакіна:
1 і 6 – завантажувальний і вивантажувальний стрічковий транспортери; 2 – завантажувальний бункер; 3 – пресувальні зубчасті колеса; 4 – ніж обламувальний; 5 – привід преса;
7 – ємність накопичувача.

Зусилля стиснення за його даними варіює відповідно зміни площі западин між зубами:

$$q_{см} = \gamma \frac{k_0 \gamma S_b}{\rho_k \left(S_{зп} - \frac{\gamma}{\rho_к} S_b\right)}$$

де $S_в$ і $S_{зп}$– первісна і поточна площі поперечного перерізу западин, м^2.

Пропускну здатність такого зубчастого гранулятора пропонується їм визначати за формулою:

$$\varphi = \text{Bz}\omega\gamma K_з K_б \frac{1}{\pi}\left[r_e^2\left(\frac{\pi}{2z} + inv\,\alpha_e - inv\alpha\right) - \frac{r_0^2}{3}(\alpha_e - inv\alpha_e)^2 - r_0^2\left(\frac{\pi}{2z} - inv\alpha\right)\right]$$

де B – ширина, м;

ω– кутова швидкість зубчастих коліс, с$^{-1}$;

$K_з$– коефіцієнт заповнення западин;

$K_б$– коефіцієнт брикетування (частка готових гранул від маси поданого корму).

Відомо також вираз і для визначення довжини пресувальних отворів:

$$L_0 = \frac{S_b}{Uf\delta}$$

де S_0– площа перетину, м^2;

U– периметр перетину, м;

f– коефіцієнт тертя;

δ– коефіцієнт бокового тиску.

У дослідженнях Ю.А. Сімакіна застосовувалася нова компоновка філь’єр в западинах - строго радіальний отвір подовжено округлий,

що підвищує коефіцієнт живого перетину. Зубчастий вінець пресуючих коліс був стандартним евольвентним, зміщення профілю рейки не передбачалося. На пресі застосовувалися рівновеликі зубчасті колеса. Визначено закономірність зміни питомої енергоємності гранулятора кормів від швидкості обертання пресуючих коліс, модуля зачеплення і кількості зубів. За результатами досліджень Ю.А. Сімакіна використання такого преса знижує енергоємність пресування люцерни на 30%.

Певний інтерес в аналізі роботи пресів представляє і робота Е.А. Ладигіна [12], присвячена так само шестеренним грануляторам. У ній розглядалося виробництво кормових гранул із суміші лікарських препаратів і подрібненого зерна. Вперше Е.А. Ладигін визначив стадії пресування: лінеарного стиснення зубами і стиснення корму в міжзубовому просторі матриць. Автором було відзначено явище розширення втиснутої порції матеріалу в каналі пресування при виході її з каналу пресування.

Їм отримана математична модель пресування досліджуваної кормової суміші зубчастими колесами при варіюванні модуля зубів в межах 8...16 мм, вологості 13...21% і числа обертів зубчастих коліс 20...40 хв$^{-1}$:

$$Э=30,79321+1,57431m+0,6n-575,379Q-17,95875mQ-6,4125nQ+4863,2Q^2$$

де $Э$– енергоємність пресування, кВт/кг;

m– модуль зубів, мм;

n– частота обертання робочих коліс, хв$^{-1}$;

Q– подача суміші, кг/с.

За нею оптимальними співвідношеннями параметрів є: частота обертання пресуючих коліс 29,05 ... 31,45 хв$^{-1}$, модуль 16 мм, а подача матеріалу 0,0969 ... 0,1053 кг/с.

Е.А. Ладигін запропонував і залежність для визначення моменту опору обертанню робочих органів досліджуваного преса:

$$M_c = \frac{aBД^2\varphi P_0 f}{4e^{2a\rho_0}} e^{2a\rho_0\lambda}$$

де B– ширина колеса, м;

a, P_o– постійні;

$Д$– діаметр колеса, м;

φ– кут повороту, рад;

f – коефіцієнт тертя;

λ– ступінь стиснення;

ρ_o– щільність (насипна маса) кормової суміші, кг/м^3.

Необхідно відзначити, що в основному відомі дослідження шестеренних пресів-грануляторів присвячені зубчастим колесам з традиційним евольвентним зачепленням.

Робота С.А. Белоконова [11] присвячена також вивченню процесу гранулювання кормів шестеренним пресом, приготування гранул з кормових сумішей зернових культур. Їм отримана регресійна математична модель стиснення кормів у вигляді рівнянь для визначення роботи стиснення (питомої):

$$W_{уд} = 122{,}2323 - 3{,}69221 - 0{,}2824l - 0{,}2183T - 0.6902B - (53{,}71il - 64{,}12iT + 38{,}46Bi - 13{,}44lT + 12{,}70lB - 18{,}75TB - 853{,}6i^2 - 12{,}11B^2)10^{-4}$$

та розкрошуваності гранул:

$$K = 18{,}18 - 0{,}6169i - 0{,}0438l - 0{,}0174T - 0{,}3259B - 0{,}0175Bi + 0{,}019i^2 + 9{,}637 \cdot 10^{-4}B^2$$

де B– вологість суміші;

l– довжина частинок матеріалу;

T– температура;

i– масова частка комбікорми.

Отримані залежності дозволяють визначити ступінь зволоження вихідної сировини для зниження роботи його стиснення. За його даними використання криволінійних камер пресування прискорює релаксацію напружень в стислому матеріалі і дозволяє підвищити пропускну здатність шестеренного преса на 32...36%.

Одержувані ним при температурі 70°С, вологості вихідної сировини 19...21%, довжини частинок кормів 0,5...0,7 см і масової, максимально можливої за рецептурою, частки комбікорми, гранули відповідали встановленим стандартами показниками якості.

Аналіз роботи А.Ф. Зоріна [11] по дослідженню процесу стиснення кормового матеріалу шестеренним пресом з лопатевим впливом на кормосуміш показав, що можливе підвищення його продуктивності за рахунок збільшення щільності в западину корми і сумарного об'єму цих западин. При цьому необхідно застосування максимального значення модуля, позитивного зміщення вихідного профілю зубів і максимальної висоти зуба.

Збільшення питомої пропускної здатності преса на 20...23% з зубчастими колесами при поєднанні функцій А.Ф. Зорін пояснює підвищенням маси матеріалу, що подається в матричний канал, поліпшенням конструкції зубчастого вінця і траєкторії переміщення зуба в западині. Для зубчастих коліс з відокремленої функцією збільшення пропускної здатності отримано їм в межах 35 ... 45%.

Він рекомендує роботу преса при наступних параметрах: діаметр зубчастого колеса по ділильній окружності 0,45...0,48 м; модуль зуба

15…16 мм; кут їх зачеплення 15°; висота головки зуба - максимальна; зміщення вихідного профілю зубів +0,25; матричний канал з кутом нахилу 21°; частота обертання матриць 26,8 в $хв^{-1}$ при розкрошуваності гранул до 20%. Ці параметри зубчастих матриць забезпечують енергоємність стиснення матеріалу не більше 36 кДж/кг, причому вона практично незмінна була для досліджених їм конструктивних варіантів зубчастих коліс.

У дослідженні Ж.В. Матвейкіної [17] розроблена технологія і обґрунтовані параметри преса для приготування жирозбагачених гранул. Зроблено обґрунтування геометрії і кінематики робочих органів гранулятора, що забезпечують зниження енергоємності процесу і збільшення питомої продуктивності шестеренного гранулятора. Ж.В. Матвейкіна показала можливість отримання гранул з межею міцності при стисненні 1,6...2,0 МПа і щільності їх 1000...1100 кг/$м^3$ при прийнятному рівні розкрошуваності. Об'ємна питома подача суміші зубчастими колесами за її даними оптимальна при поєднанні наступних параметрів: модуль зуба (евольвентного) 0,013 м, кут їх зачеплення 10°, коефіцієнт зміщення профілю рейки в діапазоні 0,14...0,18. При цьому коефіцієнт висоти у головки зуба рекомендований близько 0,5.

Однак процес гранулювання у них має ряд істотних особливостей, які ще недостатньо досліджені, і такі прес-гранулятори серійно не випускаються. З метою підвищення продуктивності прес-гранулятора, зниження енергоємності процесу, збільшення довговічності робочих органів і поліпшення якості готового продукту Кириленко А.С. і Ковріков І.Т. [18] розробили конструкцію прес-гранулятора, в якій запобігається прослизання пресуючих роликів щодо контактної поверхні матриці при збереженні переваг торцевого обмеження клиновидного простору.

У даній конструкції до планшайби і конусного пристрою також прикріплені змінні обмежувальні кільця, але вони виконані у вигляді зубчастих вінців з внутрішніми зубами, а кожен пресуючий ролик, встановлений на водилі з можливістю обертання щодо своєї нерухомої осі, з боку торців оснащений жорстко з'єднаними з ним змінними циліндричними шестернями. Таким чином, обмежувальні кільця і циліндричні шестерні утворюють внутрішнє зубчасте зачеплення, забезпечуючи жорсткий кінематичний зв'язок між матрицею і пресуючими роликами прес-гранулятора. При цьому зміна мінімального зазору між контактними поверхнями матриці і пресуючих роликів в процесі роботи прес-гранулятора визначається можливостями зубчастого зачеплення обмежувальних кілець і циліндричних шестерень і здійснюється системою регулювання

зазору в межах допустимих відхилень величини міжосьової відстані в зубчастому зачепленні.

Завдання щодо підвищення продуктивності і надійності прес-грануляторів з кільцевої матрицею, зниження енергоємності процесу гранулювання і трудомісткості обслуговування робочих органів, забезпечення можливості регулювання якості одержуваних гранул вирішуються в основному за рахунок: оптимізації числа (для пресуючих роликів) і геометричних розмірів робочих органів пресуючого механізму; оптимізації конструкції кільцевої матриці (переважно оптимізації параметрів філь'єр); вдосконалення конструктивного виконання нерівностей на циліндричній поверхні обичайки пресує ролика; вдосконалення конструкції водила пресуючих роликів; оптимізації пристроїв, що забезпечують вирівнювання шару матеріалу під пресуючими роликами; розробки систем регулювання мінімальної висоти шару пресованого матеріалу (мінімального зазору) між пресуючими роликами і кільцевої матрицею і силових навантажень на робочі органи і пресуючий механізм; вдосконалення системи кріплення кільцевої матриці до планшайби прес-гранулятора.

Морфологічний аналіз конструкцій, аналіз результатів параметричного синтезу існуючих і знову проектованих прес-грануляторів з кільцевої матрицею, а також аналіз результатів експериментальних досліджень робочого процесу в них, дозволяє виявити комплекс конструктивних і технологічних недоліків і вирішити окремі завдання структурного синтезу з удосконалення конструкцій розглянутих прес-грануляторів.

Так, одним із суттєвих недоліків в робочому процесі прес-грануляторів з кільцевої матрицею є бічне видавлювання пресованого матеріалу (переміщення матеріалу в напрямку торців робочих органів і його видавлювання за межі області контакту), яка зумовлена тим, що контактні поверхні матриці і кожного з пресуючих роликів утворюють незамкнутий клиновидний простір. Як випливає з аналізу напружено-деформованого стану пресованого матеріалу в клиновидному просторі, бічне видавлювання особливо виражено в зоні відставання і менш інтенсивно - в зоні видавлювання в філь'єри матриці. Однак в теорії і методиці розрахунку прес-грануляторів з кільцевої матрицею бічне видавлювання не враховується.

В результаті бокового видавлювання значно знижується продуктивність прес-гранулятора. Частина матеріалу, видавленого за межі робочої області, надходить на повторне стиснення, що збільшує енерговитрати на гранулювання. Через бокове видавлювання має місце нерівномірний розподіл контактних напружень по ширині робочих органів, яке є причиною погіршення умов надходження

пресованого матеріалу в зону відставання різної продуктивності в крайніх і центральних філь’єрах матриці, неоднакової якості гранул в них і нерівномірного експлуатаційного зносу по ширині матриці і обичайок пресуючих роликів. Процес пресування без бокового видавлювання можливий тільки в умовах, коли контактні поверхні робочих органів прес-гранулятора утворюють замкнутий контур поперечного перерізу шару продукту. Це може бути забезпечено шляхом створення додаткових торцевих контактних поверхонь, що дозволяють реалізувати в клиновидному просторі схему плоского деформованого стану пресованого матеріалу.

З цією метою Кириленко А.С. і Ковріковим І.Т. була запропонована конструкція прес-гранулятора, в якому до планшайби і конусному пристрою для подачі сировини прикріплені змінні кільця, що обмежують торцеві поверхні шару пресованого матеріалу. Бічні поверхні обмежувальних кілець, звернені до торців пресуючих роликів, які контактують з продуктом, утворюють з внутрішньої циліндричної поверхнею матриці кільцеву порожнину з вхідними всередину неї пресуючими роликами [18].

При розробці прес-гранулятора з торцевим обмеженням клиновидного простору були сформульовані вимоги, що висуваються до конструкції обмежувальних кілець: обмежувальні кільця не повинні бути пов'язані з матрицею прес-гранулятора; повинна бути забезпечена можливість зміни висоти торцевих контактних поверхонь обмежувальних кілець для однієї і тієї ж матриці (шляхом швидкої заміни кілець); повинна бути забезпечена можливість регулювання зазору між бічними поверхнями обмежувальних кілець і торцями пресуючих роликів; повинна бути забезпечена можливість зміни опору видавлювання матеріалу через вищевказаний зазор за рахунок регулювання величини або оптимізації його форми (контактна поверхня обмежувальних кілець вертикальна, похила, циклоїдальних і ін.); контактні поверхні обмежувальних кілець повинні бути шорсткими або мати некрізну перфорацію; пристрій не повинно ускладнювати експлуатацію прес-гранулятора.

Крім того, важливо відзначити, що в прес-грануляторах, оснащених обмежувальними кільцями, стає більш актуальним застосування автоматичних систем регулювання мінімального зазору між пресуючими роликами і кільцевої матрицею.

В результаті торцевого обмеження клиновидного простору додатковими контактними поверхнями у вигляді змінних обмежувальних кілець забезпечується:

• підвищення продуктивності прес-гранулятора за рахунок повного або часткового запобігання бічного видавлювання при сталому процесі роботи;

• підвищення продуктивності прес-гранулятора в умовах плоскої деформації пресованого матеріалу за рахунок збільшення окружної протяжності області його контакту з робочими органами, створення оптимальних умов його надходження в зону відставання і розширення меж зони видавлювання в філь'єри матриці при тому ж опорі філь'єр;

• зниження енергоємності процесу пресового гранулювання за рахунок виключення енерговитрат на повторне стиснення частини матеріалу, що видавлюється за межі робочої області в прес-грануляторі з незамкнутим клиноподібним простором;

• збільшення довговічності робочих органів, вирівнювання продуктивності в крайніх і центральних філь'єрах матриці і механічного якості гранул в них за рахунок вирівнювання епюри контактних напружень по ширині кільцевої матриці і обичайок пресуючих роликів, а також внаслідок вирівнювання шару пресованого матеріалу перед пресуючими роликами.

Іншим суттєвим недоліком прес-грануляторів з кільцевої матрицею є можливість прослизання пресуючих роликів щодо контактної поверхні матриці (працює в режимі буксування), що обумовлено фрикційною передачею обертання від активної матриці пасивним пресуючим роликам через шар пресованого матеріалу [18].

Прослизання передбачає, що дійсна кутова швидкість пресуючого ролика менше його теоретичної кутової швидкості.

Явище ковзання сприяє накопиченню пресованого матеріалу перед пресуючими роликами, перешкоджає формуванню стійкого валика сировини, що гранулюється на вході в зону відставання, внаслідок чого знижується продуктивність прес-гранулятора. Процес гранулювання в цьому випадку характеризується додатковим перетиранням сировини (що має визначену відповідно до технологічних вимог ступінь подрібнення), а також підвищеної ділатансії пресованого матеріалу. В результаті збільшуються енерговитрати на гранулювання, знижується однорідність структурно-механічних властивостей сировини, погіршуються якісні показники гранул. Прослизання робочих органів викликає інтенсивний і нерівномірний знос їх контактних поверхонь.

Біомаса в процесі гранулювання є суцільною реологічною системою, яка передбачає можливість часткового відновлення форми і розмірів матеріалу після зняття навантаження. Під час інтенсивного ущільнення до 30-40 МПа в каналах матриці протікають процеси внутрішнього тертя і сухої дифузії між частинками розмірами 1-5 мм, в результаті підвищується температура до 90-100 °С, а лігнін, що міститься в біомасі, розм'якшується, склеює частинки у щільні вироби циліндричної форми та сприяє утворенню захисної плівки на поверхні гранул [1-6]. Для виготовлення паливних гранул необхідно

забезпечити такі режимні параметри: тиск, температура, витрати води та пари. Разом з тим, в прес-гранулятори часто надходять сировинні компоненти, які різняться фізичним походженням, фракційним складом, вологістю тощо. Отже, ретельне виконання технологічних процесів є запорукою отримання переваг і подальшого розвитку виробництв біопаливних гранул. Проведений нами аналіз шестеренних пресів-грануляторів та експериментальні дані дають змогу зробити висновок, що шестеренні преси-гранулятори мають певні недоліки при роботі з біомасою і їх не доцільно використовувати для виготовлення паливних гранул з біомаси і подальші дослідження треба проводити по матричним прес-грануляторам.

Висновки. В результаті проведених досліджень з метою розробки конструкції прес-гранулятора для переробки біомаси на пресоване біодобриво та паливні гранули, проаналізовані основні праці науковців, присвячені дослідженням роботи шестеренних пресів-грануляторів, визначені шляхи підвищення продуктивності і надійності прес-грануляторів з кільцевої матрицею, зниження енергоємності процесу гранулювання і трудомісткості обслуговування робочих органів, забезпечення можливості регулювання якості одержуваних гранул; виявлені комплекс конструктивних і технологічних недоліків і вирішені окремі завдання структурного синтезу з удосконалення конструкцій прес-грануляторів. Сформульовані вимоги, що висуваються до конструкції обмежувальних кілець, при розробці прес-гранулятора з торцевим обмеженням клиновидного простору.

Аналіз шестеренних пресів-грануляторів та експериментальні дані дають змогу зробити висновок, що шестеренні преси-гранулятори мають певні недоліки при роботі з біомасою і їх не доцільно використовувати для виготовлення паливних гранул з біомаси і подальші дослідження треба проводити по матричним прес-грануляторам.

Література

*1.*Скляр О. Г. Механізація технологічних процесів у тваринництві: навч. посібник / О. Г. Скляр, Н. І. Болтянська. – Мелітополь: Колор Принт, 2012. – 720 с.

2. Болтянская Н. И. Анализ основных направлений ресурсосбережения в животноводстве/ Н. И. Болтянская, О. В. Болтянский // Motrol. Commission of motorszation and energetycs in agriculture. – 2016. – Vol.18, No.1. – P. 49-54.

3. Біоенергія в Україні – розвиток сільських територій та можливості для окремих громад: науково-методичні рекомендації / В. О. Дубровін [та ін.]. – К: НУБіП України, 2009. – 122 с.

4. Болтянська Н. І. Забезпечення високоефективного функціонування технологічного процесу приготування і роздавання кормів у тваринництві /Н. І. Болтянська // Науковий вісник ТДАТУ.– Мелітополь, 2014. – Вип. 4. т.1, – С. 16-22.

5.Болтянська Н. І. Показники оцінки ефективності застосування ресурсозберігаючих технологій в тваринництві / Н. І. Болтянська// Вісник Сумського НАУ. – Суми, 2016. – Вип. 10/3 (31). – С. 118-121. – (Механізація та автоматизація виробничих процесів).

6. Братішко В. В. Узгодження конструкційних параметрів матриць гвинтових грануляторів кормів за тиском та пропускною здатністю / В. В. Братішко // Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. – 2014. – Вип. 27. – С. 187-191.

7. Машины и оборудование для производства комбикормов: справочное пособие / В. А. Шаршунов [и др.]. – Минск: Экоперспектива, 2005. – 487с.

8. Курка Р. Р. Особливості технології формування паливних гранул з подрібненої деревини листяних порід / Р. Р. Курка // Науковий вісник НЛТУ України. – Львів, 2011. – Вип. 21. – С. 132-136.

9. Щербина В. И. Ресурсосберегающие процессы гранулирования и брикетирования кормов шестеренными прессами: дис. … докт. техн. наук : 05.20.01 / В. И. Щербина. – Зерноград, 2004. –376 с.

10. Симакин Ю. А. Исследование процесса брикетирования кормов зубчатым рабочим органом: дис. … канд. техн. наук / Ю. А. Симакин. – Зерноград, 1977. – 201 с.

11. Белоконов С. А. Анализ факторов производительности шестеренного гранулятора / С. А. Белоконов, А. Ф. Зорин, В. И. Щербина // Совершенствование процессов и технических средств в АПК. – Зерноград, 1999. – С. 48–51.

12. Ладыгин Е. А. Технология и пресс для гранулирования кормолекарственных смесей: дис. … канд. техн. наук / Е. А. Ладыгин. – Зерноград, 1992. – 159с.

13. Альтернативна енергетика: навч. посібник /М. Д. Мельничук[та ін.]. – К.: Аграр Медіа Груп, 2011. – 612 с.

14. Болтянська Н. І. Показники оцінки ефективності застосування ресурсозберігаючих технологій в тваринництві / Н. І. Болтянська// Вісник Сумського НАУ. – Суми, 2016. – Вип. 10/3 (31). – С. 118-121.(Механізація та автоматизація виробничих процесів).

15. Стратегия энергосбережения Украины: Аналитико-справочные материалы в 2–х т: Общие основы энергосбережения. – К: Академпериодика, 2006. – Т1. – 510 с.

16. Гришко В. В. Енергозбереження в сільському господарстві (економіка, організація, управління) / В. В Гришко, В. І. Перебийніс, В. М. Рабштина. – Полтава, 1996. – 280 с.

17. Матвейкина Ж. В. Совершенствование технологии и параметров гранулятора для приготовления жирообогащенных кормов: дис. … канд. техн. наук : 05.20.01 / Ж.В. Матвейкина. – Зерноград, 2004. – 148 с.

18. Кириленко А. С. Структурное совершенствование вальцово-матричных пресс-грануляторов с кольцевой матрицей / А. С. Кириленко, И. Т. Ковриков // Технические науки –от теории к практике: сб. ст. по матер. VII междунар. науч.-практ. конф.– Новосибирск: СибАК, 2012. – Часть II. – С. 73-78.

АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ ШЕСТЕРЕННЫХ ПРЕСС-ГРАНУЛЯТОРОВ

Болтянская Н. И.

Аннотация

Вопрос переработки птичьего помета один из самых актуальных в мире с точки зрения экологии. В мире существует несколько направлений переработки помета. Каждое из этих направлений имеет в большей или меньшей степени свои преимущества. Все они пока не оправданы ни с экономической, ни с экологической точки зрения. Выход из этой проблемы можно найти в гранулировании помета. По ряду причин (цена, энергоемкость, специфика работы с биомассой и т.д.) возникает необходимость разработки пресс-гранулятора собственной конструкции. С целью разработки конструкции пресс-гранулятора для переработки биомассы на прессованное биоудобрение и топливные гранулы, предоставлена схема разделения шестеренных прессов-грануляторов по основным признакам, проанализированы основные труды ученых, посвященные исследованию работы шестеренных прессов-грануляторов, определены пути повышения производительности и надежности пресс-грануляторов, снижение энергоемкости процесса гранулирования и трудоемкости обслуживания рабочих органов, обеспечение возможности регулирования качества получаемых гранул: оптимизации числа (для прессующих роликов) и геометрических размеров рабочих органов прессующего механизма; оптимизации конструкции кольцевой матрицы (преимущественно оптимизации параметров фильеры) совершенствование конструктивного исполнения неровностей на цилиндрической поверхности обечайки прессует ролика; совершенствование конструкции водила прессующих роликов оптимизации устройств, обеспечивающих выравнивание слоя материала под прессующими роликами; разработки систем регулирования минимальной высоты слоя прессованого материала (минимального зазора) между прессующими роликами и кольцевой матрицей и силовых нагрузок на рабочие

органы, прессующего механизма; совершенствование системы крепления кольцевой матрицы к планшайбе пресс-гранулятора и выявлены комплекс конструктивных и технологических недостатков и решены отдельные задания структурного синтеза по совершенствованию конструкций пресс-грануляторов. Сформулированы требования, предъявляемые к конструкции ограничительных колец при разработке пресс-гранулятора с торцевым ограничением клиновидного пространства.

ANALYSIS OF CONSTRUCTIONS OF GEARS PRESS-GRANULATORS

N. Boltyanska

Summary

The issue of processing bird droppings is one of the most urgent in the world from the point of view of ecology. In the world there are several directions for processing litter. Each of these areas has more or less its advantages. All of them are not justified either economically or ecologically. The way out of this problem can be found in the granulation of litter. For a number of reasons (price, energy intensity, specificity of work with biomass, etc.), it becomes necessary to develop a press granulator of its own design. In order to develop the design of a press granulator for processing biomass for pressed biofertilizer and fuel pellets, a scheme for separating gear pellet presses by the main features is presented, the main works of scientists devoted to the investigation of the operation of gear presses-granulators are analyzed, ways of increasing the productivity and reliability of press granulators , a decrease in the energy intensity of the granulation process and labor input of the working bodies, the possibility of regulating the quality of the obtained pellets: optimization of the number (for pressing rollers) and the geometric dimensions of the working bodies of the pressing mechanism; optimizing the design of the ring matrix (mainly optimizing the parameters of the spinneret), improving the design of unevenness on the cylindrical surface of the shell compresses the roller; improvement of the carrier structure of the pressing rollers of the optimization of the devices, which ensure the leveling of the material layer under the pressing rollers; development of systems for regulating the minimum height of the layer of compacted material (minimum gap) between the pressing rollers and the ring matrix and the force loads on the working bodies, the pressing mechanism; perfection of the system of fastening the ring matrix to the faceplate of the press granulator, and a complex of structural and technological drawbacks was identified and individual tasks of structural synthesis for improving the design of press granulators were solved. The requirements imposed on the construction of the restraining rings in the development of a press granulator with an end stop of the wedge-shaped space are formulated.

Keywords: pelletizing, gears pregranulator, design, performance enhancement, reliability improvement, advantages, disadvantages

УДК 631.363.2 DOI: 10.31388/2220-8674-2018-2-9

АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ПРЕСІВ ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ КОРМОВИХ ГРАНУЛ ТА ПАЛИВНИХ БРИКЕТІВ

Болтянська Н. І., к.т.н.,
Комар А. С., інженер
Таврійський державний агротехнологічний університет
E-mail: nataliia.boltianska@tsatu.edu.ua; artem.komar@tsatu.edu.ua
Тел.: +38(067)681-32-41

Анотація–застосування технології стиснення кормів дозволяє отримувати корми заданого розміру, форми і необхідних фізико-механічних характеристик, що зменшує їх втрати при транспортуванні, зберіганні і переробці, а також покращує показники подальшого використання. У статті приділено увагу розвитку обладнання для пресування корму для тварин, проведено аналіз конструкцій основних груп технічних засобів для ущільнення різних видів кормів. Проаналізовано конструктивно нескладні та недорогі одногвинтові та двогвинтові прес-екструдери, що застосовуються на переробці зернових кормів та сої. До недоліків даних грануляторів слід віднести невелику продуктивність та значну енергоємність процесу. Проведено аналіз поршневих пресів, що використовуються здебільшого для приготування паливних брикетів і високоякісних кормів, що не руйнуються при транспортуванні. Використання таких агрегатів забезпечує більш високу щільність брикетів, або гранул, на відміну від шнекових, але вартість поршневих пресів достатньо висока і вони матеріалоємні. Визначено основні переваги матричних пресів – безперервність робочого процесу, відсутність знакоперемінних навантажень, відносно менша матеріалоємність ніж у пресів поршневого типу. Велика кількість пресувальних каналів у матриці забезпечує достатню пропускну здатність преса. Недоліки матричних пресів – висока енергоємність процесу пресування, дроблення матеріалу, що піддається ущільненню, підвищені вимоги до вихідної сировини щодо однорідності подрібнення та рівномірності вологості, складність виготовлення матриць, високе нагрівання підшипникових вузлів вальців. Проаналізовано гранулятори з матричними робочими органами, що складаються із кільцевої, або плоскої матриці з пресувальними каналами та пресувальних вальців та визначено групу пресів для подальшого дослідження та удосконалення їх конструкції задля забезпечення якісного стискання матеріалу та зменшенні витрат енергії при гранулюванні.

Ключові слова **– корм, ущільнення, гранулятор, конструкція, переваги, недоліки, напрямки вдосконалення.**

Постановка проблеми. Нові умови формування економічних відносин в аграрному секторі та розвиток невеликих фермерських господарств спонукають до розробки та впровадження у виробництво

© Болтянська Н. І., Комар А.С.

малогабаритних енергоощадних засобів механізації, які мають високу експлуатаційну надійність [1, 2].

Актуальність проблеми обумовлена тим, що для забезпечення якості та зниження втрат основного продукту галузі тваринництва необхідно застосовувати комплексну механізацію приготування кормових раціонів на основі застосування передових досліджень в галузі зоотехнії та впроваджувати переробку відходів продукції життєдіяльності з наступним її використанням [1, 2].

Засоби механізації, які на сьогоднішній день існують в галузі та підвищують продуктивність процесу створення кормів і знижують його трудомісткість, мають значну питому енергоємність та велику вагу. Використання такого обладнання на невеликих фермерських господарствах зазвичай призводить до необґрунтованої витрати енергії і паливно-мастильних матеріалів, що підвищує собівартість корму. Аналогічна ситуація склалась з переробкою відходів на тваринницьких підприємствах. Наприклад, пташиний послід, який має високу вихідну поживність, через значні залишки корму в ньому, не використовується на кормові цілі, та не використовуються його енергетичні властивості. Лише деяка частка посліду, після зберігання просто неба, може потрапляти на поля у вигляді органічного добрива.

Для визначення обладнання для більш детального дослідження в майбутньому та впровадження корисних удосконалень проведемо аналіз патентів та корисних моделей конструкцій технічних засобів для пресування кормів, проаналізуємо існуючі конструкції пресів та грануляторів, з визначенням їх основних переваг та недоліків. Вирішенню саме цього питання і присвячена дана стаття [3-6].

Методика. Вальцьові преси прокатного типу вивчались Горячкіним В.П., Лазебним А.Ф., Майковським І.А., Ніколаевим Д.І. в основному для ущільнення брикетів з сіно-солом’яних матеріалів. Процеси пресування ударним способом досліджувались в роботах Задоріна Г.І. Ефективність вібраційного прикладання навантаження при пресуванні доведена Васильєвим Г.К. та Киженцевим. Шестеренні гранулятори виділені в окрему класифікацію пресуючих пристроїв в книзі Мельникова С.В., одне з найперших досліджень робочого органу з зубчастими колесами для брикетування виконано Сімакіним Ю.А. Преси з матрицями набули найбільшого розповсюдження, як в Україні так і за її межами. Деякі гранулятори такого типу навіть випускались серійно (ОПК-2, ОПК-3). Процеси роботи пресів з матрицями досліджували Фарбман Г.Я., Ніколаєв Д.І., Подколзіним Ю.В., Некрашевичем В.Ф. та ін. З 2000 року удосконаленням елементів матричних пресів в Україні займалися Дідух В.Ф., Батраченко О.В., Циганков І.Ю. Однак, на сьогоднішній день, залишається ще багато питань стосовно основних напрямів

пресування зерновмісних сумішей у тваринництві, що потребують вирішення [7].

Результати і обговорення. У нашій країні щорічно заготовляють сотні мільйонів тон сіна, сінажу та соломи, дещо менші показники заготівлі полови і інших грубих кормів, що мають малу щільність. В сучасних умовах способи зберігання кормів повинні бути максимально ефективними – забезпечувати мінімальні втрати поживних речовин і бути оптимальними з точки зору економіки та організації праці. При цьому, немає значення-це стаціонарне чи тимчасове сховище. Для поліпшення транспортабельності, зниження вартості перевезень, економічного використання складських приміщень, для забезпечення кращого збереження поживних речовин і вітамінів корми ущільнюють.

Аналіз технічних засобів для ущільнення кормів за хронологією їх появи показав різке зростання кількості таких розробок наприкінці XX століття. Відомі сотні можливих конструкцій і теоретичних схем різного виду пресів, грануляторів і брикетувальників. Запатентована велика кількість технічних рішень пристроїв для обробки різних матеріалів тиском. Така тенденція зростання вказує не лише на підвищення наукового рівня розробок, а й визнання їх пріоритетності на міжнародному рівні. Починаючи з 2000-х років зросла кількість запатентованих технічних рішень, які ґрунтуються на інноваційних технологіях пресування. Однак, до сих пір немає однозначного рішення про найбільш ефективну конструктивно-технологічну схему ущільнювача кормів.

Пресування або ж стиснення в закритій камері вихідного матеріалу виступає найпоширенішим способом ущільнення кормів. Залежно від щільності моноліту в результаті пресування стеблових кормів отримують тюки (щільність 120…160 кг/м^3), що вимагають обв'язки; брикети (щільність 600…900 кг/м^3), що зберігають свою форму без обв'язки. При пресуванні комбікормів або трав'яного борошна отримують гранули (щільність 1200…1300 кг/м^3) [8].Залежно від вологості вихідних матеріалів способи пресування поділяють на вологий (вихідна вологість 35…50%) і сухий (вихідна вологість 17…30%). Останній спосіб набув найбільшого поширення саме в кормоприготуванні.

На сьогоднішній день існує велика кількість пресів для отримання гранул сухим способом (рис. 1) різних як за своїм призначенням, так і за принципом дії робочих органів на матеріал.

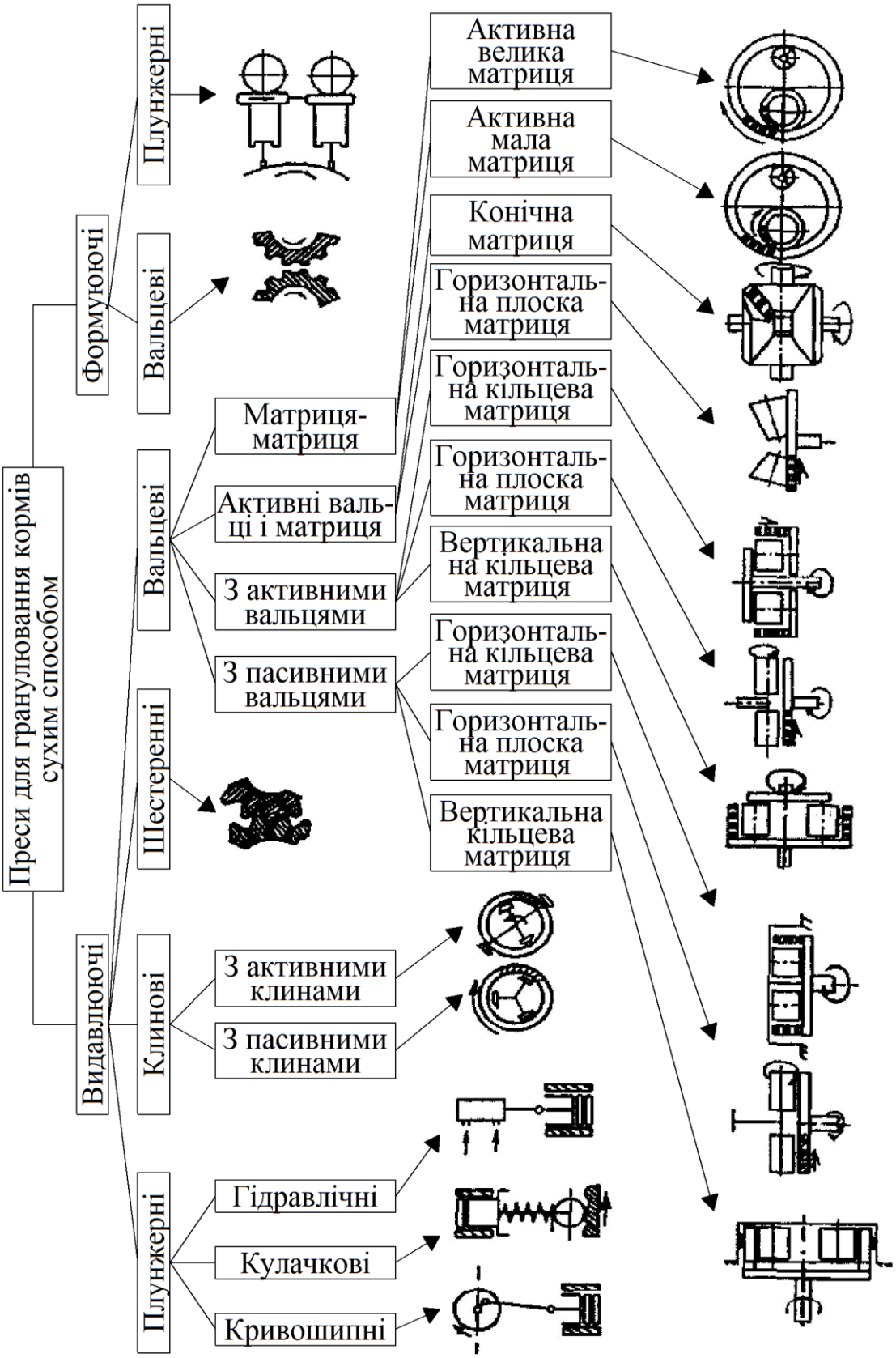
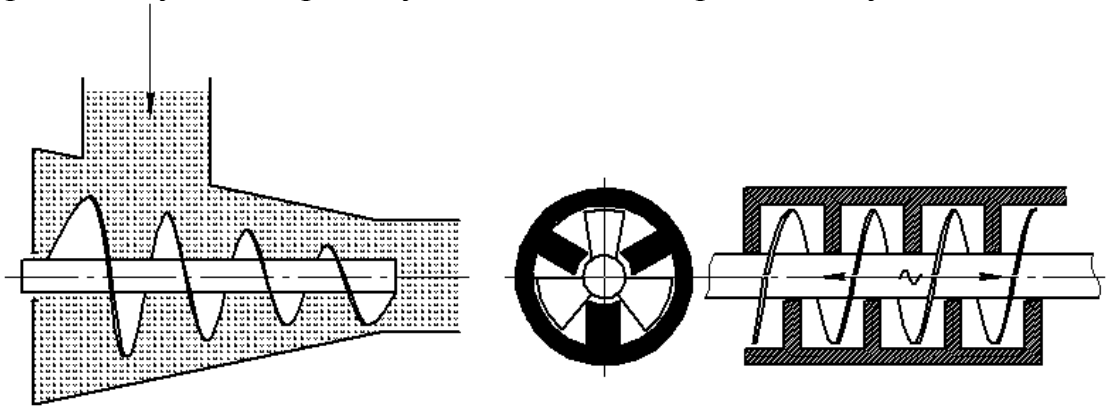


Рис.1. Класифікація пресів для отримання гранул (по Г. Я. Фарбману)[7]

Дослідження в напряму використання пресів гвинтового типу (рис. 2) для приготування кормових гранул та паливних брикетів у нашій країні розпочалися лише в 1970-х роках, а до того, як свідчить Піуновський І.І. та інші [7], шнекові преси (рис. 2а) для виробництва кормових брикетів та гранул та не використовувались через їх конструктивну недосконаліть та значну енергоємність. У науковій роботі Братішко В.В. (2017 р.) запропоновано вирішення цих проблем.

Конструктивно нескладні та недорогі одногвинтові прес-екструдери (рис. 2б), які були розроблені у США в 1960-х роках, знайшли своє застосування на переробці зернових кормів та сої. Основне призначення прес-екструдерів на переробці сої полягало в тепловій інактивації інгібітору трипсину (поруч з іншими машинами, такими як «Gem Roaster» і «Micronizer»). Одногвинтові прес-екструдери отримали широке застосування в інших країнах світу з середини 1970-х років. Двогвинтові прес-екструдери почали знаходити промислове застосування у 1970-х роках у європейських країнах та у 1980-х роках у США та інших країнах світу.



а б

Рис. 2. Схема робочих органів гвинтових пресів: а – шнек; б – екструдер (шнек високого тиску)

В Україні основними виробниками обладнання для екструдування кормів є ЗАТ «ЧеркасиЕлеваторМаш», яке виготовляє широкий типорозмірний ряд екструдерів для зерна продуктивністю від 150 до 1500 кг/год.; НВФ «ВАКСАН» (м. Умань) є виробником екструдерів серії ЕЗ продуктивністю від 250 до 1000 кг/год.; ТОВ «Лаврін» (м. Дніпро) пропонує на ринку екструдери серії ЕКЗ продуктивністю від 95 до 350 кг/год.; ВАТ «Умань-ферммаш» є виробником екструдерів ПЕС-250 [9]. У господарствах України на сьогодні експлуатують також екструдери ПЕК 125х6, ПЕК 125х8С і ПЕК 125х8Ж виробництва ВАТ «УкрНДІПЛАСТМАШ» (м. Київ), установки УЕС-Ф-800У виробництва ВАТ «Пальмірське РТП» (Черкаська область) тощо.

Екструдер працює наступним чином. Підготовлена кормосуміш,

за необхідності зволожена, із завантажувального бункера захоплюється гвинтом гранулятора. Гвинт транспортує кормосуміш, одночасно її ущільнюючи, до плоскої матриці. В процесі роботи кормосуміш піддається тиску у 2,5…3,5 МПа та розігрівається до 90…110°С [7].

Однак до недоліків даних грануляторів слід віднести невелику продуктивність та значну енергоємність процесу.

Поршневі преси (рис. 3) використовувались здебільшого для приготування паливних брикетів і високоякісних кормів, що не будуть руйнуватись при транспортуванні. Використання таких агрегатів забезпечує більш високу щільність брикетів, або гранул, на відміну від шнекових. Також ваговою перевагою використання поршневих пресів є те, що довжина брусків виготовленої продукції може бути задана оператором виробництва. Як правило, значення даного параметра становить 200…500 мм.

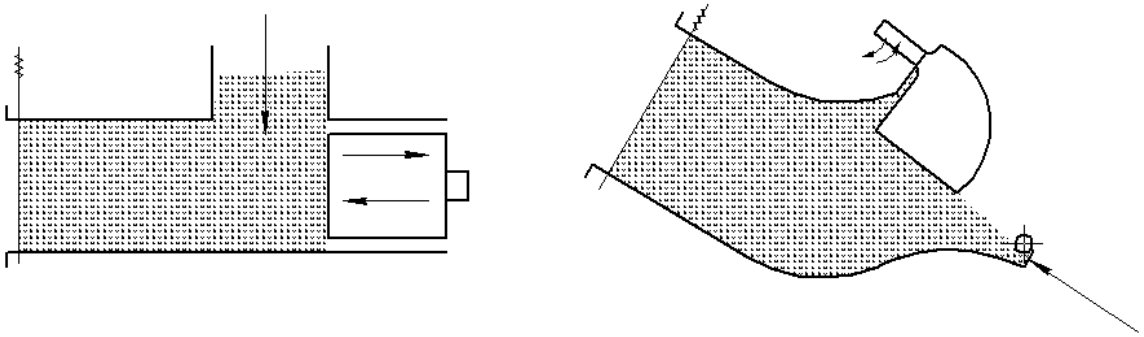


Рис. 3.Схеми робочих органів поршневих пресів

Поршневий прес працює циклічно. При кожному черговому ході поршня відбувається продавлювання через отвори сопла конічної форми певної порції матеріалу. На паливних брикетах видно шари, що відповідають кількості виконаних циклів. У приводі задіяний маховик, який вирівнює навантаження двигуна. В процесі експлуатації поршень зношується в малому ступені, швидко відбувається знос сопла. Вартість поршневих пресів більш висока в порівнянні з ціною на шнекові преси.

Не знайшли широкого практичного застосування у кормовиробництві преси-гранулятори шестеренного типу (рис. 4), дослідженню процесів роботи яких присвячено праці А.М. Шишина, І.Н. Краснова та В.І. Щербини [10].

Поряд із цим, матричні преси (рис. 5) працюють завдяки взаємодії матриці та поверхонь вальців, що обертаються, або ж криволінійних лопатей, що ковзають по матриці (рис. 5, в). Довжина каналів матриці повинна забезпечувати достатню протидію для отримування гранул або брикетів заданої щільності, а також витримування спресованого корму під тиском достатній час,

необхідний для релаксації напружень. Основні переваги матричних пресів – безперервність робочого процесу, відсутність знакозмінних навантажень, відносно менша матеріалоємність ніж у пресів поршневого типу. Велика кількість пресувальних каналів у матриці забезпечує достатню пропускну здатність преса. Недоліки матричних пресів – висока енергоємність процесу пресування, дроблення матеріалу, що піддається ущільненню, підвищені вимоги до вихідної сировини щодо однорідності подрібнення та рівномірності вологості, складність виготовлення матриць, високе нагрівання підшипникових вузлів вальців [5].

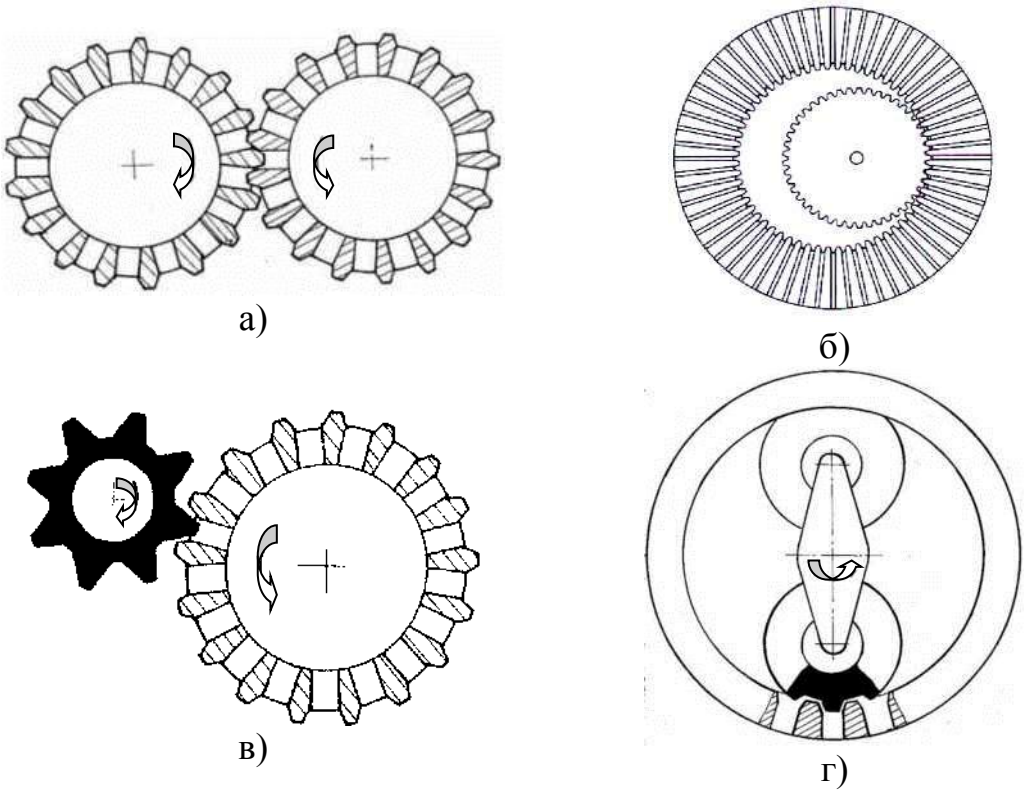


Рис. 4. Схеми робочих органів шестеренних пресів [10]: а – з двома рівновеликими колесами-матрицями; б – матриця і внутрішній пресуючий валець; в – велике колесо-матриця і мале пресувальне колесо по зовнішньому зачепленню; г – матриця і кілька внутрішніх пресуючи вальців

Матричні преси можуть бути як з кільцевою (рис. 5 а, б, в, г), так і з плоскою виконаною матрицею (рис. 5, д, е). Кільцеві матриці можуть обертатися або бути нерухомими. В пресах з матрицями, що обертаються, пресувальні вальці встановлюють на нерухомих осях.

Перевагою пресів з пресувальними елементами, що ковзають, є можливість застосування великої кількості пресувальних елементів, а недоліком – інтенсивне тертя пресувального елемента, що призводить до різкого зростання енергоємності процесу та відносно швидкого

зношування пресувальної пари.

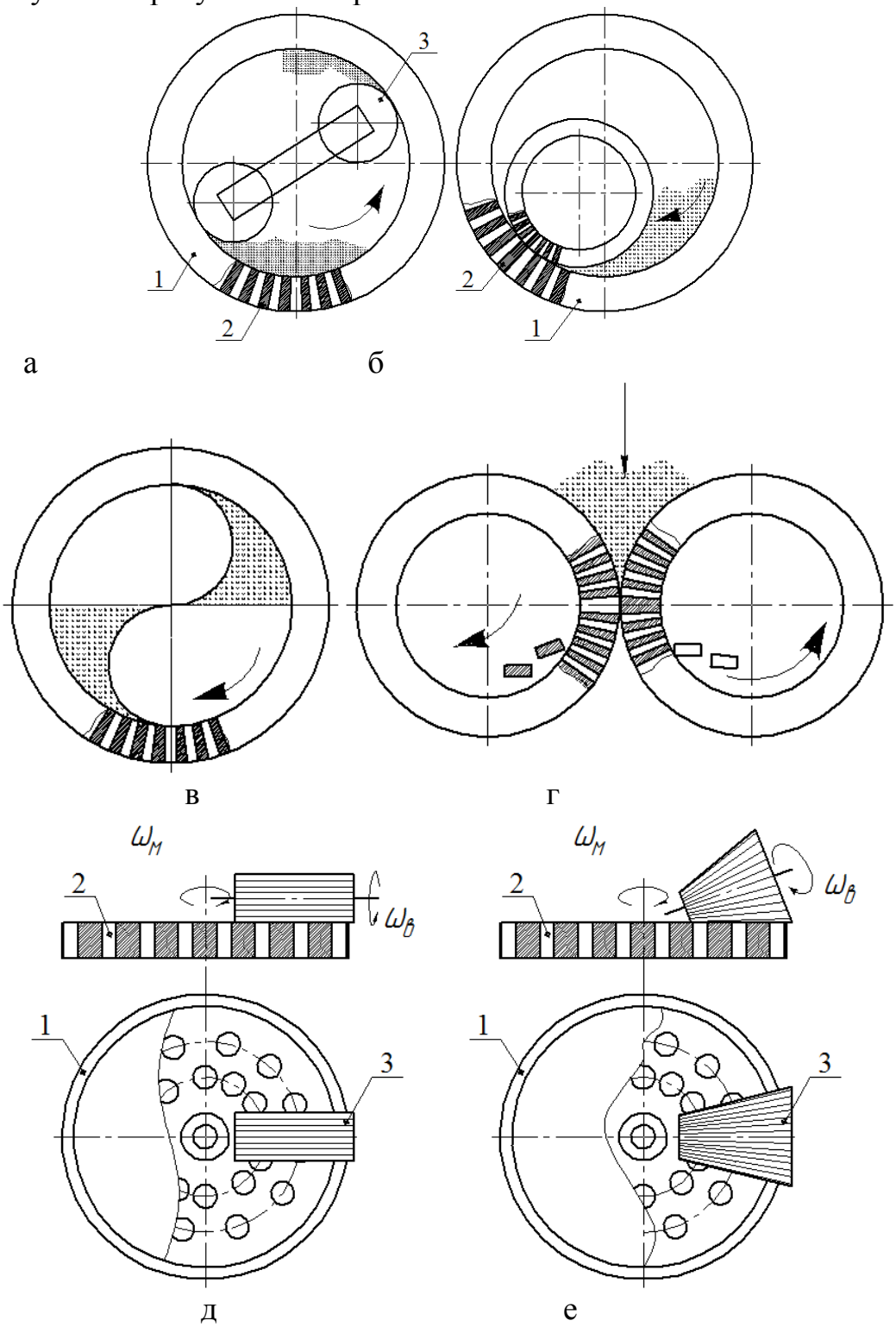


Рис. 5. Схеми робочих органів матричних пресів: а, б, в, г – з кільцевою матрицею; д, е – з плоскою матрицею; 1 – матриця; 2 – канал; 3 – валець

В ряді конструкцій пресувальні канали розташовуються під деяким кутом до радіуса матриці, що покращує проштовхування корму через пресувальні канали, проте значно ускладнює

виготовлення матриці.

Останніми роками в технічних засобах для гранулювання та брикетування кормів, набуває поширення використання грануляторів з матричними робочими органами, що складаються із кільцевої або плоскої матриці з пресувальними каналами та пресувальних вальців (рис. 6).

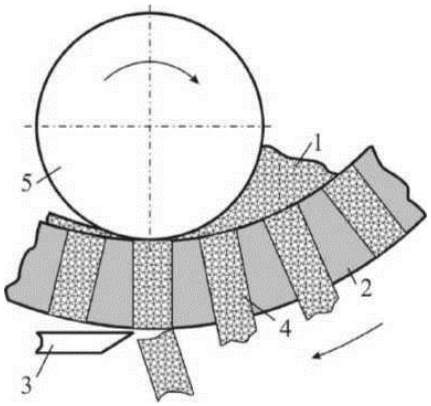


Рис. 6. Схема процесу пресування в матричному робочому органі:
1 – корм; 2 – матриця; 3 – ніж; 4 – канал; 5 – валець.

Для гранулювання зерно-стеблової маси випускалися вальцьово-матричні гранулятори з кільцевою матрицею ОГМ-0,8; ОГМ-0,8А; ОГМ-0,8Б; ОГМ-1,5; ОГМ-1,5А; ОПК-2; ОГК-3; ДГ-1; ДГА; ДПА; ДПБ; Е-8ПГА; Е-8ДГБ; ПГБ-1,5/3 та інші [11].

Для брикетування зерно-стеблової маси застосовувались ОПК-2,0, ОПК-3,0У; ПГБ-1,5/3; БПС-2; Б-8230 та інші агрегати.

Для виробництва кормових гранул найбільшого поширення набули гранулятори для приготування вітамінізованих кормів ОГМ-0,8 і ОГМ-1,5 [11], які відрізнялися різною продуктивністю.

Обладнання для гранулювання трав’яного борошна ОГМ-1,5 призначене для приготування гранул у складі технологічних ліній на базі сушильного агрегату АВМ-1,5Р. В основу конструкції пресувального вузла гранулятора покладено кільцеву матрицю, що обертається навколо горизонтальної осі, та два вальці, що обертаються всередині матриці на нерухомих осях за рахунок сил тертя. Сировина, що подається до пресувальної камери, затягується між матрицею та вальцями та протискується в радіальні отвори матриці, де під дією тиску формуються гранули. Гранули, що витискаються крізь отвори матриці, наштовхуються на нерухомий ніж та обламуються.

До недоліків цих грануляторів слід віднести велику метало- та енергоємність. При погляді на сучасне «дрібне» або великотоварне виробництво, ці гранулятори не витримують конкуренції. Однак великий термін роботи таких грануляторів – це безумовна перевага. Також слід відмітити можливість додавання пари або води для

підвищення вологості або запарювання.

Висновки.

Із проведеного аналізу витікає, що робочі органи кожної групи технічних засобів в основному призначаються для стиснення окремого виду корму: стеблових, сіна або здрібнених концентрованих кормів. Конструкції усіх без виключення пресів мають свої переваги та недоліки. Практично для всіх пресів характерні великі габарити, а отже, велика маса, значні витрати питомої енергії, висока металоємність. Дослідження в області малогабаритних технічних засобів для гранулювання зерновмісних сумішей представляє великий інтерес для подальшого наукового дослідження та пошуку шляхів щодо удосконалення та підвищення ефективності роботи такого пресу зі зниженням витрат на його обслуговування.

В цілому, технічний і технологічний процес гранулювання зерновмісних сумішей є складним. Наявний теоретичний і практичний досвід не дає повноцінної можливості визначити та усунути усі недоліки пресів, що вимагає принципово нових технічних рішень та розробок. Застосування малогабаритних грануляторів з плоскими матрицями, які працюють за принципом продавлювання та стирання є перспективним для невеликих фермерських та підсобних господарств. Враховуючи те, що малогабаритні технічні засоби, для пресування зерновмісних сумішей, у серійному виробництві зустрічаються рідше, ніж габаритні гвинтові, в тому числі і екструдери, та промислові матричні преси з кільцевими матрицями, можна зробити висновок, що існують шляхи удосконалення конструкції грануляторів з плоскими матрицями і рухомими прикочувальними роликами, що дозволить підвищити якість приготування гранул та зменшити витрати енергії при пресуванні.

Література

1. Скляр О. Г. Механізація технологічних процесів у тваринництві: навч. посібник/ О. Г. Скляр, Н. І. Болтянська. – Мелітополь: Колор Принт, 2012. – 720 с.

2. Болтянская Н. И. Анализ основных направлений ресурсосбережения в животноводстве / Н. И. Болтянская, О. В. Болтянский // Motrol: Commission of motorszation and energetycs in agriculture. – 2016. – Vol.18, No.1. – С. 49-54.

3. Біоенергія в Україні – розвиток сільських територій та можливості для окремих громад: науково-методичні рекомендації / В. О. Дубровін [та ін.]. – К: НУБіП України, 2009. – 122 с.

4. Болтянська Н. І. Забезпечення високоефективного функціонування технологічного процесу приготування і роздавання кормів у тваринництві / Н. І. Болтянська // Науковий вісник ТДАТУ. – Мелітополь, 2014. – Вип. 4, т. 1. – С. 16-22.

5.Болтянська Н. І. Показники оцінки ефективності застосування ресурсозберігаючих технологій в тваринництві / Н. І. Болтянська // Вісник Сумського НАУ / СНАУ. – Суми, 2016. – Вип. 10/3 (31). – С. 118-121. – (Механізація та автоматизація виробничих процесів).

6. Братішко В. В. Узгодження конструкційних параметрів матриць гвинтових грануляторів кормів за тиском та пропускною здатністю / В. В. Братішко // Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація / КНТУ.– Кіровоград, 2014. – Вип. 27. – С. 187-191.

7. Щербина В. И. Ресурсосберегающие процессы гранулирования и брикетирования кормов шестеренными прессами: дис….д-ра техн. наук: 05.20.01 /В. И. Щербина. – Зерноград, 2004. – 376 с.

8. Любецкая А. А. Гранулирование кормов. МДК 02.03. «Технология механизированных работ в животноводстве» по специальности: 35.02.07. «Механизация сельского хозяйства» [Электронный ресурс] : [Презентация] / А. А. Любецкая. – Режим доступу: http://www.informio.ru/publications/id3757/Prezentacija-Granulirovanie-kormov-MDK0203-Tehnologija-mehanizirovannyh-rabot-v-zhivotnovodstve-po-specialnosti-350207-Mehanizacija-selskogo-hozjaistva

9. Календрузь І. Екструдери для зерна / І. Календрузь, А. Бурилко // Пропозиція. – 2010. – № 12. – С. 100-103.

10. Гранулирование кормов шестеренными прессами: монография / И. Н. Краснов [идр.]. – Зерноград, 2016. – 234 с.

11. Братішко В. В. Механіко-технологічні основи приготування повнораціонних комбікормів гвинтовими грануляторами: дис... д-ра техн. наук: 05.05.11 / В. В. Братішко. – Глеваха, 2017. – 322 с.

АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ ПРЕССОВ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ КОРМОВЫХ ГРАНУЛ И ТОПЛИВНЫХ БРИКЕТОВ

Болтянская Н. И., Комар А. С.

Аннотация

Применение технологии сжатия кормов позволяет получать корма заданного размера, формы и необходимых физико-механических характеристик, уменьшает их потери при транспортировке, хранении и переработке, а также улучшает показатели дальнейшего использования. В статье уделено внимание развитию оборудования для прессования корма для животных, проведен анализ конструкций основных групп технических средств для уплотнения различных видов кормов. Проанализированы конструктивно несложные и недорогие одновинтовые и двухвинтовые пресс-экструдеры, применяемые на переработке зерновых кормов и сои. К недостаткам данных грануляторов следует отнести небольшую производительность и значительную энергоемкость процесса. Проведен анализ поршневых прессов, используемых в основном для приготовления топливных брикетов и высококачественных кормов, которые не

разрушаются при транспортировке. Использование таких агрегатов обеспечивает более высокую плотность брикетов, или гранул, в отличие от шнековых, но поршневые прессы имеют достаточно высокую стоимость и огромную материалоемкость. Определены основные преимущества матричных прессов – непрерывность рабочего процесса, отсутствие знакопеременных нагрузок, относительно небольшая материалоемкость нежели в прессах поршневого типа. Большое количество прессовочных каналов в матрице обеспечивает достаточную пропускную способность пресса. Недостатки матричных прессов – высокая энергоемкость процесса прессования, дробления материала, который подвергается уплотнению, повышенные требования к исходному сырью по однородности измельчения и равномерности влажности, сложность изготовления матриц, значительный нагрев подшипниковых узлов вальцов. Проанализированы грануляторы с матричными рабочими органами, состоящие из кольцевой или плоской матрицы с прессовальными каналами и прессовочных вальцов. Определена группа прессов для дальнейшего исследования и усовершенствования их конструкции для обеспечения качественного сжатия материала и уменьшении затрат энергии при гранулировании.

ANALYSIS OF PRESS CONSTRUCTIONS FOR PREPARATION OF FEED PELLETS AND FUEL BRICKS

N. Boltianska, A. Komar

Summary

The use of feed compression technology provides the feed of given size, shape and required physical and mechanical characteristics, reduces transportation storage and processing losses and improves the indicators of further use. The article focuses on the development of animal feed pressing equipment, analysis of structures of the main groups of technical means for compaction of various types of feed. It contains the analysis of structurally simple and inexpensive single-strand and twin-screw extruders used in the processing of grain and soya feed. The disadvantages of these granulators include low performance and a significant energy intensity of the process. The article also includes the analysis of piston presses used mainly for the preparation of fuel bricks and high-quality feeds that are not destroyed during transportation. The use of the equipment like this, in contrast to the auger-type equipment, provides a higher density of bricks, or granules though the piston press has a fairly high cost and enormous material capacity. The main advantages of matrix presses are determined, including the continuity of the work process, the absence of alternating loads, and relatively small material capacity than in the piston type presses. A large number of compression channels in the matrix provide a sufficient throughput of the press. The disadvantages of the matrix presses are the high energy intensity of the pressing process, the crushing of the material that is compressed, the increased requirements for the raw material for homogeneity of grinding and uniformity of moisture, the complexity of the matrix production, and the considerable heating of the bearings of rollers. Granulators with matrix working organs consisting of an annular or flat matrix with compression channels and pressing rolls are analyzed. A group of presses for further research and improvement of their design have been defined to ensure a good compression of the material and to reduce the cost of energy in granulation.

Keywords: feed, seal, granulator, construction, advantages, disadvantages, directions of improvement.

УДК 636.2.083.14 DOI: 10.31388/2220-8674-2018-2-10

КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОПОЗИЦІЇ СТВОРЕННЯ БОКСОВОЇ КОМБІНОВАНОЇ ПІДСТИЛКИ

Парієв А. О., к.т.н.,
Дробишев О. О.,с.н.с.,
Коротченко Т. М., інженер,
Запорізький науково-дослідний центр з механізації тваринництва
E-mail: imtuaan@ukr.net
Тел.: +38(067)-747-85-83

Анотація – дану роботу присвячено визначенню технологічних вимог та розробці конструктивно-технологічних пропозицій створення боксової комбінованої підстилки.

Створення належних умов для утримання і відпочинку молочної худоби, у відповідності з зоотехнічними і технологічними вимогами, що визначається у першу чергу, комфортом у місці її відпочинку – боксі, є нагальною техніко-технологічною задачею, яка потребує свого вирішення в технології сучасного виробництва молока.

Від якості вихідної соломи, способу її внесення у бокси худоби та дотримання зоотехнічних вимог залежить комфортний відпочинок тварин, а також їх здоров'я, що в кінцевому результаті впливає на продуктивність і якість молока. Тому, щоб забезпечувати комфорт тварині і знизити розмножування патогена, пропонується технологія створення комбінованої підстилки, для виготовлення якої використовується бетон, глина, пісок, синтетичні килимки і матраци та солома з додаванням абсорбуючого гігієнічного осушувача для підстилки, сухого антисептику, дезінфікуючого засобу, які відбирають надлишкову вологу з підстилки, мають проти патогенну дію, зменшують виділення аміаку, ефективні у боротьбі з грибками, личинками мух та паразитами.

В залежності від продуктивності виробництва розроблено за 3-ма варіантами перспективна боксова комбінована соломиста підстилка: глино-солом'яна підстилка з зап'ястною піщаною подушкою і антисептиком; піщано-солом'яна підстилка з антисептиком; килимково-солом'яна підстилка з зап'ястним матрацом і антисептиком.

Головна особливість пропонованої комбінованої соломистої підстілки – вона є диференційованою за продуктивністю худоби, зонованою по площі і багатошаровою по складу, щільності та м'якості.

Отже, тип підстилки, періодичність і норма внесення матеріалів впливає на використання стійла худобою і її здоров'я, якість і кількість виробленого молока.

Ключові слова: **солома, бокси, комбінована підстилка, антисептик, розкидач, технологічний процес, формування.**

Постановка проблеми. Все більше українських господарств, враховуючи природно-фізіологічні потреби корів, переходять на

© Парієв А. О., Дробишев О.О.,Коротченко Т.М.

безприв'язну (переважно безприв’язно-боксову) систему утримання великої рогатої худоби. Щоб повністю використовувати свій молочний потенціал, корови повинні лежати в боксах більше половини всього часу (12-14 год./добу). Оптимальним є така поведінка, коли 80% корів стада, під час відпочинку в корівнику, лежать в боксах.

Оптимально сформований бокс для лежання в корівнику є, таким чином, вирішальною складовою частиною комфорту корови. Поліпшення комфорту корови відповідно впливає на кількість надою, продуктивне життя корови. Складова частина комфортного боксу – це основа, покриття боксу (підстилка). Для корів частіше використовують стійла, що мають зручну і відповідну основу і призначені для забезпечення легкості рухів вставання і лягання. Час, протягом якого корови використовують ту чи іншу підстилку, теж впливає на те, як часто корови лягають і як довго лежать.

В зв’язку з суперечливими результатами досліджень і використання в практиці різного виду покриття стійл, через неврахування ряду істотних факторів, обґрунтування улаштування і матеріалів для покриття стійл корів потребує додаткових досліджень з урахуванням фізіологічних особливостей тварин.

Таким чином, створення належних умов для утримання і відпочинку молочної худоби, у відповідності з зоотехнічними і технологічними вимогами, що визначаються у першу чергу, комфортом у місці її відпочинку – боксі, є нагальною техніко-технологічною задачею, яка потребує свого вирішення в технології сучасного виробництва молока.

Практика і дослідження показують, що втрати продуктивності тварин від досягнутого рівня складають 20…40 % із-за невідповідності покриттів підлоги зон утримання тварин в приміщеннях і на майданчиках біологічним, зоотехнічним та технологічним особливостям сучасного виробництва продукції ВРХ. Проведеними дослідженнями в діючих господарствах визначено, що основним матеріалом, який використовують у якості підстилки при безприв’язно-боксовому утриманні корів на молочних фермах є солома [1]. Це обумовлено тим, що вона є найбільш доступним матеріалом та має кращі зоотехнічні властивості. Солома зернових культур має низькі тепловитрати, велику здатність до поглинання вологи (1 кг/3-4 кг вологи), здатність поглинати шкідливі гази (аміак, сірководень та ін.). Рахують, що краще на підстилку використовувати подрібнену солому з більш високим вмістом сухої речовини. Це дозволить значно покращити санітарно-гігієнічні умови на фермах і знизити витрати соломи для цих цілей. До того ж, чим краще подрібнена солома, тим кращі її здатність поглинати воду. Коротка

солома легше розподіляється і не створює проблем на щілинній підлозі [2].

Від якості вихідної соломи, способу її роздавання у бокси худоби та дотримання зоотехнічних вимог залежить комфортний відпочинок тварин, а також їх здоров’я, що в кінцевому результаті впливає на продуктивність і якість молока.

Методика. Правильний вибір підстилки забезпечує коровам комфортний відпочинок, зменшує стресовий фактор, знижує навантаження на ноги тварин, зменшує ризик захворювання копит та підвищує надої. Результати аналізу утримання корів на різних покриттях показують, що тип підстилки, періодичність і норма внесення матеріалів впливає на використання стійла худобою і її здоров’я, якість та 20…25% кількості виробленого молока.

Підстилка має бути суха, м'яка, тепломістка, вологоємна, з хорошими газовбирними властивостями, без токсичних домішок і без плісняви. Цінною властивістю підстилкового матеріалу є також здатність його вбивати мікроби (бактерицидність) [3].

Поліпшити якість солом’яної підстилки та створити належні умови комфортного та безпечного відпочинку тварин можна здійснити за рахунок додаткового внесення сипких (адсорбуючих) компонентів, які служать для створення міцної солом'яної підстилки для худоби. Корови вигребуть менше підстилки, а також лежать на зручній і здоровій основі. Прибирання таких місць дуже просте (нечистоти треба видалити тільки з задньої частини стійла). Адсорбуючі компоненти збільшують поглинання вологості підстилки, завдяки цьому знижуються витрати підстилки.

Тому, щоб забезпечувати комфорт тварині і знизити розмножування патогена, пропонується технологія створення комбінованої підстилки, для виготовлення якої використовується бетон, глина, пісок, синтетичні килимки і матраци та солома з додаванням абсорбуючого гігієнічного осушувача для підстилки, сухого антисептику, дезінфікуючого засобу, які відбирають надлишкову вологу з підстилки, мають проти патогенну дію, зменшують виділення аміаку, ефективні у боротьбі з грибками, личинками мух та паразитами.

Результати і обговорення. В залежності від продуктивності виробництва нами розроблено за 3-ма варіантами перспективна боксова комбінована соломиста підстилка: глино-солом’яна підстилка з зап’ястною піщаною подушкою і антисептиком (рис.1), піщано-солом’яна підстилка з антисептиком (рис.2), килимково-солом’яна підстилка з зап’ястним матрацом і антисептиком (рис.3).

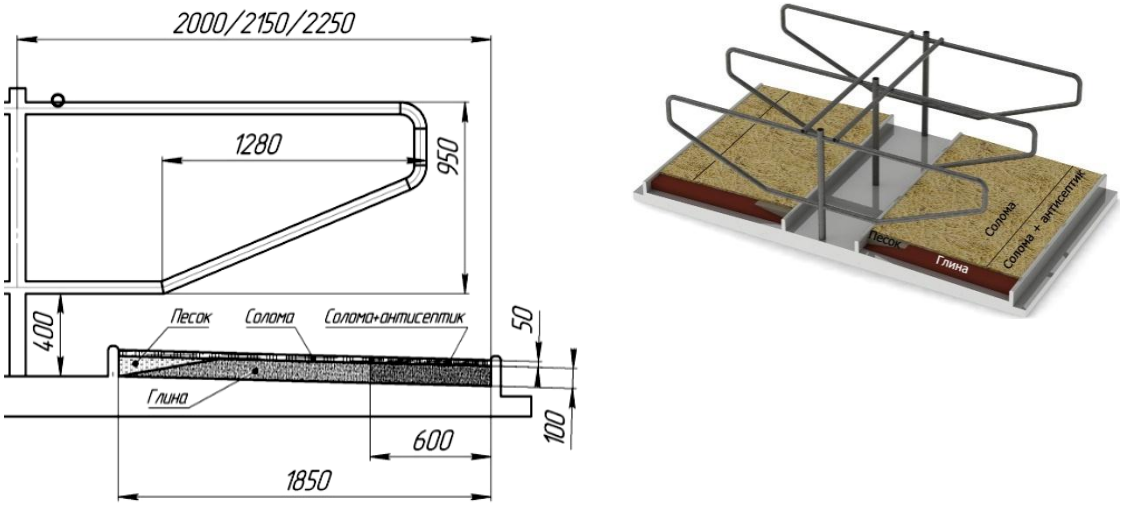


Рис. 1. Глино - солом’яна підстилка з зап’ястною піщаною подушкою і антисептиком. Продуктивність корів5000-6000 кг молока

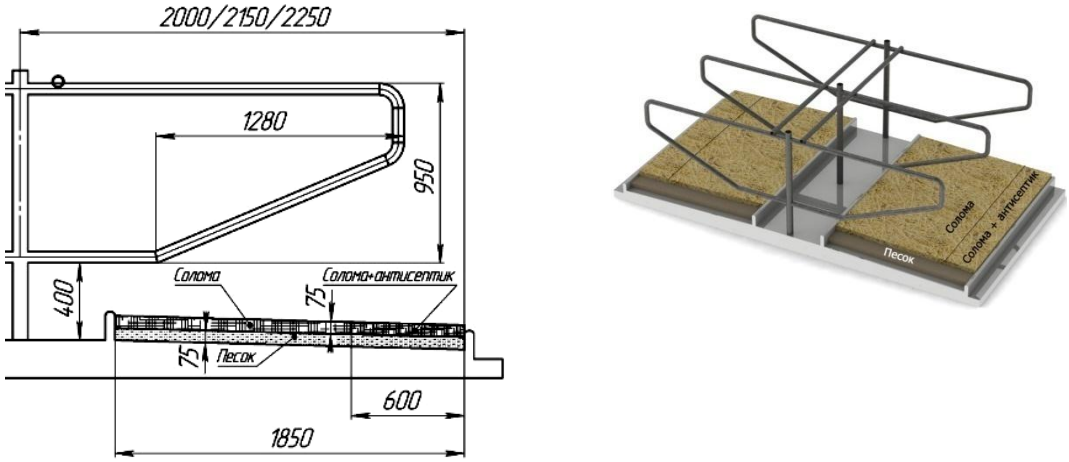


Рис. 2. Піщано-солом’яна підстилка з антисептиком. Продуктивність корів 6000-7000 кг молока

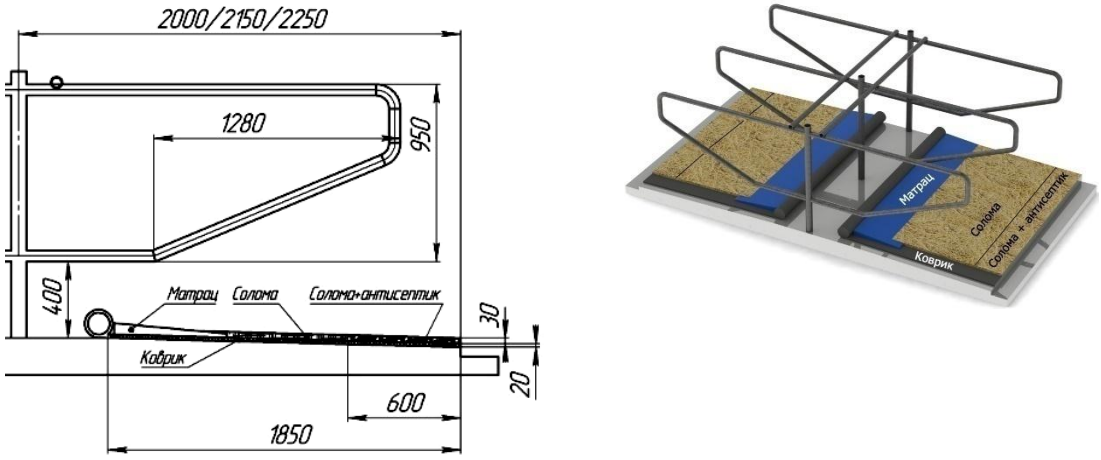


Рис. 3. Килимково-солом’яна підстилка з зап’ястним матрацом і антисептиком. Продуктивність корів від 7000 кг молока

Головна особливість пропонованої комбінованої соломистої підстілки – вона є диференційованою за продуктивністю худоби,

зонованою по площі і багатошаровою по складу, щільності, м'якості і ін.

Для улаштування комбінованої багатошарової підстилки рекомендуємо використовувати розроблюваний розкидач багатокомпонентної соломистої підстилки. Він вирішує наступні задачі: різання основного органічного компонента і рівномірне змішування всіх складових глиносолом'яного матраца [4]. З його допомогою зменшується кількість ручної праці, що скорочує час роботи.

Висновки. Створення належних умов для утримання молочної худоби і відповідно її продуктивності повинно відповідати зоотехнічним і технологічним вимогам та визначається належними умовами у місці її відпочинку – в боксі. Потрібний рівень комфорту боксів на сучасних молочних фермах з безприв'язно-боксовим утриманням худоби обумовлюється належною підстилкою, на якій утримується худоба та дотриманням технології її внесення.

Тип підстилки, періодичність і норма внесення матеріалів впливає на використання стійла худобою і її здоров'я, якість і кількості виробленого молока.

Розроблено конструктивно-технологічні пропозиції створення боксової комбінованої підстилки за трьома варіантами, в залежності від продуктивності виробництва: піщано-солом'яна підстилка з антисептиком, килимково-солом'яна підстилка з зап'ястним матрацом і антисептиком, глинобитно-солом'яна підстилка з зап'ястною піщаною подушкою і антисептиком.

На сучасних молочнотоварних комплексах для приготування такої комбінованої соломистої підстилки не потрібні додаткові механізми. Можна ефективно задіяти кормороздавачі-змішувачі, що зменшить кількість ручної праці.

Література

1. Парієв А. О. Дослідження існуючої технології внесення солом'яної підстилки в діючих господарствах / А. О. Парієв, О. О. Дробишев, Т. М. Коротченко // Механізація, екологізація та конвертація біосировини в тваринництві / Ін-т мех. тваринництва НААН.–Запоріжжя, 2012. – Вип. 2(10). – С. 165-169.

2. Парієв А. О. Зміна технологічних властивостей солом'яної підстилки в боксі /А. О. Парієв// Науково–технічний бюлетень / Інститут тваринництва НААН. – Харків, 2013. – № 109 (2). – С. 95-100.

3. Фізико–механічні властивості солом'яної підстилки / А. О. Парієв [та ін.] // Науково–технічний бюлетень / Інститут тваринництва НААН. – Харнів, 2013. – № 109 (2). – С. 108-112.

4. Парієв А. О. Експериментальний зразок розкидача солом'яної підстилки / А. О. Парієв, О. О. Дробишев, Т. М. Коротченко // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин / КНТУ. – Кіровоград, 2015. – Вип. 45, ч.1.– С. 223-227.

КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ СОЗДАНИЯ БОКСОВОЙ КОМБИНИРОВАННОЙ ПОДСТИЛКИ

Париев А. А., Дробышев А. А., Коротченко Т. М.

Аннотация

Данная работа посвящена определению технологических требований и разработке конструктивно-технологических предложений создания боксовой комбинированной подстилки.

Создание надлежащих условий для содержания и отдыха молочного скота, в соответствии с зоотехническими и технологическими требованиями, что определяется, в первую очередь, комфортом в месте ее отдыха – боксе, является актуальной технико-технологической задачей, которая требует своего разрешения в технологии современного производства молока.

От качества исходной соломы, способа ее внесения в боксы скота и соблюдения зоотехнических требований зависит комфортный отдых животных, а также их здоровья, что в конечном итоге влияет на производительность и качество молока. Поэтому, чтобы обеспечивать комфорт животному и снизить размножения патогенной микрофлоры предлагается технология создания комбинированной подстилки, для изготовления которой используется бетон, глина, песок, синтетические коврики, матрацы и солома с добавлением абсорбирующего гигиенического осушителя для подстилки, сухого антисептика, дезинфицирующего средства, которые отбирают избыточную влагу из подстилки, имеют противопатогенное действие, уменьшают выделение аммиака, эффективны в борьбе с грибками, личинками мух и паразитами.

В зависимости от продуктивности производства разработана с 3-мя вариантами перспективная боксовая комбинированная соломистая подстилка: глино-соломенная подстилка с запястной песчаной подушкой и антисептиком, песчано-соломенная подстилка с антисептиком, ковриково-соломенная подстилка с запястным матрацом и антисептиком.

Главная особенность предлагаемой комбинированной соломистой подстилки – она является дифференцированной по продуктивности скота, зонованой по площади и многослойной по составу, плотности, мягкости. Следовательно, тип подстилки, периодичность и норма внесения материалов влияет на использование стойла скотом и его здоровье, качество и количество произведенного молока.

CONSTRUCTION TECHNOLOGY OFFERS CREATING A BOX COMBINED BED

A. Pariiev, O. Drobyshev, T. Korotchenko

Summary

This work is devoted to the definition of technological requirements and the development of constructive-technological proposals for the creation of box combining litter.

Creating proper conditions for the maintenance and recreation of dairy cattle, in accordance with the zootechnical and technological requirements, which is determined, first and foremost, by the comfort in its place of recreation - boxing, is an urgent technical and technological challenge that requires its permission in modern milk production technology.

The quality of the original straw, the way it is introduced into the livestock housing and compliance with the zootechnical requirements depend on the comfortable rest of the animals, as well as their health, which ultimately affects the performance and quality of milk. Therefore, in order to provide animal comfort and reduce reproduction pathogenic technology is proposed to create a combined litter, for the manufacture of which used concrete, clay, sand, synthetic mats and mattresses and straw with the addition of an absorbent hygienic dryer for bedding, dry antiseptic, disinfectant, which take excess moisture from litter, have anti-pathogenic effect, reduce ammonia release, are effective in fighting fungi, fly larvae and parasites.

Depending on the productivity of production, a promising box combined straw bedding was developed with 3 options: clay-straw bedding with a sand wrist pillow and an antiseptic, sand-straw bedding with an antiseptic, carpet-straw bedding with a wrist mat and an antiseptic.

The main feature of the proposed combined straw bedding is that it is differentiated by the productivity of livestock, zoned by area and is multi-layered in composition, density, softness.

Consequently, the type of litter, frequency and rate of application of materials affects the use of the stall by livestock and its health, quality and quantity of milk produced.

Keywords: straw, boxes, combined bedding, antiseptic, spreader, technological process, forming.

УДК 631.361.027:636.2.083.14 DOI: 10.31388/2220-8674-2018-2-11

АПРОБАЦІЯ РОЗКИДАЧА ПІДСТИЛКИ З РОТОРНО-ПАЛЬЦЕВИМ РОБОЧИМ ОРГАНОМ У ВИРОБНИЧИХ УМОВАХ

Парієв А. О., к.т.н.,
Дробишев О. О.,с.н.с.,
Коротченко Т. М., інженер,
Запорізький науково-дослідний центр з механізації тваринництва
E-mail: imtuaan@ukr.net
Тел.: +38(067)-747-85-83
Болтянський Б. В., к.т.н.
Таврійський державний агротехнологічний університет
E-mail: bolt74bolt@gmail.com
Тел.: +38(097)-498-81-83

Анотація – Основним для відпочинку худоби є комфорт боксів, рівень якого визначається відсотком зайнятих стійл (боксів) в корівниках.

Низький рівень комфортності боксів на вітчизняних фермах обумовлений в першу чергу, відсутністю технічних засобів для внесення підстилки, які відповідають зоотехнічним і технологічним вимогам щодо механізації і автоматизації цього процесу. На практиці внесення підстилки в бокси відбувається вручну і без всякого дотримання названих вимог.

Для механізації процесу внесення підстилки в ЗНДЦМТ розроблено розкидач, який призначений для роздачі солом'яної підстилки при безприв'язно-боксовому утриманні великої рогатої худоби. Експериментальний зразок розкидача для внесення солом'яної підстилки з роторно-пальцевим робочим органом спроектований і виготовлений з комплектом комбінації радіальних і гнутих пальців на роторі.

Апробацію експериментального зразка розкидача підстилки з роторно-пальцевим робочим органом проведено у виробничих умовах (СВК «Росія» Великобілозерського р-ну Запорізької обл.). Експериментальний зразок розкидача підстилки відповідає зоотехнічним вимогам, забезпечує локальну і дозовану подачу 0,5-2,5 кг солом'яної підстилки в бокс, а також можливість розподілення підстилки в боксі (60% разової дози підстилки вноситься на першу 1/3 боксу).

Експериментальний зразок розкидача підстилки з роторно-пальцевим робочим органом відповідає зоотехнічним і технологічним вимогам і є енергозберігаючим обладнанням. Витрати паливно-мастильних матеріалів на процес розкидання підстилки зменшуються на 30-40 % через зменшення потужності трактору, з яким агрегатується роздавач.

Робочий орган розкидача забезпечує його стабільну роботу із зволоженою соломою (понад 16-18 %).

© Парієв А. О., Дробишев О. О., Коротченко Т. М., Болтянський О. В.

Ключові слова: **випробування, розкидач, роторно-пальцевий орган, локальна, дозована роздача, солома.**

Постановка проблеми. Від створення належних умов відпочинку корів залежить 20…25% їх продуктивності. У технології безприв'язно-боксового утримання корів високопродуктивній молочній худобі потрібно відпочивати в боксах 12…14 годин на добу. Основним для відпочинку худоби є комфорт боксів, рівень якого визначається відсотком зайнятих стійл (боксів) в корівниках. Але практика вітчизняних господарств з безприв'язно-боксовою технологією, в т. ч. і наші етологічні спостереження на сучасних великотоварних молочних фермах півдня України доводять, що рівень комфорту боксів для молочної худоби досить низький, а відсоток боксів, зайнятих худобою становить лише 36…45% (норма 80…85%).

Низький рівень комфортності боксів на вітчизняних фермах обумовлений в першу чергу, відсутністю технічних засобів для внесення підстилки, які відповідають зоотехнічним і технологічним вимогам щодо механізації і автоматизації цього процесу. На практиці внесення підстилки в бокси відбувається вручну і без всякого дотримання названих вимог. А наявне сучасне обладнання для розкидання солом'яної підстилки має значну енерго- і матеріалоємність, а також суттєвий технологічний недолік, що обмежує його використання – запилення приміщень.

Аналіз сучасного технологічного обладнання для розкидання солом’яної підстилки (переважно видувачі вентиляторного типу) [1] дозволяє зробити висновки про невідповідності вказаного обладнання зоотехнічним і технологічним вимогам: відсутність локального, дозованого, розподіленого внесення підстилки, велика запиленість при роздачі соломи (30 мг/м^3), низька маневреність, великі габарити та енергомісткість процесу роздавання підстилки.

Також, як показують останні технологічні дослідження фізико-механічних властивостей солом’яної підстилки в боксах для утримання молочної худоби істотні зміни підстилки відбуваються в першій 1/3 відстані від входу в бокс: зміна вологості підстилки, тепловіддача, забруднення і фракційний склад підстилки [2]. В зв’язку з цим, потрібно таке обладнання, яке б вносило основну масу підстилки (2/3) розподілено – в першу 1/3 боксу, тобто 60…70 см від входу в бокс.

Для механізації процесу внесення підстилки в ЗНДЦМТ розроблено розкидач, який призначений для роздачі солом'яної підстилки при безприв'язно-боксовому утриманні великої рогатої худоби. Експериментальний зразок розкидачі для внесення солом'яної підстилки з роторно-пальцевим робочим органом спроектований і

виготовлений з комплектом комбінації радіальних і гнутих пальців на роторі.

Методика. Апробацію розробленого розкидача солом’яної підстилки з роторно-пальцевим робочим органом проведено з метою визначення відповідності зоотехнічним і технологічним вимогам з внесення солом’яної підстилки в бокси у виробничих умовах.

Розкидач солом’яної підстилки, базою якого обрано одновісний вузькогабаритний кормороздавач, аналог однооперацiйного кормороздавача, типу КТУ, призначений для роздачі подрібненої (6…15 см) солом'яної підстилки в бокси, з максимальним їх покриттям по площині 1,95×1,3 м [3].Загальний вид експериментального вузькогабаритного роздавача підстилки з роторно-пальцевим органом, який агрегатується з трактором класу 0,9 відповідно до рис.1.



Рис. 1. Загальний вид експериментального вузькогабаритного розкидача підстилки

Вузькогабаритний кормороздавач складається з накопичувального бункера місткістю 3,5 м^3, повздовжнього донного ланцюгово-планкового транспортера, подаючих вирівнювальних бітерів, поперечного вивантажувального стрічкового транспортера [4].

Робочим органом для внесення підстилки є ротор з чотирма рядами пальців відповідно до рис. 2. Роторно-пальцевий орган роздавача встановлено у вивантажувальному вікні (340×420 мм) вузькогабаритного роздавача над поперечним стрічковим транспортером таким чином, що вивантажувальна маса викидається з транспортера роторним органом перпендикулярно напряму руху розкидача.



Рис. 2. Загальний вид робочого органу роторно-пальцевого типу

Принцип дії розкидача заснований на механічній подачі солом'яної підстилки із бункера-накопичувача роторно-пальцевим робочим органом, який являє собою обертальний вал із радіально розташованими рядами пальців.

З поперечного транспортеру ротор прямими пальцями одного ряду зрізує солом'яну масу, у тому числі зволожену і кидає її у розпушеному вигляді на підлогу боксу. Гнуті пальці ротору, які складені з двох відрізків, розташованих під кутом один до одного, спочатку ущільнюють солом'яну масу, а вже потім кидають її у вигляді ущільненої порції, яка долає більшу відстань за рахунок зменшення опору повітря, ніж попередня розпушена порція солом'яної маси. Таким чином, при незмінній частоті обертання валу ротора, солом'яна маса скидається пальцями ротору на різну відстань, чим досягається розширення смуги розкиданої маси і підвищення рівномірності розкидання підстилки по площині боксу [5]. Технічну характеристику вузькогабаритного розкидача підстилки наведено в табл.1.

Таблиця 1.

Технічна характеристика вузькогабаритного розкидача підстилки

Продуктивність, т/год.	0,5-2
Місткість кузова, $м^3$	3,5 (4,15)
Вантажопідйомність, кГс	1000
Габаритні розміри, мм	4200 х1300 х 2100
Маса роздавача, кг	850
Робоча швидкість, км/год.	0,4-3,5
Дальність розкидання підстилки, мм	300-3100
Ширина смуги розкидання підстилки, м	2,8

Результати і обговорення. Апробацію розкидача підстилки було проведено в СВК «Росія» Великобілозерського р-ну Запорізької обл. В СВК «Росія» є 2000 голів ВРХ, зокрема 500 голів дійного стада. Випробування проводилися в трирядному корівнику на 168 голів ВРХ.

Завантаження роздавача відбувається з відкритих місць зберігання соломи в штабелях до 1000 рулонів (5-6 штабелів для підстилки і годування) на майданчиках біля ферми відповідно до рис.3.

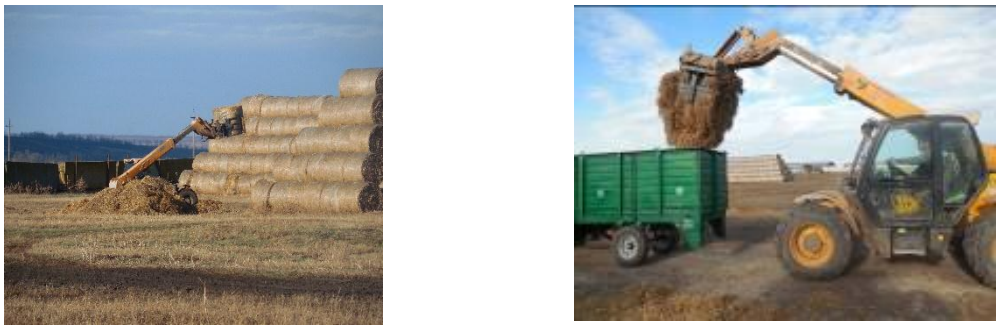


Рис. 3. Зберігання соломи в господарстві та завантаження в роздавач

Роздавач вивантажує рівномірним шаром підстилку по 1 кг у бокси (від 0,8 до 1,2 кг) без додаткових витрат ручної праці відповідно до рис.4. Періодичність внесення підстилки - через день. Запиленість повітря при розкиданні підстилки становить не більше 7 мл/м^3. Створюються оптимальні умови утримання худоби і підвищення її продуктивності на 10-15 %, витрати соломи менше на 25-30 % порівняно з прийнятим у господарстві процесом з використанням кормороздавача-змішувача Vmix-10.



Рис. 4. Роздача підстилки вузькогабаритним роздавачем в бокси

В результаті апробації розкидача у виробничих умовах було встановлено масову продуктивність роздачі підстилки - 0,5…3,7 т/год., можливість роботи робочого органу розкидача зі зволоженою (понад 16 -18 %) солом’яною масою, роздавач забезпечує локальну і дозовану подачу 0,5…2,5 кг солом'яної підстилки в бокс, а також розподілення підстилки в боксі (довжина і ширина смуги розкидання), рівномірність розкиданої підстилки, що відповідає зоотехнічним вимогам.

Контур поперечного профілю смуги розкидання солом’яної підстилки по ширині відповідно до рис.5.Максимальна висота профілю смуги соломи складає 4…10см. Довжина профілю (по ширині смуги) – 1,9…3,0 м. Розподілення основної маси по профілю в першій 1/3 від входу у бокс від початку розкидання.

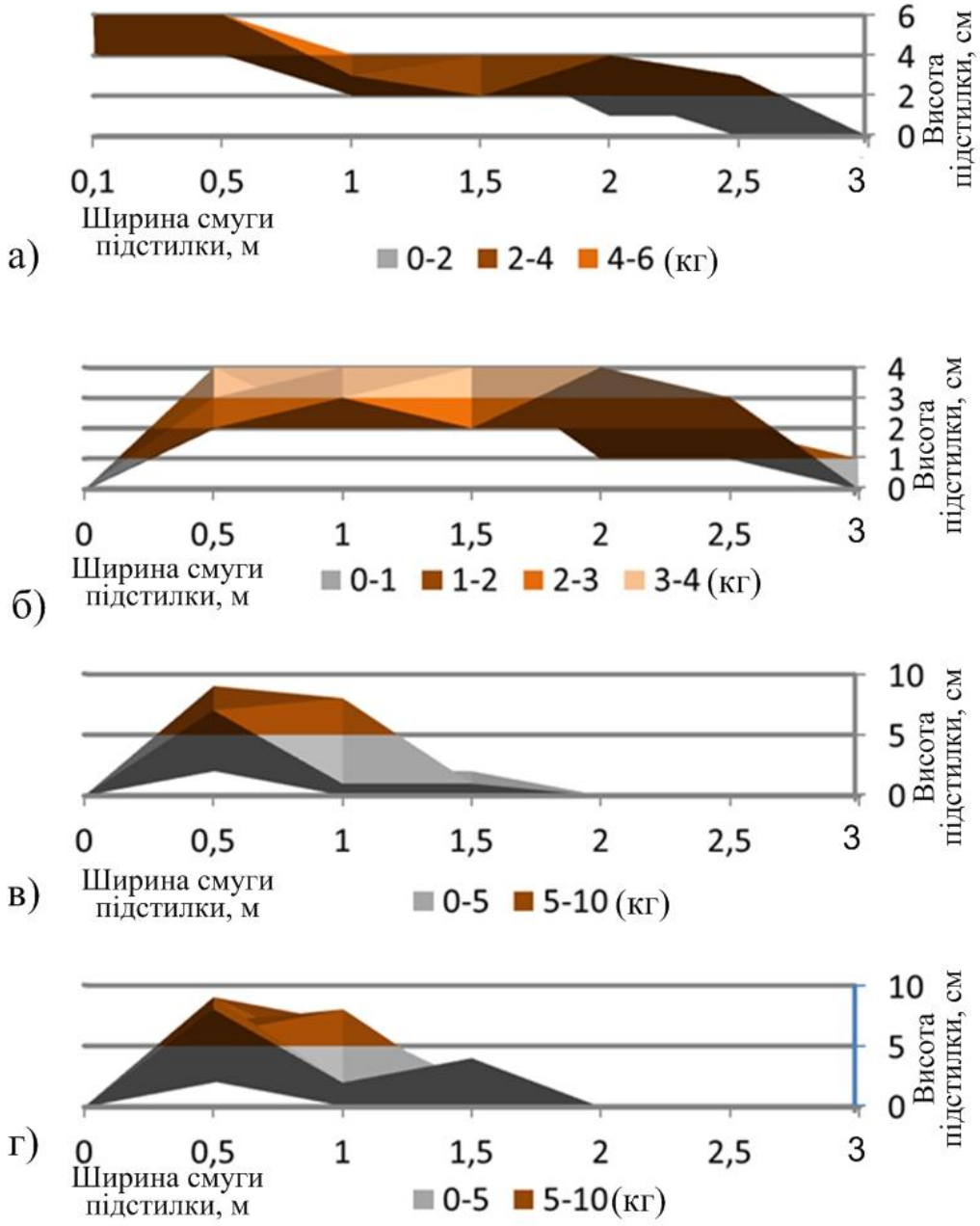


Рис. 6. Контур поперечного профілю по ширині соломи

Висновки. В результаті апробації розкидача у виробничих умовах встановлено масову продуктивність розкидання підстилки – 0,5…3,7 т/год. Експериментальний зразок розкидача підстилки забезпечує локальну і дозовану подачу 0,5…2,5 кг солом'яної підстилки в бокс, а також можливість розподілення підстилки в боксі(60 % разової дози підстилки вноситься на першу 1/3 боксу). Робочий орган розкидача забезпечує його стабільну роботу із зволоженою соломою (понад 16…18%).

Експериментальний зразок розкидача підстилки з роторно-пальцевим робочим органом відповідає зоотехнічним і технологічним

вимогам і є енергозберігаючим обладнанням. Витрати паливно-мастильних матеріалів на процес розкидання підстилки зменшуються на 30…40 % через зменшення потужності трактору, з яким агрегатується розкидач (з 50…60 к.с. до 25…40 к.с.).

Література

1. Парієв А. Аналіз та класифікація розкидачів солом'яної підстилки для великої рогатої худоби / А. Парієв, С. Луц // Механізація, екологізація та конвертація біосировини в тваринництві / Ін-т мех. тваринництва НААН.– Запоріжжя, 2011. – Вип. 1(7). – С.260-264.

2. Фізико–механічні властивості солом'яної підстилки / А. О. Парієв // Науково–технічний бюлетень /Інститут тваринництва НААН. – Харків, 2013. – № 109 (2). – С. 108-112.

3. Парієв А.О. Експериментальний зразок розкидача солом'яної підстилки / А. О. Парієв, О. О. Дробишев, Т. М. Коротченко // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин / КНТУ. – Кіровоград, 2015. – Вип.45, ч.1. – С. 223-227.

4. Пат. 73327 Україна, МПК A01K1/015. Пристрій для розкидання підстилки / С. М. Луц, І. А. Шевченко, А.О. Парієв. – № u 201200793; заявл. 26.01.12; опубл. 25.09.12, Бюл. № 18.

5. Экспериментальные исследования разбрасывателя подстилки с роторно-пальцевым рабочим органом / А. Париев, Б. Болтянский, О. Дробышев, Т. Коротченко // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. – 2016. – Vol.18, No.1. – С. 37-42.

АПРОБАЦИЯ РАЗБРАСЫВАТЕЛЯ ПОДСТИЛКИ С РОТОРНО-ПАЛЬЦЕВЫМ РАБОЧИМ ОРГАНОМ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Париев А. А., Дробышев О. О., Коротченко Т. М., Болтянский Б. В.

Аннотация

Основным для отдыха скота является комфорт боксов, уровень которого определяется процентом занятых стойл (боксов) в коровниках. Низкий уровень комфортности боксов на отечественных фермах обусловлен, в первую очередь, отсутствием технических средств для внесения подстилки, которые соответствуют зоотехническим и технологическим требованиям по механизации и автоматизации этого процесса. На практике внесения подстилки в боксы происходит вручную и без всякого соблюдения названных требований.

Для механизации процесса внесения подстилки в ЗНИЦМЖ разработан разбрасыватель, который предназначен для раздачи соломенной подстилки при беспривязно-боксовом содержании крупного рогатого скота. Экспериментальный образец разбрасывателя для внесения соломенной подстилки с роторно-пальцевым рабочим органом спроектирован и изготовлен с комплектом комбинации радиальных и гнутых пальцев на роторе.

Апробацию экспериментального образца разбрасывателя подстилки с роторно-пальцевым рабочим органом проведен в производственных условиях (СПК «Россия» Великобелозерского р-на Запорожской обл.). Экспериментальный образец разбрасывателя подстилки соответствует зоотехническим требованиям, обеспечивает локальную и дозированную подачу 0,5…2,5 кг соломенной подстилки в бокс, а также возможность распределения подстилки в боксе (60% разовой дозы подстилки вносится на первую 1/3 бокса).

Экспериментальный образец разбрасывателя подстилки с роторно-пальцевым рабочим органом соответствует зоотехническим и технологическим требованиям и является энергосберегающим оборудованием. Расходы топливо-смазочных материалов на процесс разбрасывания подстилки уменьшаются на 30…40% из-за уменьшения мощности трактора, с которым агрегатируется разбрасыватель.

Рабочий орган разбрасывателя обеспечивает его стабильную работу с увлажненной соломой (более 16…18%).

APPROBATION SPREADERS BEDSWITH ROTARY-FINGER WORKING BODYIN MANUFACTURING CONDITIONS

A. Pariiev, O. Drobyshev, T. Korotchenko, B. Boltianskyi

Summary

The main thing for cattle rest is the comfort of the boxes, the level of which is determined by the percentage of stalls (boxes) occupied in the barns.

The low level of comfort of the boxes on domestic farms is primarily due to the lack of technical means for making litter that meets the zootechnical and technological requirements for the mechanization and automation of this process. In practice, laying the litter in the boxes occurs manually and without any observance of the above requirements.

For the mechanization of the process of making litter in ZNDTsMT developed spreader, which is designed for the distribution of straw bedding with loose box-housing of cattle. An experimental sample spreaders for applying straw bedding with a rotary-finger working body designed and manufactured with a set of a combination of radial and curved fingers on the rotor.

Testing of the experimental sample of the litter spreader with the rotary-finger working body was carried out under production conditions (SEC “Russia”, Veliky-Belozersky district, Zaporozhye region). The experimental sample of the litter spreader meets the zootechnical requirements, provides a local and metered supply of 0.5…2.5 kg of straw litter to the box, and the possibility of litter distribution in the box (60% of the single dose of litter is applied to the first 1/3 of the box).

An experimental sample of a litter spreader with a rotary-finger working body meets the zootechnical and technological requirements and is an energy-saving equipment. The costs of fuels and lubricants on the spreading process of the litter are reduced by 30…40% due to a decrease in the power of the tractor, with which the distributor is aggregated.

The working body of the spreader ensures its stable operation with moist straw (more than 16…18%).

Keywords: research, spreader, rotor-finger organ, local dosage distribution, straw.

УДК 636.2.083.14 DOI: 10.31388/2220-8674-2018-2-12

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ЗМІНИ ДЕФОРМАЦІЇ СОЛОМ'ЯНОЇ ПІДСТИЛКИ ПРИ УЩІЛЬНЕННІ

Парієв А. О., к.т.н.,
Дробишев О. О.,с.н.с.,
Коротченко Т. М., інженер
Запорізький науково-дослідний центр з механізації тваринництва
E-mail: imtuaan@ukr.net
Тел.: +38(067)-747-85-83

Анотація – дану роботу присвячено дослідженню динаміки зміни деформації солом'яної підстилки при ущільненні в лабораторних умовах та визначенню залежності пружного розширення стисненої солом'яної підстилки в часі після зняття навантаження.

Визначення фізико-механічних властивостей солом'яної підстилки під дією ваги великої рогатої худоби (ущільнення підстилки) допоможе надати відповідь у питанні кратності роздавання підстилки для створення комфортного боксу та запобіганню механічних травм та захворювань кінцівок тварин.

Було проведено експериментальні дослідження впливу фізико-механічних властивостей підстилки на етологічні і продуктивні характеристики утримання худоби, зокрема впливу кількості, геометрії і часу розподілу соломи на добову структуру часу відпочинку корів, ущільнення підстилки частинами їх тіла, час лежання від щільності підстилки та продуктивність корів.

Дослідження фізико-механічних властивостей солом'яної підстилки проводились в лабораторних умовах. Для дослідження в лабораторних умовах динаміки зміни деформації вихідної та зволоженої солом'яної підстилки при ущільненні розроблено конструктивно-технологічну схему й створено лабораторну установку. Вихідним матеріалом для проведення досліджень деформаційних характеристик зволоженої солом'яної підстилки в лабораторних умовах є солома озимої пшениці. Дослідження передбачали визначення залежності пружного розширення стисненої солом'яної підстилки в часі після зняття навантаження.

Лабораторними дослідами визначено деформаційні характеристики вихідної та забрудненої солом'яної підстилки різних фракцій соломи (довжина 3…10 см) та зволожуваність шару підстилки в динаміці під дією модельного навантаження, а також температурні характеристики підстилки.

Ключові слова **– дослідження, деформація, солома, ущільнення, лабораторна установка.**

Постановка проблеми. На теперішній час безприв'язно-боксова технологія утримання тварин залишається найбільш перспективною, зокрема, у використанні на фермах великотоварного виробництва молока. У більшості господарств у якості підстилкового матеріалу

© Парієв А. О., Дробишев О. О., Коротченко Т. М., Болтянський О. В.

використовується солома озимої пшениці. Це обумовлено тим, що вона має кращі зоотехнічні властивості, а також є найбільш доступним матеріалом.

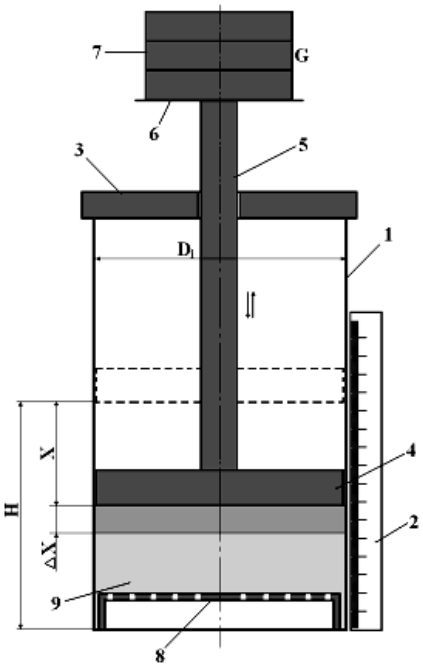
Дослідження вихідної соломи, які було проведено в агрофірмі «Чумаки» Дніпропетровської області показали, що коли солома додатково подрібнюється (на фракцію 3…10 см), вона краще підпресовується і зберігається у локальному місці -боксі. Подрібнена солома має ліпші здібності поглинати вологу [1].

Було проведено експериментальні дослідження впливу фізико-механічних властивостей підстилки на етологічні і продуктивні характеристики утримання худоби, зокрема впливу кількості, геометрії і часу розподілу соломи на добову структуру часу відпочинку корів, ущільнення підстилки частинами їх тіла, час лежання від щільності підстилки та продуктивність корів [2].

Від якості вихідної соломи, способу її роздавання у лігва (бокси) худоби та дотримання зоотехнічних вимог залежить комфортний відпочинок тварин, а також їх здоров’я, що в кінцевому результаті впливає на продуктивність. Визначення фізико-механічних властивостей солом’яної підстилки під дією ваги великої рогатої худоби (ущільнення підстилки) допоможе надати відповідь у питанні кратності роздавання підстилки для створення комфортного боксу та запобіганню механічних травм та захворювань кінцівок тварин.

Методика. Дослідження фізико-механічних властивостей солом’яної підстилки проводились в лабораторних умовах. Для дослідження в лабораторних умовах динаміки зміни деформації вихідної та зволоженої солом’яної підстилки при ущільненні розроблено конструктивно-технологічну схему й створено лабораторну установку (рис.1).

Лабораторна установка складається з металевої основи та скляного циліндра 1. Зверху скляного циліндра встановлено знімну кришку 3. Всередині скляного циліндра розміщено рухомий плунжер 4, який жорстко з’єднаний з штоком 5. Зовні до штока жорстко приєднаний диск 6, на який в процесі проведення досліджень встановлюються знімні вантажі 7. Всередині скляного циліндра у його основи встановлено перфороване днище 8. Збоку скляного циліндра встановлено міліметрову лінійку 2.



а



б

Рис. 1. Конструктивно-технологічна схема (а) та загальний вигляд (б) лабораторної установки та зразків: 1 – скляний циліндр; 2 – міліметрова шкала; 3 – кришка; 4 – плунжер;5 – шток; 6 – диск; 7 – вантаж; 8 – днище; 9 – зразок солом'яної підстилки

Вихідним матеріалом для проведення досліджень деформаційних характеристик зволоженої солом'яної підстилки в лабораторних умовах є солома озимої пшениці.

Дослідження деформаційних характеристик зволоженої солом'яної підстилки при стисканні проводились в три етапи [3].

Перший етап – підготовка зразків підстилки. Зважування зразка вихідної сировини або солом'яної підстилки після розпушування (G_i = 100 г). Зволоження зразка вихідної сировини або солом'яної підстилки після розпушування до заданої вологості (W_i). Повторність дослідів-триразова.

Другий етап – дослідження динаміки зміни відносної деформації шару вихідної та зволоженої солом'яної підстилки при однократному заданому статичному навантаженні на нього в замкненому об'ємі скляного циліндра (D_i = 0,164 м) без можливості бокового розширення.

Методологічна схема виконання дослідів за другим етапом наступна. Зразок солом'яної підстилки масою 0,1 кг закладається рівним шаром в скляний циліндр. Після цього всередину циліндра вводиться плунжер зі штоком і диском, на який в процесі досліджень почергово встановлюється вантаж із заданою масою G_i. Початковий тиск P_0 на шар завантаженої солом'яної підстилки, що приймається за

«нульове» значення, складається з суми мас плунжера ($М_п$), штока ($М_ш$) та диска ($М_д$) відповідно становить $Р_0$ = 0,162 кПа. Площа поверхні плунжера, що контактує з шаром підстилки відповідно дорівнює $(23,26\pm3)\cdot10^{-3}м^2$.

Після введення плунжера в середину скляного циліндра здійснюється витримка протягом 30 с до врівноваження процесу ущільнення підстилки під дією початкового зусилля $Р_0=М_0$. Потім на диск встановлюється вантаж $Р_i$ й через кожні 30 с здійснюється фіксація процесу деформації шару вихідної або зволоженої солом'яної підстилки до відсутності деформації з наступною витримкою протягом 30 с.

Третій етап – досліджень передбачає визначення залежності пружного розширення стисненої солом'яної підстилки в часі (явище релаксації) після зняття навантаження.

В лабораторній установці передбачена можливість зміни статичного навантаження від 0 до 15 кг на шар завантаженої в скляний циліндр вихідної та зволоженої солом'яної підстилки.

Схема виконання дослідів за третім етапом: миттєве зняття вантажу з диска й послідуюча фіксація через кожні 30 с процесу релаксації шару ущільненої вихідної або зволоженої солом'яної підстилки.

Послідовність операцій процесу дослідження деформаційних характеристик зволоженої солом'яної підстилки відповідно до рис. 2.

Результати і обговорення. В процесі дослідження деформаційних характеристик зволоженої солом'яної підстилки при її ущільненні була передбачена зміна факторів (табл.1), прийнятих на основі аналізу досліджень.

Таблиця 1.

Фактори дослідження деформаційних характеристик солом'яної підстилки при її ущільненні

Рівні і інтервали варіювання факторів	Вологість соломи	Тиск стискання (маса вантажу)
	W, %	Р, кПа (m, кг)
Верхній рівень	80	60 (140)
Основний рівень	60	40 (92)
Початковий рівень	30	20 (46)
Нижній рівень	15	0

Дослідження передбачали визначення залежності пружного розширення стисненої солом'яної підстилки в часі після зняття навантаження.

Після завершення третього етапу досліджень із скляного циліндра вивантажується на лабораторний піддон шар ущільненої

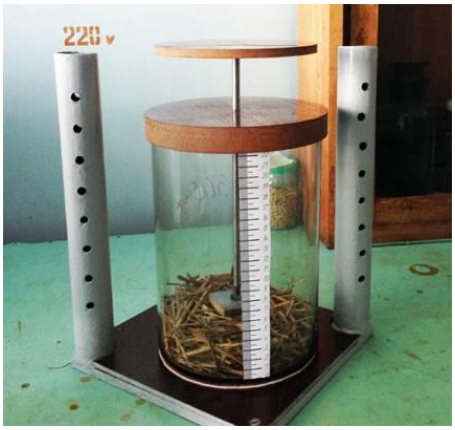
солом’яної підстилки для відбору проб на визначення залишкової вологості W в соломі. Повторність відбору проб-триразова.



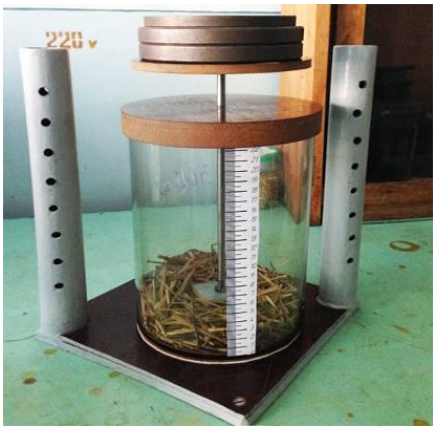
а) зважування зразків солом’яної підстилки (m_{3-6}=35г, m_{6-10}=21г)



б) завантаження зразка в циліндр



е) встановлення поршня в циліндр



ж) встановлення вантажу (G_i)



з) зняття вантажу



і) зняття поршня

Рис. 2. Процес дослідження деформаційних характеристик зволоженої солом’яної підстилки

Встановлено зміни відносної деформації 2-х фракцій (4,5 і 8,5 см) 4-х шарів по 50 мм висотою добавки соломи в підстилку при технологічному статичному навантаженні худобою 5…40 КПа –

імітаційна модель м’якості і пружності підстилки в боксі відповідно до рис. 3.

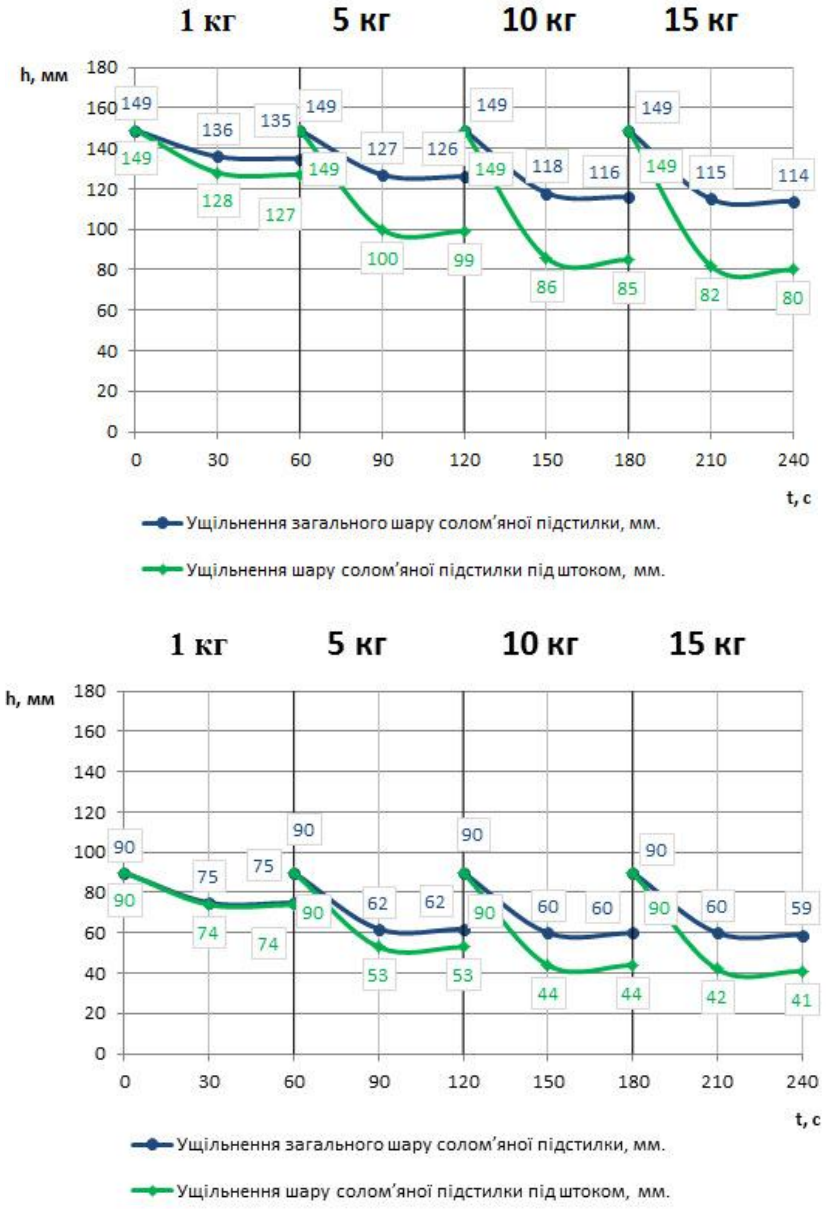
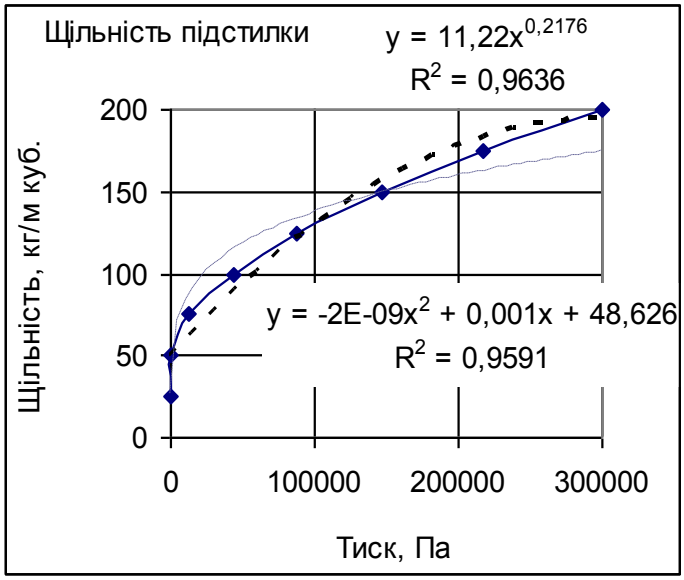


Рис. 3. Динаміка зміни відносної деформації шарів соломи фракцією 3…6 та 7…10 см

На основі проведених експериментів визначено залежність тиску і щільності підстилки та її деформації під дією частин тіла корів (рис.4).



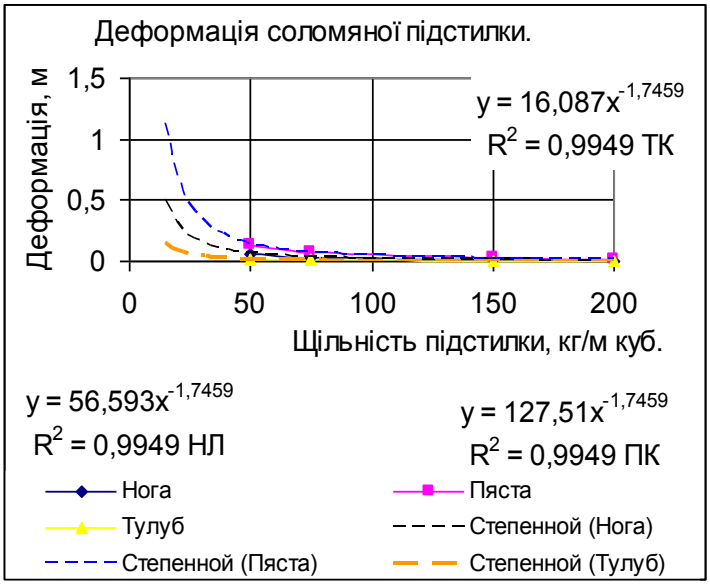


Рис.4. Тиск і щільність солом'яної підстилки вологістю до 50 % та вертикальна деформація підстилки під дією частин тіла корови

Для визначення модуля пружності вихідної та зволоженої солом'яної підстилки проводився однофакторний експеримент, план досліджень якого приведено в табл. 2.

Таблиця 2.

План досліджень модуля пружності вихідної та зволоженої солом'яної підстилки

№	1	2	3	4	5	6	7
Тиск, кПа (маса, кг)	0 (0)	4,6 (10)	9,2 (20)	13,8 (30)	18,4 (40)	23 (50)	27,6 (60)
№	8	9	10	11	12	13	14
Тиск, кПа (маса, кг)	32,2 (70)	36,8 (80)	41,4 (90)	46 (100)	50,6 (110)	55,2 (120)	59,8 (130)

Розрахункові модулі пружності вихідної та зволоженої солом'яної підстилки складають 0,0087 і 0,0047 МПа.

Висновки. Лабораторними дослідами визначено деформаційні характеристики вихідної та забрудненої солом'яної підстилки різних фракцій соломи (довжина 3…10 см) та зволожуваність шару підстилки в динаміці під дією модельного навантаження, а також температурні характеристики підстилки.

Встановлено зміни відносної деформації 2-х фракцій (4,5 і 8,5 см) 4-х шарів по 50 мм висотою добавки соломи в підстилку при технологічному статичному навантаженні худобою 5…40 КПа – імітаційна модель м'якості і пружності підстилки в боксі.

Встановлено залежності зміни тиску і щільності солом'яної підстилки вологістю до 50% та вертикальної деформації підстилки під дією частин тіла корови. Розраховано модуль пружності вихідної та зволоженої солом'яної підстилки складають 0,0087 і 0,0047 МПа.

Література

1. Парієв А. О. Дослідження існуючої технології внесення солом'яної підстилки в діючих господарствах / А. О. Парієв, О. О. Дробишев, Т. М. Коротченко // Механізація, екологізація та конвертація біосировини в тваринництві / Ін-т мех. тваринництва НААН. –Запоріжжя, 2012. – Вип. 2(10). – С. 165-169.

2. Парієв А. О. Зміна технологічних властивостей солом'яної підстилки в боксі / А. О. Парієв// Науково–технічний бюлетень / Інститут тваринництва НААН. – Харків, 2013. – № 109 (2). – С. 95-100.

3. Горбунов Л. В. Определение минимального количества измерений, обеспечивающих достоверный научный результат / Л. В. Горбунов // Агроекологічний журнал. – 2003. – № 1. – С. 69-71.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ИЗМЕНЕНИЯ ДЕФОРМАЦИИ СОЛОМЕННОЙ ПОДСТИЛКИ ПРИ УПЛОТНЕНИИ

Париев А. А., Дробышев А. А., Коротченко Т. М.

Аннотация

Данная работа посвящена исследованию динамики изменения деформации соломенной подстилки при уплотнении в лабораторных условиях и определению зависимости упругого расширения сжатой соломенной подстилки во времени после снятия нагрузки.

Определение физико-механических свойств соломенной подстилки под действием веса крупного рогатого скота (уплотнение подстилки) поможет дать ответ в вопросе кратности раздачи подстилки для создания комфортного бокса и предотвращению механических травм и заболеваний конечностей животных.

Были проведены экспериментальные исследования влияния физико-механических свойств подстилки на этологические и производительные

характеристики содержания скота, в том числе влияния количества, геометрии и времени распределения соломы на суточную структуру времени отдыха коров, уплотнения подстилки частями их тела, время лежания от плотности подстилки и продуктивность коров.

Исследование физико-механических свойств соломенной подстилки проводились в лабораторных условиях. Для исследования в лабораторных условиях динамики изменения деформации исходной и увлажненной соломенной подстилки при уплотнении разработана конструктивно-технологическая схема и создана лабораторная установка. Исходным материалом для проведения исследований деформационных характеристик увлажненной соломенной подстилки в лабораторных условиях является солома озимой пшеницы.

Исследования предусматривали определение зависимости упругого расширения сжатой соломенной подстилки во времени после снятия нагрузки.

Лабораторными опытами определено деформационные характеристики исходной и загрязненной соломенной подстилки различных фракций соломы (длина 3…10 см) и смачиваемостью слоя подстилки в динамике под действием модельной нагрузки, а также температурные характеристики подстилки.

STUDY OF THE DYNAMICS OF CHANGE IN THE DEFORMATION OF A STRAWED LITTER IN THE SEAL

A. Pariiev, O. Drobyshev, T. Korotchenko

Summary

This paper is devoted to the study of the dynamics of change in the deformation of a straw litter during compaction under laboratory conditions and to the determination of the dependence of the elastic expansion of a compressed straw litter in time after the removal of the load.

Determining the physicomechanical properties of straw bedding under the weight of cattle (compaction of bedding) will help to answer the question of the multiplicity of distribution of bedding to create a comfortable box and prevent mechanical injuries and diseases of the limbs of animals.

Experimental studies of the influence of the physicomechanical properties of the litter on the ethological and productive characteristics of livestock maintenance were carried out, including the influence of quantity, geometry and time of straw distribution on the daily structure of the resting time of cows, compacting the litter with their body parts, lying time from litter density and productivity of cows.

The study of physical and mechanical properties of straw bedding was carried out in laboratory conditions. For computation in laboratory conditions of the dynamics of changes in the deformation of the initial and moist straw litter during compaction, a constructive-technological scheme has been developed and a laboratory installation has been created. The source material for the study of the deformation characteristics of wet straw bedding under laboratory conditions is winter wheat straw.

The studies included the determination of the dependence of the elastic expansion of compressed straw litter in time after the removal of the load.

Laboratory experiments determined the deformation characteristics of the original and contaminated straw litter of different straw fractions (length 3…10 cm) and the wettability of the litter layer in dynamics under the action of the model load, as well as the temperature characteristics of the litter.

Keywords: research, deformation, straw, seal, laboratory device.

УДК 631.3-182:662.756.3 DOI: 10.31388/2220-8674-2018-2-13

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ МОБІЛЬНОЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ ШЛЯХОМ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО СКЛАДУ СУМІШЕВИХ БІОДИЗЕЛЬНИХ ПАЛЬНИХ

Журавель Д. П., д.т.н.
Таврійський державний агротехнологічний університет
E-mail: dmitro.zhuravel@tsatu.edu.ua
Тел.:+38(096)-878-24-53

Анотація–У статті розглянуто питання підвищення ефективності використання мобільної сільськогосподарської техніки шляхом забезпечення оптимального складу сумішевих біодизельних пальних.

Дизельне біопаливо – складний метиловий ефір з якістю дизельного пального, виробленого з олії рослинного або тваринного походження і який може бути використовуваним як біопальне. Одним з альтернативних шляхів енергетичного забезпечення, зокрема мобільної техніки, є виробництво дизельного біопального. Відомо, що мінеральне дизпальне у разі усунення з нього сірчастих з'єднань втрачає свої змащувальні властивості. Біодизель, не дивлячись на практично повну відсутність сірки, характеризується хорошими змащувальними показниками, що обумовлене його хімічним складом і наявністю в ньому кисню. Встановлено, що температура спалаху у відкритому тиглі для біодизеля 130…135 С (у дизельного палива 55 С), що дозволяє назвати його пожежобезпечним паливом, яке можна використовувати на стаціонарних установках в закритих приміщеннях і на транспортних засобах для перевезення пожежонебезпечних речовин і людей.

Крім цього, біодизель інтенсифікує хімічне зношування деталей дизельного двигуна, оскільки є агресивнішим, ніж звичайне дизельне паливо. Агресивність виявляється і в кращих миючих властивостях біодизеля, які сприяють видаленню різних нафтопродуктів і їх похідних з деталей, що утворюються в процесі роботи дизельного двигуна. Біодизель відносно агресивний по відношенню до функціональних систем. Проведені дослідження показали, що при використанні суміші біодизеля і мінерального дизпалива в пропорції 25:75 негативна дія на деталі вузлів і агрегатів є не такою явною і суміш можна використовувати в звичайних двигунах, не змінюючи їх конструкції і вимог до експлуатації. При обробці біодизельного пального ультразвуком, безпосередньо перед використанням для мобільної сільськогосподарської техніки, відбувається покращення основних хіммотологічних показників, про що свідчать результати, які наведені в статті.

Ключові слова **– сільськогосподарська техніка, ультразвук, сумішеві біодизельні пальні, метилові ефіри, температура спалаху, кінематична в'язкість, ефективність використання, надійність.**

© Журавель Д. П.

Постановка проблеми. Проблемі освоювання альтернативних відновлювальних джерел енергії вже давно приділяють увагу всі високорозвинуті держави світу. Така необхідність диктується як вичерпанням невідновлювальних енергетичних ресурсів, так і великою кількістю екологічних проблем, які виникають перш за все за рахунок використання традиційних енергетичних джерел. При збереженні нинішніх темпів видобутку та використання корисних копалин, їх вистачить на 30…40 років. Довгостроковий прогноз припускає, що за без-перервним ростом використання корисних копалин (газ, вугілля, нафта) росте концентрація токсичних елементів в атмосфері.

Більшість держав Євросоюзу, США, Канада, Бразилія, Австралії на даний час активно розвивають програми одержання та використання біопалива з рослинної сировини. Згідно директиві ЄС до 2010 року вміст біопалива в загальному обсязі нафтопродуктів повинен складати не менш ніж 5,7%, до 2020 – 10 %. А до 2030 року Європейський Союз планує забезпечити цілу четвертину своїх потреб у паливі для дорожнього транспорту за рахунок чистих і ефективних видів біологічного палива.

Підвищена густина і кінематична в’язкість рослинної оливи (РО) в порівнянні з дизельним пальним (ДП) сприяє деякому збільшенню далекобійності паливного факелу і діаметру розпиленого пального, що призводить до підвищеного попадання на стінки камери згоряння і гільзи циліндрів [7, 8]. Застосування чистої РО в якості моторного пального неприпустимо в зв’язку з погіршенням як енергетичних і економічних показників, так і надійності дизелю в цілому. Це пояснюється фізико-хімічними властивостями і особливостями підготовчих процесів перед згорянням біопального в дизелі. Неповнота згоряння призводить до перевитрати пального, збільшенню димності відпрацьованих газів, зниженню потужності, підвищенню лако- і нагароутворенню. Частина пального в рідкому вигляді стікає по стінках циліндрів в масляний картер і підвищує знос деталей двигуна. Економічність і довговічність двигуна в даному випадку погіршується. На стінках камери згоряння, днищах поршнів і впускних клапанів утворюється щільний нагар темного кольору, а на розпилювачах і голках розпилювачів форсунок – м’який нагар жовтого кольору, іноді у вигляді світло-коричневої лакової плівки, що знижує якість розпилу пального. Слідує відмітити високу агресивність сирої РО до паливних систем дизеля, тому як, особливу важливість в числі основних експлуатаційних вимог до дизельного пального мають корозійні властивості. Причина підвищеної корозії і знос деталей двигуна, це наявність в пальному сірчистих з’єднань, вільних органічних кислот, водорозчинних кислот і лугів[9]. Підвищення

кислотності пального призводить до збільшення корозійного зносу плунжерних пар паливного насосу високого тиску (ПНВТ), руйнуванню гумотехнічних виробів і збільшенню відкладень. Продукти згоряння пального, які включать сірчастий і сірчаний ангідриди, проникають через нещільності циліндро-поршневої групи в картер, де утворюють з водою сірчану і сірчисту кислоти. Змішуючись з оливою, кислоти погіршують її якість, особливо антикорозійні властивості, що призводить до швидкого старіння. В результаті дії сірчистих продуктів на картерну оливу утворюються смолисті з'єднання, які потім утворюють нагар. Відкладення лаку в зоні поршневих кілець призводить до їх закоксування і заклинювання. Сірчисті з'єднання в пальному призводять також до збільшення відкладень на фільтрах тонкого і грубого очищення. З врахування хорошої змащувальної здатності біодизельного пального (БД) може призводити до підвищення довговічності вузлів і агрегатів їх функціональних систем при зниженні агресивності, схильності до полімеризації і задоволенні інших експлуатаційних вимог. Дослідження показали, що найбільш оптимальна пропорція, яка не вимагає модернізації паливної системи двигуна для біодизеля складає: 25…30% МЕРО і 70…75% мінеральних[10].

Адаптація сільськогосподарської техніки до використання біопального ведеться в напрямку покращення фізико-хімічних властивостей і зміни конструкції самого дизеля. Самий простий метод збільшення цетанового числа -це введення необхідних присадок до пального [11]. Найбільш відомими є циклогексилнітрат $C_6H_{13}NO_3$, етилгексилнітрат $C_8H_{17}NO_3$, а також ізопропілнітрат і ізоамілнітрат. Введення присадок до пального підвищує цетанове число на 6…10 одиниць. Разом з тим їх застосування має ряд недоліків, а саме: підвищення ціни, нестабільність при довгому зберіганні, складність забезпечення необхідними присадками в процесі експлуатації, токсичність.

Одним із способів стабілізації процесу самозаймання є збільшення ступеню стиснення. Адаптація дизелів до роботи на багатопаливних композиціях може супроводжуватись збільшенням ступеня стиснення на 2…8 одиниць. Ефектним і доступним методом є попередній підігрів повітряного заряду на впуску, що досягається установкою електрофакельних підігрівачів [11, 12]. Змішування РО або МЕРО з мінеральним пальним дозволяє покращити самозаймання біопаливної композиції. Для забезпечення відповідності характеристик впорскування, пропонується збільшення прохідного перерізу розпилювача до 30% [13], підігрів пального в ПНВТ до 50^0С. Якість сумішоутворення можливо підвищити шляхом покращення розпилювання пального при збільшенні тиску на початку

впорскування [14], а це необхідно робити на стадії проектування двигуна, оскільки збільшення тиску призведе до зміни характеристик паливоподачі. З метою зниження в'язкості і густини рослинних олив пропонується [15] додавати дизельне пальне (не більше 30% від об'єму) в оливу з одночасним підігрівом суміші до 60…70^{0}С. Найбільш ефективним способом зниження в'язкості оливи є нейтралізація жирних кислот ріпакової оливи з наступним змішуванням з дизельним пальним [16]. При адаптації системи живлення дизеля до роботи на біодизельному пальному застосовують двійне впорскування [19], збільшують трубопроводи низького тиску до 10 мм. Для покращення пускових властивостей дизеля на сумішевому пальному при низьких температурах пропонується встановлювати додатковий паливний бак для чистого дизельного пального [12]. Для забезпечення ефективної роботи дизеля необхідно попередньо підігрівати сумішеве пальне до температури 60…70^0 С, що досягається встановленням підігрівача перед фільтром тонкого очищення [20]. Наявність лужного середовища МЕРО (внаслідок неповної етерифікації), окрім названих вище недоліків, призводить до корозії алюмінієвих деталей, а високе значення йодного числа вказує на наявність ненасичених вуглеводнів, які нестабільні і, внаслідок реакцій полімеризації та поліконденсації, призводить до утворення відкладень на деталях системи живлення (фільтри, форсунки, паливні насоси) та циліндро-поршневої групи[13]. Під час роботи двигуна на МЕРО встановлений для дизелів строк служби моторної оливи треба зменшувати вдвічі, бо його фракційний склад значно важчий, ніж у дизельного пального, і він неповністю згоряє, при цьому потрапляючи в оливу погіршує її експлуатаційні властивості.

Підвищення надійності використання СГТ при застосуванні альтернативних видів ПММ рослинного походження є однією із важливих народногосподарських проблем сьогодення [1-6].

Аналіз останніх досліджень. Одним із проблемних питань, пов'язаних з використанням біопально-мастильних матеріалів (БПММ) є забезпечення надійності як функціональних систем СГТ так і експлуатаційних показників мобільної сільськогосподарської техніки[1-6]. Виготовлення сумішевого біопального потребує обробки його компонентів – рослинної олії або МЕРО з дизельним пальним[10-12]. Для перемішування МЕРО з дизельним пальним застосовується роторно-гідравлічний кавітатор (РГД). Температура кипіння метилових ефірів знаходиться в межах 290-340^{0}С. Мінеральне дизельне паливо по фракційному складу регламентується двома точками кипіння. А саме, 50% ДП повинне викіпати при температурі не більше 270^{0}С, інші 47% при температурі не більше 370^{0}С (3% допускається залишку в колбі). Оскільки в метилових ефірах

карбонових кислот немає, 50% фракції, що викіпає при температурі не більше 270^0С, затрудняє запуск дизельного двигуна в літню пору року, в зимове практично не можливий. Тому метилові ефіри перемішуються з компонентом мінерального ДП що викіпає при температурі 190…270^0С в пропорціях 1:1. Якщо такого компоненту немає, 25% метилового ефіру перемішують з 85% мінерального ДП[11]. Для ретельного перемішування метилових ефірів і нафтових компонентів ДП застосовують роторно-гідравлічні кавітатори.

Потік рідини, що проходить через РГД, що пропорційно складається з метилового ефіру і необхідного компоненту мінерального дизельного пального, піддається дії інтенсивного кавітаційного поля. Температура кипіння метилових ефірів карбонових кислот вище 270^0С, тому для отримання біодизеля їх змішують в пропорції один до одного з компонентом дизельного палива, температура кипіння якого знаходиться в межах 190-270^0С. Необхідний компонент ДТ випускається підприємством ТОВ «Кавітек». Біодизель після змішування під впливом кавітаційного поля не розшаровується при зберіганні на протязі трьох місяців[17]. Недоліками гідродинамічного апарату є недостатньо якісна обробка суміші, недотримання заданого відсоткового співвідношення оброблених рідин, неможливість зміни об’ємних витрат рідини і контролю інтенсивності процесу обробки пального. Одним із шляхів підвищення ефективності використання біопального є обробка його в полі ультразвукових коливань безпосередньо перед використання його для мобільної сільськогосподарської техніки.

Застосування сумішевих біодизельних пальних в якості ПММ для СГТ дасть змогу підвищити довговічність вузлів і агрегатів функціональних систем при зниженні агресивності, схильності до полімеризації і задоволенні інших експлуатаційних вимог [1-6].

Метою даних досліджень є дослідження щодо встановлення раціонального складу БПММ, який би забезпечував надійну і ефективну роботу функціональних систем сільськогосподарської техніки.

Результати і обговорення. Як відомо метиловий ефір жирних кислот може бути використаний в якості моторного пального. Однак, при цьому, для забезпечення надійної роботи енергетичного засобу необхідно вносити деякі конструктивні зміни функціональних систем. Тому доцільно використовувати сумішеві біодизельні пальні, які отримують змішуванням метилових ефірів з мінеральним дизельним пальним.

Для змішування метилового ефіру карбонових кислот з необхідною кількістю мінерального ДП ми застосовували технологію, розроблену нами спільно з фахівцями ООО «Севола»

Мелітопольського району і ООО «Кавітек» Харківського району. Біодобавка, що випускається ООО «Севола» повністю відповідає вимогам і технічним умовам ТУ 24.1.-31250301-001, зареєстрованих в державному реєстрі від 03.08.2006 р.

Одним із основних недоліків біодизеля є малий термін його зберігання, не більше трьох місяців.

Для збільшення терміну зберігання біодизелю та покращення якісних показників є багато різних методів та способів. Найбільш ефективним є метод обробки його в полі ультразвукових коливань [10].

Для більшості палив амплітуда змінного тиску, при якому виникає кавітація, змінюється в межах 0,02...1,4 МПа. Ефективність ультразвукової обробки визначається як властивостями середовища, в якому поширюються ультразвукові коливання, так і характеристиками ультразвукового поля. Найважливішою характеристикою цього поля є частота коливань. При цьому збільшення частоти коливань впливає на формування кавітаційних бульбашок за рахунок зміни часу їх росту, а також збільшується кавітаційна міцність пального. Встановлено, що найменша кавітаційна міцність рідини знаходиться в діапазоні частот $1x10^3...1x10^6$ Гц. Динаміка ультразвукової обробки палив, тривалість озвучування впливають на якість середовища, а інші чинники – тиск поля, частота коливань його, температура – впливають на виникнення кавітації в середовищі. Це створює умови для утворення дрібнодисперсного середовища.

Ультразвукова обробка біопалив проводилась на розробленій нами лабораторній установці при частоті 22 кГц (рис. 1)[17].



Рис. 1. Лабораторна установка для обробки біодизеля ультразвуком:
1 – ємність з біодизелем; 2 – магнітострикційний випромінювач;
3 – генератор імпульсів

Фізична сутність даного процесу, при впливі на біопаливо ультразвуковими коливаннями, відбувається диспергування (дроблення) частинок, які знаходяться в ньому. При цьому збільшується кількість полярно – активних частинок, а також збільшується питома поверхня дотику частинок з поверхнею металу пар тертя. В результаті такого явища полярно-активні сполуки часто вступають в реакцію з металом і утворюють при цьому міцний захисний граничний шар [18].Основним параметром, що впливає на даний процес, є час впливу ультразвуку на середовище.

На рис. 2 показано ємність з біодизелем після трьох місяці зберігання, а на рис. 3 ємність з біодизелем оброблений ультразвуком після шести місяців зберігання.

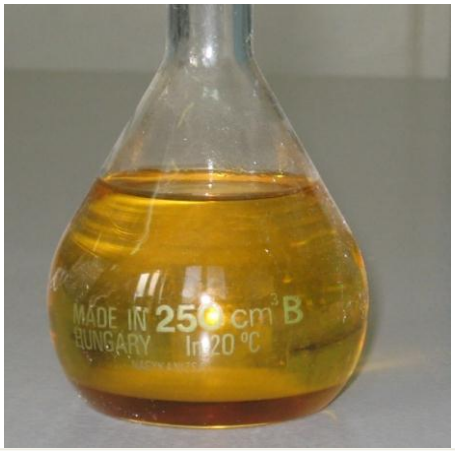


Рис. 2. Ємність з біодизелем після трьох місяців зберігання



Рис. 3 Ємність з біодизелем обробленим ультразвуком після шести місяців зберігання

Із рис. 2 видно, що після трьох місяців зберігання на дні ємності спостерігається осад, а на рис. 3 в біодизелі обробленого ультразвуком після шести місяців зберігання осаду не спостерігається. Таким чином можна стверджувати, що даний метод є ефективним.

Нами було встановлено, що оптимальний час обробки біодизеля (25% ДП і 75% МЕРО) ультразвуком повинен становити 10…12 хв. при інтенсивності 0,8…1,2 Вт/см^2, при цьому в’язкість рідини зменшилась з 5,8 мм^2/с до 5,6 мм^2/с.

При збільшенні часу впливу ультразвуку діаметр частинок збільшується, що пояснюється тим, що в рідині поряд з процесами диспергування частинок відбувається і їх коагуляція (об'єднання).

Для підтвердження ефективності даного процесу нами були проведені триботехнічні дослідження на спеціально розробленій машині тертя по схемі «ролик – колодка» [18].

Отримані результати свідчать про те, що тільки при певному часі обробки ПММ можна досягти найбільшої питомої поверхні біопального [18].

Встановлено, що в результаті обробки біопального ультразвуком коефіцієнт тертя в трибоспряженні зменшився з 0,16 до 0,13, тобто на 19%, а термін зберігання біодизеля збільшився з трьох місяців до шести, тобто вдвічі.

Нами були проведені дослідження основних хіммотологічних властивостей біоолив і метилових ефірів, отриманих з ріпакової оливи (МЕРО) і соняшникової олії (МЕСО), а також сумішевих, тобто дизельного пального (ДП) і МЕРО в різних пропорціях оброблених і необроблених ультразвуком, які отримали найбільше використання в якості біопалив при експлуатації сільськогосподарської техніки. Дослідження проводили згідно діючих стандартів. Основними хіммотологічними властивостями дизельних палив, які визначають надійність роботи вузлів і агрегатів функціональних систем є: густина, в’язкість, кислотне число, температура помутніння і замерзання, температура спалаху, а також механічні домішки і вода. Густина ефірів (біопалив), отриманих з ріпакової і соняшникової олив, близька. Молекули ефірів в три рази менше молекул тригліцеридів, але все таки досить великі в порівнянні з молекулами вуглеводнів, що входять до складу нафтових палив.

Густина паливних композицій (біодизеля) найбільш близька до густини дизельного пального, що не суперечить правилу адитивності.

Якщо густина впливає на масову циклову подачу, практично не змінюючи об'ємної, то величина в’язкості і стисливості пального змінюють об'ємну циклову подачу.

В'язкість пального в істотному ступені впливає на роботу паливної системи, вона визначає внутрішнє тертя паливного потоку і, тим самим, гідравлічні втрати енергії в паливній системі.

Проте, основний чинник впливу в’язкості на циклову подачу – витік пального через зазори прецизійних деталей паливної системи. При номінальному режимі роботи дизеля сумарні витоки пального незначні і складають 0,3…0,5% від циклової подачі при роботі на товарному дизельному пальному.

Гістограма кінематичної в’язкості МЕРО, МЕСО і сумішевих біодизельних пальних наведена на рис.4.

Як видно із гістограми найбільш близькі значення кінематичної в’язкості по відношенню до мінерального ДП відповідають біодизеля обробленого ультразвуком БДОУ (25% МЕРО і 75% ДП), а біодизель необроблений ультразвуком (25% МЕРО і 75% ДП) має значення кінематичної в’язкості більші, а від величини в’язкості залежить,

зокрема, режим дроселювання пального в наповнювальних і відсічних вікнах втулки плунжера при їх відкритті і закритті плунжером.



Рис.4. Гістограма в’язкості:1 – МЕРО; 2 – МЕСО; 3 – ДП; 4 – БДОУ; 5 – БДНУ

Кислотність нафтопродуктів залежить від вмісту в них нафтенових, карбонових і оксикарбонових кислот, фенолів і інших з'єднань кислотного характеру. З перерахованих з'єднань нафтенові кислоти грають домінуючу роль. Гістограма кислотного числа МЕРО, МЕСО і сумішевих біодизельних пальних наведена на (рис.5).

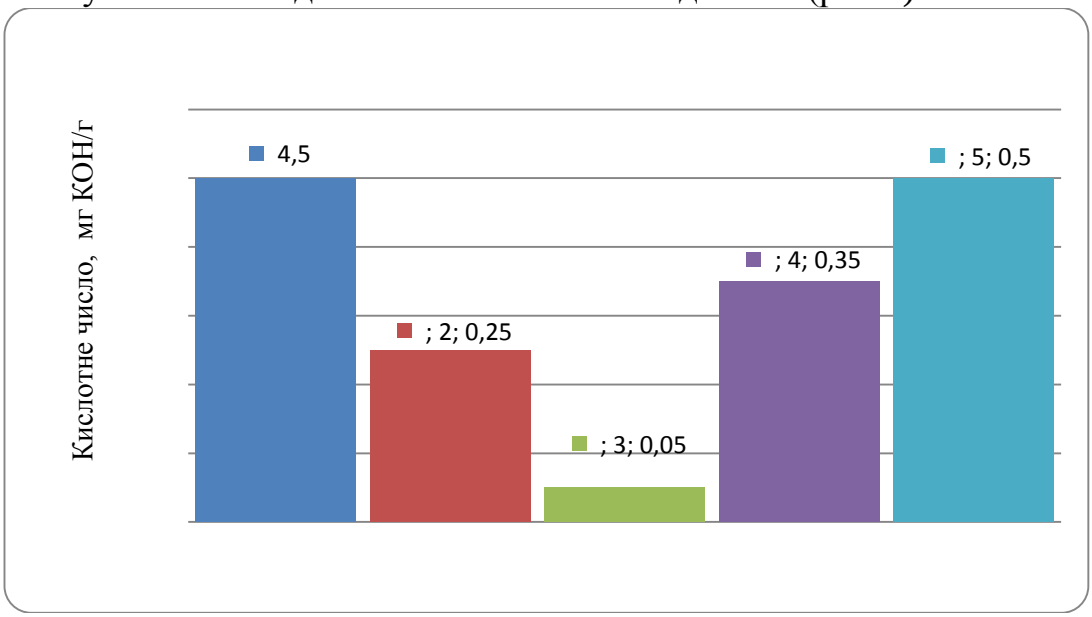


Рис.5. Гістограма кислотного числа:1 – МЕРО; 2 – МЕСО; 3 – ДП; 4 – БДОУ; 5 – БДНУ

Виходячи з цього, кислотність нафтопродуктів прийнято виражати не у вмісті тих або інших кислих речовин, а в масовій

кількості лугу, що йде на нейтралізацію усіх кислих органічних сполук і віднесеному до одиниці маси або об'єму аналізованого нафтопродукту.

Присутність органічних кислот в нафтопродуктах украй небажана, особливо це відноситься до низькомолекулярних жирних кислот, що мають велику корозійну активність. Тому кислотність палив нормується в тих, що відповідають вимогам стандартів. Згідно вимогам стандартів кислотне число в середньому (залежно від сортності) не повинне перевищувати значення 0,9 мг КОН/г.

В нашому випадку МЕСО, БДОУ, БДНУ проходять за цим показником. У МЕРО кислотне число в декілька раз перевищує максимальне значення. Це можна пояснити, по-перше, кількісним і якісним хімічним складом, по-друге, технологією отримання, якістю початкової сировини і терміном реалізації. БДОУ має нижче значення кислотного числа, а це свідчить про те, що в процесі обробки ультразвуком частина вільних кислот нейтралізувалася. Ні механічних домішок, ні води виявлено не було. При промиванні нафтопродуктів водою водорозчинні кислоти і луги (ВКЛ) переходять в розчин, в якому вони виявляються при дії на розчин відповідних індикаторів. Визначення ВКЛ особливо важливе для ефірів, оскільки в технології використовуються лужні каталізатори, надалі їх виводять з реакційної маси неорганічними кислотами. У кінцевих продуктах водорозчинних кислот і лугів не виявлено.

По мірі охолодження або нагрівання індивідуальної хімічної сполуки відбувається його перехід з рідкого стану в твердий або з твердого в рідкий. Цей перехід протікає при постійній температурі, що називається температурою затвердівання та температурою плавлення. Нафтопродукти не мають певної температури переходу з одного агрегатного стану в інший. При пониженні температури деякі окремі компоненти стають поступово в'язкішими і малорухомими, а деякі виділяються у вигляді осадів або кристалів. Температура застигання пального має велике практичне значення при усіх товаротранспортних операціях при низьких температурах, а також при використанні їх в зимових умовах. Це пояснює високі значення температури помутніння і застигання ефірів (рис.6 і 7).

По температурі помутніння судять про гігроскопічність палив і про можливість випадання кристалів льоду, що засмічують паливоподаючу систему, що надзвичайно небезпечно при експлуатації двигунів. Отримані ефіри в основі своїй містять кислотні залишки від молекули тригліцеридів, що складає основну частину пальних, що впливає на властивості отримуваних продуктів.

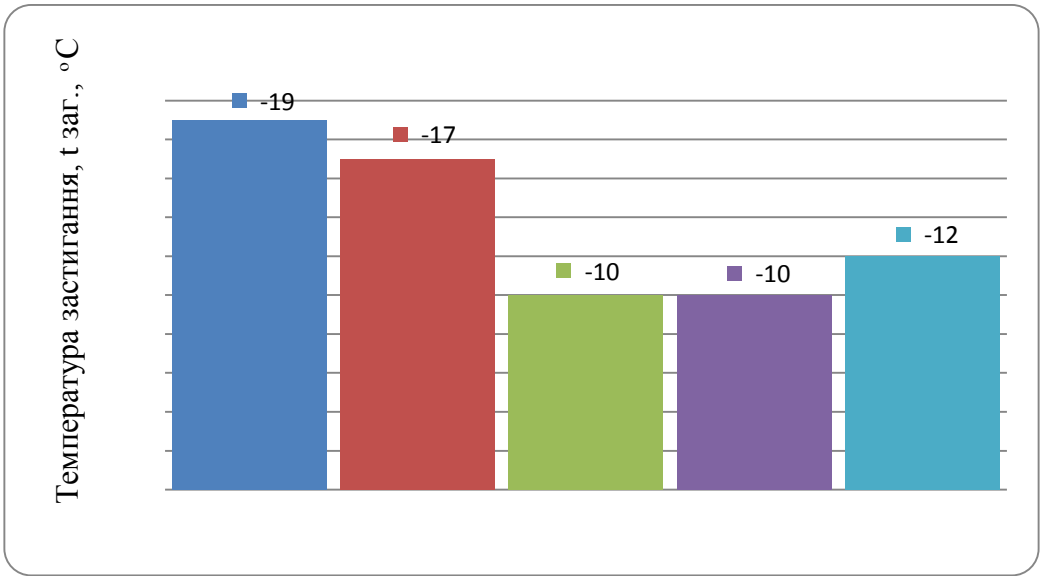


Рис.6. Гістограма температури застигання: 1 – МЕРО; 2 – МЕСО; 3 – ДП; 4 – БДОУ; 5 – БДНУ

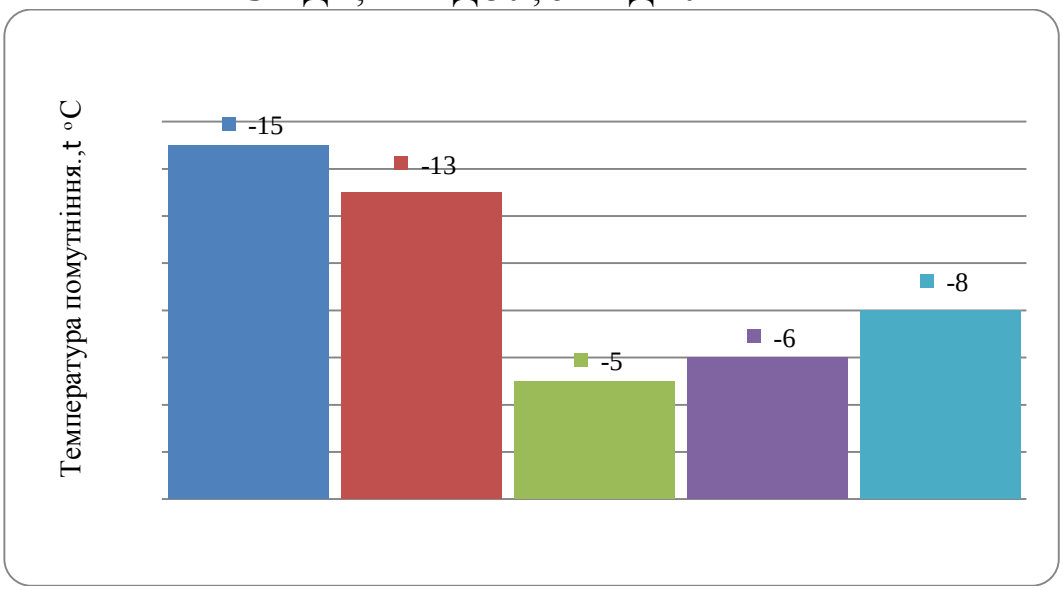


Рис.7. Гістограма температури помутніння: 1 – МЕРО; 2 – МЕСО; 3 – ДП; 4 – БДОУ; 5 – БДНУ

При отриманні сумішевих композицій картина різко міняється. Числові значення температурних характеристик підвищуються зі збільшенням концентрації введення дизельного пального.

Температура спалаху характеризує вогненебезпечність будь-яких ПММ. Температура спалаху є нормованим показником дизельних пальних. У зв'язку з вогненебезпечністю ПММ по температурі спалаху можна скласти уявлення про характер вуглеводнів, що входять до його складу, а також про наявність домішок летючих компонентів (рис. 8). Температура спалаху дуже важливий показник для пальних. У отримуваних ефірів температура спалаху понад 150 °С, це говорить про те, що ефіри можуть

спалахнути при нагріві їх до такої температури при піднесенні полум'я. У сумішевих пальних температура варіює в межах від 100 до130 °С, залежно від того, який відсоток внесеного дизельного пального.

Фракційний розгін нафтопродуктів грає особливу роль при контролі їх якості і їх управлінні. Встановлений зв'язок параметрів фракційного розгону з такими характеристиками нафтопродуктів, як в'язкість, температура застигання, температура спалаху і так далі. У стандартах на пальне для промислово-технічних цілей в розділі «технічні вимоги» одним з показників є фракційний склад, який визначається в стандартних апаратах.

Температури початку кипіння у МЕСО і МЕРО дуже високі – 280…300 °С, 10 % кипить при 300…330 °С, що вказує на відсутність легколетучих з'єднань і затруднятиме запуск двигуна при знижених температурах. У сумішевих композицій тенденція інша: початок розгону однаковий і тільки починаючи з 10% спостерігається розділення. Температура википання 50% пальних відіграє вирішальний вплив на швидкість прогрівання працюючого двигуна і на витрату пального. У МЕСО і МЕРО починаючи з 20 до 80% температура розгону практично постійна. Гістограма температури спалаху МЕРО, МЕСО, біодизеля і ДП наведена на (рис.8).

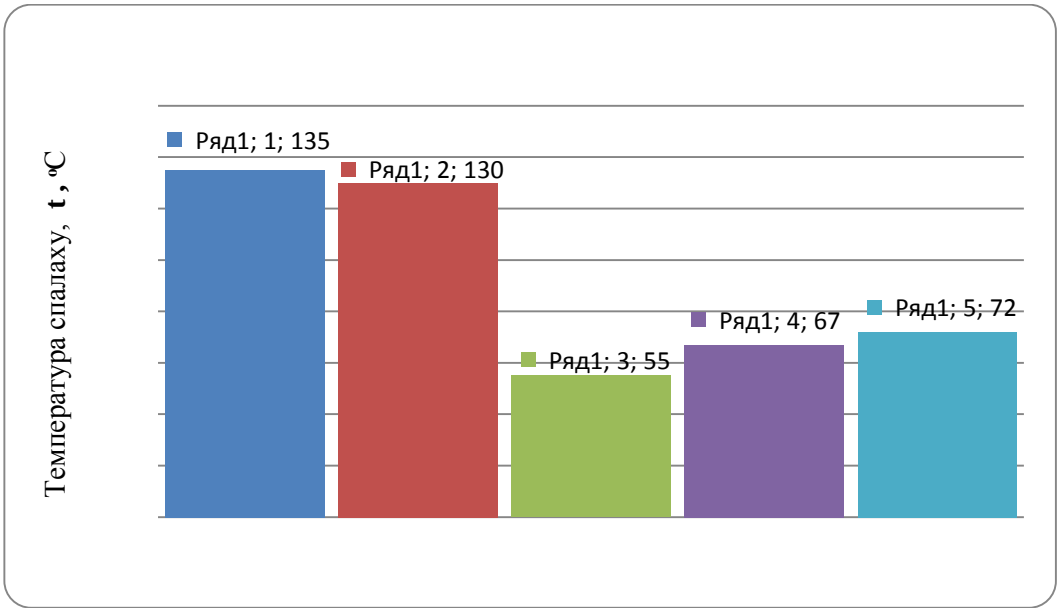


Рис. 8. Гістограма температури спалаху: 1 – МЕРО; 2 – МЕСО; 3 – ДП; 4 – БДОУ; 5 – БДНУ

Сумішеві пальні поводяться як дизельне пальне незалежно від концентрацій складових. Не менше значення має і повнота випару пального, яка за даними стандартного розгону характеризується температурами википання. При підвищенні цих температур

зменшується повнота випару пального, що спричиняє за собою нерівномірність його розподілу по циліндрах двигуна, розрідження оливи, збільшення витрати пального і оливи.

Висновки. Усі ефіри і сумішеві біопальні мають максимально наближені значення кінця перегонки. Термоокислювальна стабільність пального при підвищених температурах визначає його схильність до відкладень на деталях двигуна і форсунках. Ця важлива експлуатаційна характеристика товарних дизельних пальних досі мало вивчена, а роботи по дослідженню термоокислювальної стабільності біопального практично відсутні.

Експериментально отримані результати свідчать про збільшення термоокислювальної стабільності дизельного пального при введенні в нього метилових ефірів ріпакової оливи. Проте не можна підібрати оптимальне відношення біодизеля, виходячи тільки з результатів визначення його термоокислювальної стабільності. Необхідні усебічні комплексні дослідження, включаючи випробування на повнорозмірному дизелі.

Для забезпечення надійності вузлів і агрегатів СГТ шляхом покращення якісних показників біодизеля необхідно проводити обробку його в полі ультразвукових коливань. Оптимальний час обробки повинен становити протягом 10…12 хв. при частоті ультразвуку 22 кГц і інтенсивності 0,8…1,2 Вт/см^2. В результаті обробки коефіцієнт тертя в трибоспряженні зменшився на 19%, в'язкість рідини зменшилась на 3,5%, при цьому термін зберігання біодизеля збільшився більше ніж вдвічі.

Література

1. Дидур В. А. Надежность мобильной сельскохозяйственной техники при использовании биологических топливо-смазочных материалов / В. А. Дидур, Д. П. Журавель // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України / НУБіП. – К., 2016. – № 251. – С. 69-78. – (Техніка та енергетика АПК).

2. Журавель Д. П. Методологія оцінки надійності мобільної сільськогосподарської техніки при експлуатації на різних видах паливо-мастильних матеріалів / Д. П. Журавель // Вісник Сумського національного аграрного університету / СНАУ. – Суми, 2016. – Вип. 10/3(31). – С.66-71. – (Механізація та автоматизація виробничих процесів).

3. Журавель Д. П. Вплив забрудненості абразивом біопаливо-мастильних матеріалів на енергоємність поверхневих шарів металів вузлів і агрегатів мобільної техніки / Д. П. Журавель // Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти. – Херсон, 2017. – Вип. 5. – С.56-65.

4. Журавель Д. П. Методология обеспечения надежности мобильной техники при использовании биологических ТСМ / Д. П. Журавель // Енергозабезпечення технологічних процесів в агропромисловому комплексі України: матер. VI Міжнар. наук.-техн. конференції(10-14 червня 2015 р., м. Мелітополь) / ТДАТУ. – Мелітополь, 2015. – С. 8-10.

5. Журавель Д. П. Забезпечення надійності мобільної сільськогосподарської техніки при експлуатації на різних видах паливо-мастильних матеріалів /Д. П. Журавель // Сучасні проблеми землеробської механіки : зб. тез доп. XVII міжнар. наук. конференції (17-18 жовтня 2016 р., м. Суми)/ СНАУ. – Суми, 2016. – С. 163-164.

6. Журавель Д. П. Підвищення ефективності експлуатації мобільної сільськогосподарської техніки при використанні біопаливо-мастильних матеріалів / Д. П. Журавель / Раціональне використання енергії в техніці. TechEnergy 2017: збірник тез доповідей XIII Міжнародної наукової конференції / НУБіП. – К., 2017. – С. 155-156.

7. Семенов В. Г. Оптимизация состава бинарного альтернативного дизельного топлива / В. Г. Семенов // Химмотология. – 2003. –№ 4. – С. 29-32.

8. Семенов В. Г. Экономические и экологические показатели дизеля при работе на биодизельных топливах разных сортов / В. Г. Семенов, И. П. Васильев//Тракторы и сельхозмашины. – 2009. – № 3. – С. 7-8.

9. Клевцов М. М. Ефективність та експлуатаційна надійність двигунів сільськогосподарських машин / М. М. Клевцов, А. М. Божок, В. Ф. Понеділок.– К.: Урожай, 1995. – 192 с.

10. Девянин С. Н. Растительные масла и топлива на их основе для дизельных двигателей / С. Н. Девянин, В. А. Марков, В. Г. Семенов. – М.: Издательский центр ФГОУ ВПО МГАУ, 2007. – 340 с.

11. Кюрчев В. М. Альтернативні види палива в АПК: посібник/ В. М. Кюрчев, В. А. Дідур, Л. І. Грачова. – К.: Аграрна освіта, 2012. – 409 с.

12. Льотко В. Т. Применение альтернативных топлив в двигателях внутреннего сгорания / В. Т. Льотко, В. Н. Луканин, А. С. Хачиян.– М.: МАДИ (ТУ), 2000. –311 с.

13. Гайворонский А. И. Использование природного газа и других альтернативных топлив в дизельных двигателях / А. И. Гайворонский, В. А. Марков, Ю. В. Илатовский.– М.: ИРЦ Газпром, 2007. – 480 с.

14. Дубовой В. М. Ідентифікація та моделювання технологічних об’єктів та систем керування: навчальний посібник / В. М. Дубовой. – Вінниця: ВНТУ, 2012. – 308 с.

15. Звонов В. А. Экология: альтернативные топлива с учетом их полного жизненного цикла /В. А. Звонов, А. В. Козлов,

А. С. Теренченко// Автомобильная промышленность. – 2001. – № 4. – С. 10-12.

16. Калетник Г. М. Розвиток ринку біопалива в Україні / Г. М. Калетник. – К.: Аграрна наука, 2008. – 461 с.

17. Журавель Д. П. Обробка біодизеля ультразвуком / Д. П. Журавель // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету / ТДАТУ. – Мелітополь, 2015.–Вип. 15, т. 2. – С. 181-184. – (Технічні науки).

18. Визначення температури спалаху горючих речовин методом Пенського-Мартенса в закритому тиглі:ДСТУ ISO 2719:2006(ISO 2719:2002, IDT). –[Чинний від 2008-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2012. – 19 с. – (Національний стандарт України).

19. Гавриш В. І. Забезпечення ефективного використання паливно-енергетичних ресурсів у аграрному секторі економіки: теорія, методологія, практика: монографія / В. І. Гавриш. – Миколаїв: МДАУ, 2007. –283с.

20. Марченко А. П. Расчётно-экспериментальные исследования по оценке влияния подогрева альтернативных топлив на показатели работы дизеля/А. П. Марченко// Двигатели внутреннего сгорания / ХПИ. – Харьков, 2005. –№ 1 – С. 8-17.

ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОБИЛЬНОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ ПУТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО СОСТАВА СМЕСЕВЫХ БИОДИЗЕЛЬНЫХ ТОПЛИВ

Журавель Д.П.

Аннотация

В статье рассмотрен вопрос повышения эффективности использования мобильной сельскохозяйственной техники путем обеспечения оптимального состава смесевых биодизельных топлив. Дизельное биотопливо – сложный метиловый эфир с качеством дизельного топлива, выработанного из масел растительного или животного происхождения и который может быть используемый как биогорючее. Одним из альтернативных путей энергетического обеспечения, в частности мобильной техники, является производство дизельного биогорючего. Известно, что минеральное дизтопливо в случае устранения из него сернистых соединений теряет свои смазочные свойства. Биодизель, несмотря на практически полное отсутствие серы, характеризуется хорошими смазочными показателями, что обусловлено его химическим составом и наличием в нем кислорода.

Установлено, что температура вспышки в открытом тигле для биодизеля 130…135°С (у дизельного топлива 55°С), что позволяет назвать его пожаробезопасным топливом, которое можно использовать на стационарных установках в закрытых помещениях и на транспортных средствах для перевозки пожарноопасных веществ и людей. Кроме этого, биодизель интенсифицирует химическое изнашивание деталей дизельного двигателя, поскольку является

агрессивнее, чем обычное дизельное топливо. Агрессивность оказывается и в лучших моющих свойствах биодизеля, которые способствуют удалению разных нефтепродуктов и их производных из деталей, которые образуются в процессе работы дизельного двигателя.

Биодизель относительно агрессивен по отношению к деталям функциональных систем. Проведенные исследования показали, что при использовании смеси биодизеля и минерального дизтоплива в пропорции 25: 75 негативное действие на детали узлов и агрегатов является не таким явным и смесь можно использовать в обычных двигателях, не изменяя их конструкции и требований к эксплуатации. При обработке биодизельного топлива ультразвуком, непосредственно перед использованием для мобильной сельскохозяйственной техники, происходит улучшение основных химмотологических показателей, о чем свидетельствуют результаты, которые приведены в статье.

INCREASES OF EFFICIENCY OF THE USE OF MOBILE AGRICULTURAL TECHNIQUE BY PROVIDING OF OPTIMAL COMPOSITION OF BLENDERIZED BIODIESEL FUELS

D. Zhuravel

Summary

In the article the question of increase of efficiency of the use of mobile agricultural technique is considered by providing of optimal composition of blenderized biodiesel fuels. A diesel biopropellant is difficult methyl ether with quality of diesel fuel mine-out from oils of vegetable or animal origin and that can be used as a biofuel. One of alternative ways of the power providing, in particular mobile technique, a production of diesel biofuel is. It is known that mineral diesel fuel in case of removal from him sulphureous connections loses the lubricating properties. A Biodiesel, in spite of practically complete absence of sulphur, is characterized good lubricating indexes, that it contingently his chemical composition and presence in him of oxygen.

It is set that temperature of flash in open crucible for a biodiesel 130-135° With (at a diesel fuel 55° C), that allows to name his safe fuel that can be used on stationary options in the closed apartments and on transport vehicles for transportation of substances and people. Except it, a biodiesel intensifies the chemical wear of details of diesel engine, as is more aggressive, than ordinary diesel fuel. An aggressiveness appears and in the best washings properties of biodiesel, that assist moving away of different oil products and their derivatives from details that appear in the process of work of diesel engine.

A Biodiesel is relatively aggressive in relation to the details of the functional systems. Undertaken studies showed that at the use of mixture of biodiesel and mineral diesel fuel in a proportion 25:75 the negative operating on the detail of knots and aggregates is not such obvious and mixture can be used in ordinary engines, not changing their construction and requirements to exploitation. At treatment of biodiesel fuel an ultrasound, immediately in front of the use for a mobile agricultural technique, there is an improvement of basic physical and chemical indexes what results that is presented in the article testify to.

Keywords: agricultural machinery, ultrasound, blended biodiesel balls, methyl esters, flash point, kinematic viscosity, efficiency, reliability.

УДК 631.362:665.335.5 DOI: 10.31388/2220-8674-2018-2-14

ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ВОЛОГО-ТЕПЛОВОЇ ОБРОБКИ М'ЯТКИ ПРИ ВИДІЛЕНІ ОЛІЇ ІЗ НАСІННЯ РИЦИНИ

Дідур В. В., к.т.н.,
Дідур В. А., д.т.н.,
Чебанов А. Б., к.т.н.,
Асєєв А. А., аспірант*
Таврійський державний агротехнологічний університет
E-mail: didurva@gmail.com
Тел.: +38(067)681-32-41

Анотація –Волого-теплова обробка є однією з найважливіших технологічних операцій при підготовці насіння рицини до витягу олії пресуванням та надає вирішальний вплив на кількість і якість кінцевих продуктів: олії, макухи чи шроту. Але, максимальна кількість олії із насіння рицини буде забезпечуватися тільки при оптимальних значеннях технологічних параметрів волого-теплової обробки м'ятки насіння рицини. У зв'язку з цим, виникає актуальне завдання щодо використання методики математичного планування експерименту.

Відповідно до методики багатофакторного експерименту проведена оптимізація параметрів волого-теплової обробки м'ятки насіння рицини в експериментальному комплексі для віджимання олії з олійної сировини. За критерій оптимізації прийнято масу олії, що отримано при віджиманні в експериментальному комплексі. Встановлено оптимальні параметри волого-теплової обробки: кінцева вологість мезги для періоду зволоження $W_{к.з}$ = 9,144…10,662%; кінцева вологість мезги для періоду сушіння $W_{к.с}$ =5,72…6,68%; тиск пари, що гріє $p_{гр}$ = 3,71…4,419 кПа.

Ключові слова – насіння рицини, мезга, м'ятка, волого-теплова обробка, тиск пари, період зволоження, період сушіння, вологість м'ятки.

Постановка проблеми. Обробка м'ятки насіння рицини вологою і теплом при інтенсивному перемішуванні та доведенням її вологості і температури до оптимальних величин на протязі визначеного часу викликає змінення ряду фізико-хімічних властивостей м'ятки і олії, яка в ній міститься, що сприяє найкращому ефекту витягу олії. Волого-теплова обробка є однією з найважливіших технологічних операцій при підготовці насіння рицини до витягу олії пресуванням та надає вирішальний вплив на кількість і якість кінцевих продуктів: олії, макухи чи шроту [1-7]. Але, максимальна кількість олії з насіння рицини буде забезпечуватися тільки при оптимальних значеннях

∗ Науковий керівник – Дідур В. А.

© Дідур В. В., Дідур В. А., Чебанов А. Б., Асєєв А. А.

технологічних параметрів волого-теплової обробки м’ятки насіння рицини в розробленому експериментальному комплексі для віджимання олії з олійної сировини [8] між собою, що неможливе при розрізненому вивченні їх впливу. У зв'язку з цим, виникає актуальне завдання щодо використання методики математичного планування експерименту.

Аналіз останніх досліджень. Основним завданням планування експерименту є знаходження статистичної математичної моделі об'єкту дослідження у вигляді полінома (рівняння регресії) першого або другого ступеня. Загальний хід побудови і подальшого дослідження математичної моделі встановлено вченими такими як Бондарь А.Г. [10], Мельников С.В., Алешкин В.Р., Рощин П.М. [9] та зводиться до наступного:

- попереднього дослідження об’єкту;
- вибору критеріїв оптимізації, впливовості чинників;
- побудови статистичної математичної моделі та оцінки її адекватності і відтворюваності;
- використання моделі для оптимізації досліджуваного процесу.

Мета статті – підвищення ефективності процесу віджимання олії шляхом проведення оптимізації параметрів волого-теплової обробки м’ятки насіння рицини.

Результати та обговорення. Критерієм оптимізації є параметр, за яким оцінюється досліджуваний об'єкт і який зв'язує чинники в математичну модель. При проведенні багатофакторного експерименту за критерій оптимізації прийнято масу олії (m, гр), що отримано при віджиманні в експериментальному комплексі [8].

На підставі апріорної інформації встановлено, що на процес волого-теплової обробки м’ятки насіння рицини в розробленому експериментальному комплексі впливають наступні чинники: кінцева вологість мезги для періоду зволоження ($W_{к.з}$, %), кінцева вологість мезги для періоду сушіння ($W_{к.с}$, %), та тиск пари, що гріє ($p_{гр}$, *кПа*).

При кодуванні факторів використовувалася наступна формула:

$$x_i = \frac{X_i - X_{i0}}{\Delta_i}, \qquad (1)$$

де x_i – кодоване значення фактору;

X_i – значення фактору на i-рівні;

X_{i0} –значення фактору на нульовому рівні;

Δ_i – інтервал варіювання.

Кожний фактор варіюється на верхньому (+) та нижньому (–) рівнях.

Для визначення ступеню впливу факторів на критерій оцінки необхідно шляхом експериментальних досліджень встановити залежність між ними, що досягається шляхом апроксимації. Найбільш точним методом апроксимації є метод поліноміального опису процесу за допомогою рівняння регресії, яке в загальному випадку має вигляд:

$$Y = b_0 + \sum_{i=1}^{k} b_i \cdot x_i + \sum_{i \le j}^{k} b_{ij} \cdot x_i \cdot x_j + \sum_{i \le j}^{k} b_{ij} \cdot x_i^2 + \ldots, \qquad (2)$$

де b_i – коефіцієнт регресії *i*-го фактору;

k – кількість факторів.

При проведені багатофакторного експерименту, значення факторів, (табл. 1) кодували і, згідно з відомими методиками, знаходили коефіцієнти регресії b_i, які і визначають ступінь впливу зазначених факторів на критерій *y(m)*.

Таблиця 1.

Результати кодування факторів

Фактор	Кодоване позначення	Інтервал варіювання	Рівні варіювання					
			Натуральні			Кодовані		
			Верхні	Нульові	Нижні	Верхні	Нульові	Нижні
$W_{зв}$, %	x_1	±2	13	11	9	1	0	-1
W_c, %	x_2	±2	9	7	5	1	0	-1
$p_{гр}$, кПа	x_3	±1	5	4	3	1	0	-1

Перевірку і аналіз проводили за трьома критеріями:

а) Критерій Кохрена (перевірка відтворюваності дослідів);

б) Критерій Стьюдента (перевірка коефіцієнтів на значимість);

в) Критерій Фішера (перевірка моделі на адекватність).

Перевірка відтворюваності дослідів полягає в оцінці однорідності порядкових дисперсій в матрицях плану. Визначаються дисперсії відтворюваності за критерієм Кохрена $G_р = 607 < G_т = 0{,}734$, що вказує на гарну відтворюваність дослідів.

За критерієм Стьюдента визначаються коефіцієнти поліноміальної регресії. Для кожного коефіцієнту регресії з урахуванням середньоквадратичного відхилення визначаються розрахункові значення критерія Стьюдента [9; 10]. Порівнюються теоретичне та табличне значення за критерієм Стьюдента. На основі критерію Стьюдента коефіцієнт b_1 незначим, тому в моделі відсутній.

В результаті розрахунків отримано модель другого порядку для розрахунку маси олії при віджиманні з насіння рицини в експериментальному комплексі від технологічних факторів:

$$y = 41{,}502 + 0{,}898x_2 - 3{,}069x_3 + 1{,}093x_1x_2 - 2{,}285x_1x_3 - 3{,}519x_2x_3 - \\ - 0{,}515x_1^2 + 2{,}233x_2^2 + 1{,}132x_3^2 \quad (3)$$

Для визначення адекватності моделі, порівняно критичне та розрахункове значення критерію Фішера

$$F_p = \frac{S_{ad}^2}{S_0^2}, \quad (4)$$

де S_0^2 – дисперсія відтворюваності; S_{ad}^2 – дисперсія адекватності моделі.

Перевірка показала адекватність рівняння регресії (3) $F_p = 1{,}155 < F_m = 2{,}475$. Отримана нелінійна модель адекватна та може використана при побудові області оптимуму.

Розкодована модель має вигляд:

$$y(m) = 12{,}027 + 6{,}412W_{к.з} - 3{,}334W_{к.с} + 12{,}759p_{гр} + 0{,}273W_{к.з}W_{к.с} - \\ - 1{,}143W_{к.з}p_{гр} - 1{,}760W_{к.с}p_{гр} - 0{,}129W_{к.з}^2 + 0{,}558W_{к.с}^2 + 1{,}132p_{гр}^2 \quad (5)$$

Для визначення точки оптимуму рівняння регресії другого порядку диференціюємо, прирівнюючи до нуля кожний фактор.
Двомірний перетин, при фіксованому факторі ($x_1 = 0$), характеризує $W_{к.с}, p_{гр}$. Канонічне рівняння має вигляд

$$y = 41{,}502 + 0{,}898x_2 - 3{,}069x_3 - 3{,}519x_2x_3 + 2{,}233x_2^2 + 1{,}132x_3^2.$$

Поверхня відгуку представляє собою гребінь, який витягнутий за віссю x_1 – мінімум $(W_{к.с} = 5{,}72\%;\ p_{гр} = 3{,}71 кПа)$, максимальне значення в точці $(W_{к.с} = 9\%;\ p_{гр} = 3{,}21 кПа)$ (рис.1).

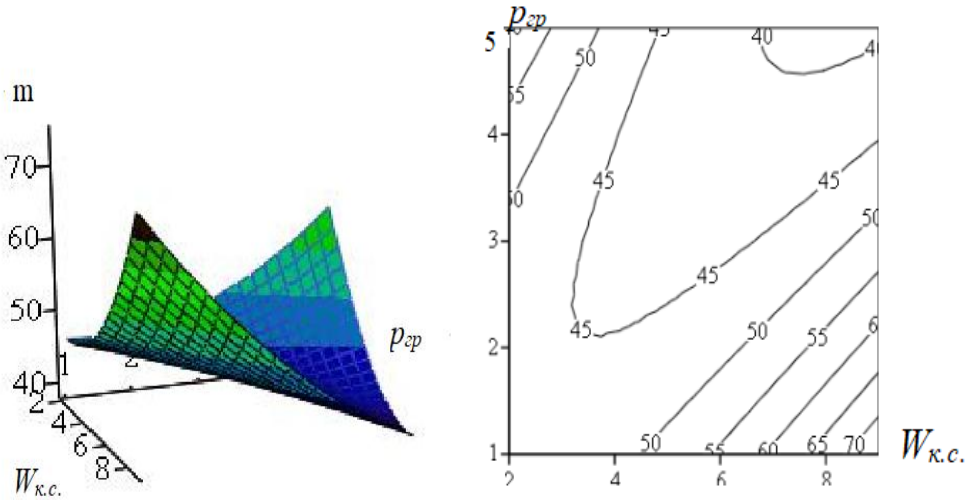


Рис. 1. Поверхня і лінії рівнів функції відгуку (x_1=0).

Двомірний перетин поверхні відгуку, який характеризує $W_{к.з}, p_{гр}$ при $x_2 = 0$ та рівнянні (6) представлено на рис.2.

$$y = 41{,}502 - 3{,}069x_3 - 2{,}285x_1x_3 - 0{,}515x_1^2 + 1{,}132x_3^2. \quad (6)$$

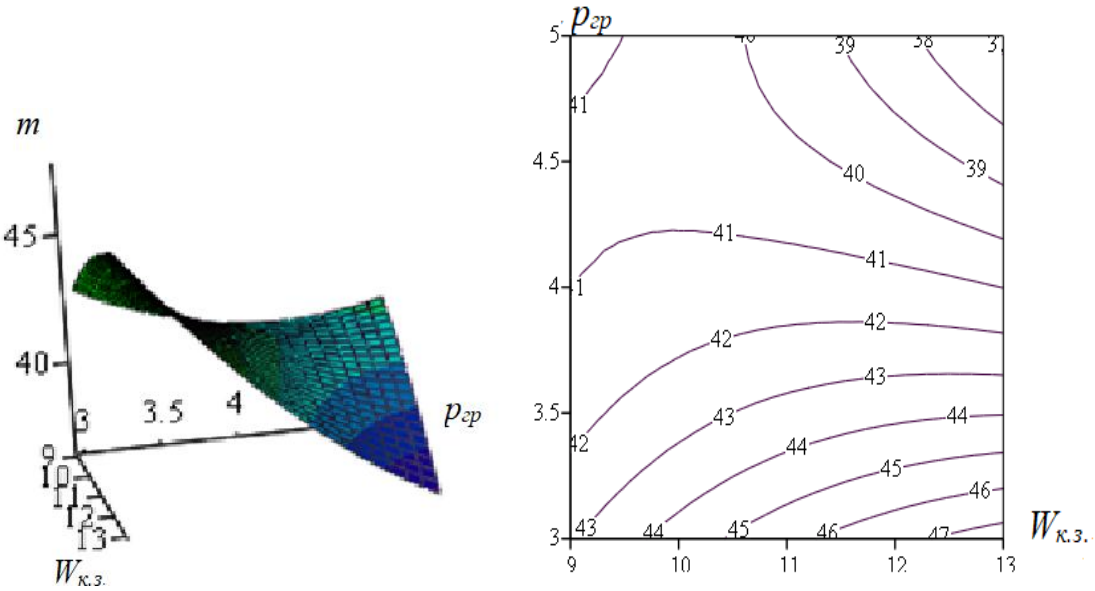


Рис. 2. Поверхня і лінії рівня функції відгуку (x_2=0).

Поверхня відгуку представляє собою «сідло», яке витягнуто за віссю x_3 – мінімум $(W_{к.з} = 10{,}662\%;\ W_{к.с} = 6{,}68\%)$.

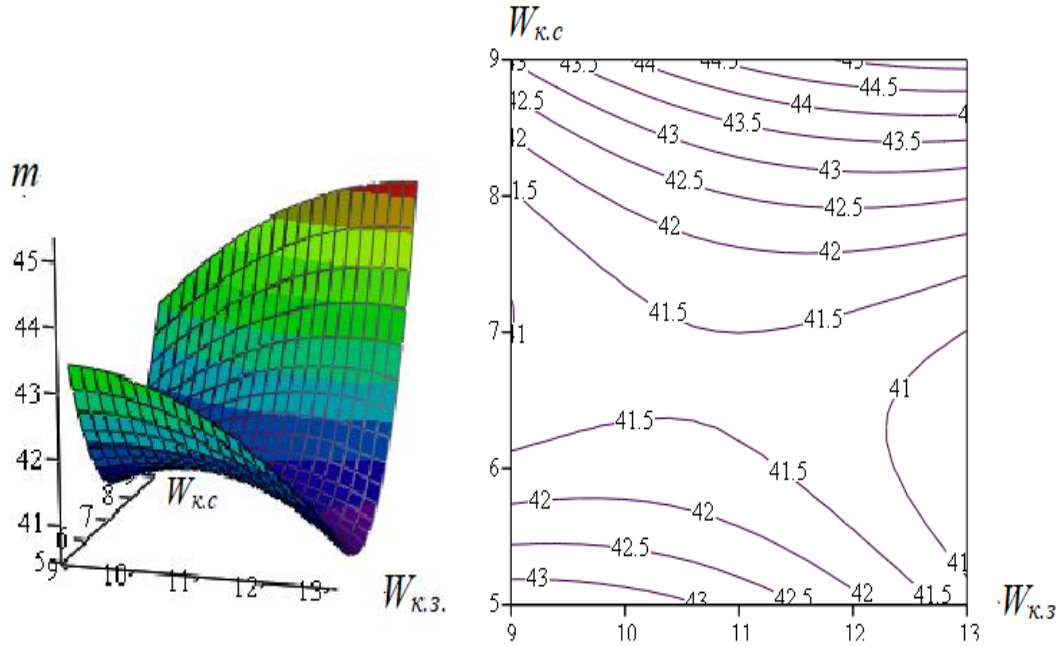


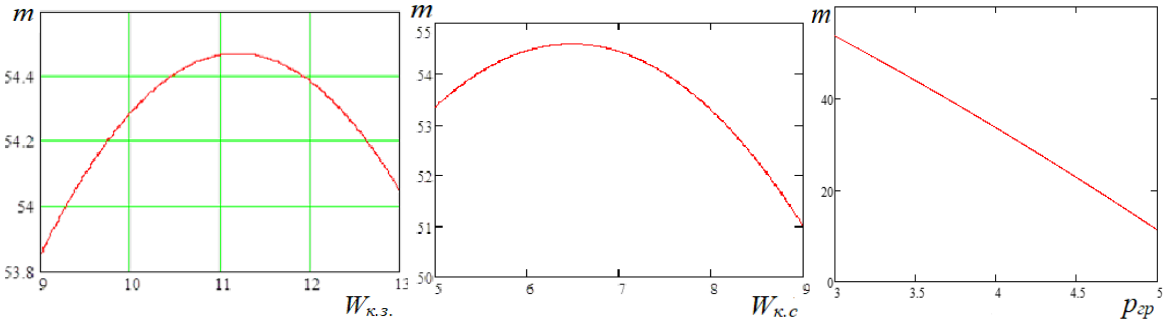
Рис. 3. Поверхня та лінії рівнів функції відгуку (x_3=0).

Поверхня відгуку представляє собою «сідло», яке витягнуто за віссю x_2 – мінімум $(W_{к.з} = 9{,}144\%;\ p_{гр} = 4{,}419 кПа)$.

Двомірний перетин поверхні відгуку, який характеризує $W_{к.з}W_{к.с}$ при $x_3 = 0$ та рівнянні (7) представлено на рис. 3.

$$y_i = 41{,}502 + 0{,}898x_2 + 1{,}093x_1x_2 - 0{,}515x_1^2 + 2{,}233x_2^2. \quad (7)$$

Проведений аналіз залежностей ступеню впливу кожного фактору на критерій оптимізації (рис.4). Так, при кінцевій вологості мезги для періоду зволоження $W_{к.з}$=11,2% (рис.4а) та кінцевій вологості мезги для періоду сушіння $W_{к.с}$=6,4% (рис.4б) досягається найбільша кількість олії m=54,45 гр. При зміні тиску пари, що гріє від $p_{гр}$=5 кПадо $p_{гр}$=3 кПа, маса отриманої олії збільшується від m=13,3 гр до m=54,45 гр.



а) б) в)

Рис. 4. Залежності маси олії m від: а – кінцевої вологості мезги для періоду зволоження $W_{к.з}$; б – кінцевої вологості мезги для періоду сушіння $W_{к.с}$; в – тиску пари, що гріє $p_{гр}$.

Висновки. В результаті виконаного повнофакторного експе-рименту для процесу волого-теплової обробки м'ятки насіння рицини визначено наступні оптимальні параметри для віджимання олії з олійної сировини:

– кінцева вологість мезги для періоду зволоження $W_{к.}$ = 9,144…10,662%;
– кінцева вологість мезги для періоду сушіння $W_{к.с}$ = 5,72…6,68%;
– тиск пари, що гріє $p_{гр}$ = 3,71…4,419 кПа.

Література.

1. Масликов В. А. Технологическое оборудование производства растительных масел / В. А. Масликов. – М.: Пищевая промышленность, 1974. – 439 с.

2. Технология производства растительных масел / под ред.: В. М. Копейковского, С. И. Данильченко. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 416 с.

3. Масликов В. А. Кинетика жарения подсолнечной мятки / В. А. Масликов, С.Г. Тарасов // Известия вузов. Пищевая технология. – 1965. – № 2. –С. 147-149.

4. Голдовский А. В. К вопросу об улучшении конструкции аппаратов для приготовления мезги в производстве растительных масел / А. В. Голдовский // Масложировая промышленность. – 1960.– №8. – С. 3-11

5. Голдовский А. М. Теоретические основы производства растительных масел /А. М. Голдовский. – М.: Пищепромиздат, 1958 – 446 с.

6. Белобородов В. В. Основы процессов производства растительных масел /В. В. Белобородов. – М.: Пищевая промышленность, 1966 – 478 с.

7. Голдовский А. М. Физико-химические и биохимические основы производства растительных масел /А. М. Голдовский. – М.- Л.: Пищепромиздат, 1937. – С. 170-171.

8. Didur V. Foundation of operating practices of seed meal moisture and heat treatment on oil extraction from castor beans / V. Didur, A. Chebanov, V. Didur, A. Aseev // Journal of Agriculture and Environment.– Мелітополь: TSATU, 2017. – Vol. 1, № 1. – P. 9-15

9. Бондарь А. Г. Планирование эксперимента в химической технологии/ А. Г. Бондарь, Г. А. Статюха. – К.: Вища школа, 1976, – 180 с.

10. Мельников С. В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов /С. В. Мельников, В. Р. Алешкин, П. М. Рощин.– 2-е изд. – Л.: Колос, 1980. – 168 с.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ВЛАГО-ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ МЯТКИ ПРИ ВЫДЕЛЕНИИ МАСЛА С СЕМЯН КЛЕЩЕВИНЫ

Дидур В. В., Дидур В. А., Чебанов А. Б., Асеев А. А.

Аннотация

Влаготепловая обработка является одной из важнейших технологических операций при подготовке семян клещевины до отжима масла прессованием и оказывает решающее влияние на количество и качество конечных продуктов: масла, жмыха или шрота. Но, максимальное количество масла из семян клещевины будет обеспечиваться только при оптимальном соотношении технологических параметров влаготепловой обработки мятки семян клещевины в разработанном экспериментальном комплексе для отжима масла из масличного сырья между собой, что невозможно при разрозненном изучении их влияния. В связи с этим, возникает актуальная задача по использованию методики математического планирования эксперимента.

Согласно методике многофакторного эксперимента, проведена оптимизация параметров влаготепловой обработки мятки семян клещевины в экспериментальном комплексе для отжима масла из масличного сырья. Критерием оптимизации принято массу масла, полученного при отжиме в экспериментальном комплексе. Установлены оптимальные параметры

влаготепловой обработки: конечная влажность мезги для периода увлажнения Wк.з = 9,144...10,662%; конечная влажность мезги для периода сушки Wк.с = 5,72...6,68%; давление греющего пара $p_{Гр}$ = 3,71...4,419 кПа.

SUBSTANTIATION OF OPTIMAL PARAMETERS OF MOISTURE-AND-HEAT TREATMENT OF OIL SEED MEAL FOR OIL EXTRACTION FROM CASTOR-OIL PLANT BEANS

V. Didur, V. Didur, A. Chebanov, A. Asieiev

Summary

The moisture-and-heat treatment is one of the most important technological operations of castor-oil seed preparation for oil extraction by pressing and has the decisive impact on the quality and quantity of final products: oil, press cake and ground-oil cake. But the maximum oil quantity will be get only under the optimal proportion of technological parameters of moisture-and-heat treatment of oils seed meal in the developed experimental complex for oil extraction from oil-bearing raw materials, that is impossible when studying their isolated effect. Thereby, there is a topical task to apply the methods of the mathematical planning of the experiment.

According to the multifactor experiment methodology the optimization of parameters of moisture-and-heat treatment ofoil seed meal of castor-oil plant beans in the experimental complex for oil extraction from oil-bearing raw materials has been carried out. The optimal parameters of moisture-and-heat treatment have been determined: the final pulp moisture for the moisturizing period is $W_{к.з.}$ = 9,144…10,662%; the final pulp moisture for the drying period is $W_{к.с.}$ = 5,72…6,68%; the heating vapour pressure $p_{Гр}$ = 3,71…4,419 kPa.

Keywords: ricinus seed, pulp, pepper, wet-heat treatment, steam pressure, moisture period, drying period, humidity pulp

УДК 620.9.004.4:665.347.8 DOI: 10.31388/2220-8674-2018-2-15

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА ПІДПРИЄМСТВІ ПрАТ «МОЕЗ»

Болтянська І. О., магістрант*
Київський національний університет ім. Т. Шевченка
E-mail: irynaboltyanska@gmail.com
Тел.: +38(067)-681-32-41

Анотація – В економіці будь-якої країни енергозбереження і енергозберігаючі технології розглядаються як пріоритетні інвестиційні проекти у сучасному виробництві. Найбільш енергоємним є виробництво нерафінованої соняшникової олії. На підприємствах з виробництва нерафінованої соняшникової олії витрати теплової та електричної енергії в структурі собівартості продукції має тенденцію до збільшення. Одним із пріоритетних напрямків підвищення енергоефективності в галузі є впровадження когенераційної установки. На підставі проведеного дослідження було виявлено певні ефекти від впровадження цієї енергозберігаючої технології. По-перше, утилізація відходів виробництва – соняшникового лушпиння, під час спалювання якого виробництво забезпечується тепловою та електричною енергією. Загальновідомо, що соняшникове лушпиння – це рослинна біомаса, а, отже, відноситься до альтернативних джерел енергії, тобто, ще одним стимулом є отримання додаткового доходу від реалізації електричної енергії по «зеленому» тарифу. По-друге, отримання економічного ефекту від непередбаченого відключення електроенергії. Так, під час відключення електричної енергії підприємство несе колосальні збитки від зниження якості та об'єму виробництва продукції, а також фізичного зносу обладнання. По-третє, зниження викидів шкідливих речовин у навколишнє середовище, підвищення техногенної безпеки. Наведено структурно-логічну модель вибору ефективних енергозберігаючих технологій в умовах обмежених фінансових ресурсів на підприємстві, яке передбачає більш детальний аналіз галузевого типового переліку технологій енергозбереження на кожному етапі сприйняття конкретним суб'єктом при розкритті їх комплексного потенціалу. Визначено прямі і додаткові – непрямі, ситуативні, опосередковані ефекти від впровадження енергозберігаючих технологій.

Ключові слова **– енергозберігаючі технології, ефективність, олійно-жирова галузь, енерговитрати, паливно-енергетичні ресурси.**

Постановка проблеми. В економіці будь-якої країни енергозбереження і енергозберігаючі технології розглядаються як пріоритетні інвестиційні проекти у сучасному виробництві. Перехід підприємств до нових форм господарських розрахунків щодо самофінансування, регулювання цін на паливо, воду, електроенергію

∗ Науковий керівник Старостіна А. О. – д.е.н., проф., КНУ ім. Т. Шевченка
© Болтянська І. О.

вимагають переглянути існуючі підходи до проектування та використання енергетичних установок.

Енергозбереження є одним з ключових і пріоритетних питань економічної безпеки України. Це обумовлено енергоємністю валового внутрішнього продукту, яка в 2-3 рази вище ніж в промислово розвинених країнах та зростанням цін на традиційні паливно енергетичні ресурси, збільшенням імпорту енергоносіїв [1 - 4].

На сьогодні Україна є однією з енергодефіцитних країн, задовольняючи свої потреби в паливно-енергетичних ресурсах (ПЕР) за рахунок власного їх видобутку менше ніж на 50 % [1]. Разом з тим ефективність використання ПЕР в економіці України, зокрема, харчової промисловості дуже низька. Енергоємність ВВП у 2-3 рази вища, ніж у промислово розвинутих країнах Європи [2; 3]. Олійно-жирова галузь є однією з енергоємних у харчовій та переробній промисловості [4; 5; 6]. Енерговитрати у структурі собівартості продукції у зв’язку з підвищенням цін на паливо та енергоносії мають тенденцію до збільшення. Так, на деяких підприємствах здобування соняшникової нерафінованої олії витрати теплової енергії становлять близько 25 %, електричної енергії – 20 %, що є наслідком зниження конкурентоспроможності продукції на вітчизняних ринках та за кордоном. Тому підвищення ефективності використання ПЕР та енергозбереження на підприємствах олійно-жирової галузі сьогодні є ключовим питанням і має стратегічний напрямок. Вирішенню саме цього проблемного питання і присвячена дана стаття [5 - 8].

Аналіз останніх досліджень. Висока енерговитратність діючих підприємств значною мірою визначається використанням застарілого виробничого фонду, зношеного устаткування, недосконалістю технологій та іншими об’єктивними причинами. З іншого боку, ситуацію ускладнюють і суб’єктивні чинники, а саме: безгосподарність, відсутність єдиної системи обліку і контролю, невикористання енергозберігаючої техніки, і головне – недосконалість управлінських механізмів, на усунення яких потрібні порівняно незначні витрати. Очевидно, що більшу увагу слід приділяти швидкоокупним енергозберігаючим заходам, які вже у найближчий час можуть дати значний економічний ефект. Проблема ефективного енергозбереження в промисловості України висвітлена в наукових працях таких фахівців, як: Г.Л. Трофимчука, Т.В. Сердюк, О.М. Суходолі, А.К. Шидловського, В.А. Жовтянського, І.В. Діяка, А.І. Шевцова, зокрема в олійно-жировій галузі І.А. Шванської, Ю.В. Захаренко, В.Л. Листопад, В.В. Деревєнка, Л.Л. Товажнянського, Л.М. Ульєва. Проте, енергозбереження в олійно-жировій галузі розглядали виключно з погляду економії ПЕР, що, на нашу думку, не дає

об’єктивного результату та є, відповідно, наслідком низької сприйнятливості енергозберігаючих заходів.

Найбільш енергоємним є виробництво нерафінованої соняшникової олії. Аналіз досліджень встановив, що це зумовлено: неповне використання виробничих потужностей, щодо встановлених на підприємствах; зниження олійності насіння соняшнику. Можна зробити висновок про зниження цього показника на 0,89%, що в свою чергу негативно вплинуло на показник виробництва соняшникової олії, а отже і на зростання енергоємності продукції [9, 10].

Результати і обговорення. Енергоємність продукції є одним з основних факторів, що впливають на енерговитрати в структурі собівартості, що визначає рівень конкурентоспроможності підприємства на внутрішніх і зовнішніх ринках. На підприємствах з виробництва нерафінованої соняшникової олії витрати теплової та електричної енергії в структурі собівартості продукції має тенденцію до збільшення.

За оцінюванням спеціалістів, енергозбереження на олійно-жирових підприємствах розглядається виключно як напрямок економії споживання енергоресурсів. Проте, сприйняття енергозбереження на цьому обмежується, що і є комплексною проблемою сприйняття енергозберігаючих заходів. Як показують проведені дослідження, енергозбереження проявляє багатофакторний вплив на ефективність олійно-жирового виробництва.

Як зазначено в [4; 11] одним із пріоритетних напрямків підвищення енергоефективності в галузі є впровадження когенераційної установки. Когенерація – це комбінований процес одночасного виробництва теплової та електричної енергії. На підставі проведеного дослідження було виявлено певні ефекти від впровадження цієї енергозберігаючої технології. По-перше, утилізація відходів виробництва – соняшникового лушпиння, яке під час спалювання забезпечує виробництво тепловою та електричною енергією. Загальновідомо, що соняшникове лушпиння – це рослинна біомаса, а, отже, відноситься до альтернативних джерел енергії, тобто, ще одним стимулом є отримання додаткового доходу від реалізації електричної енергії по «зеленому» тарифу. По-друге, отримання економічного ефекту від непередбаченого відключення електроенергії. Так, під час відключення електричної енергії підприємство несе колосальні збитки від зниження якості та об’єму виробництва продукції, а також фізичного зносу обладнання. По-третє, зниження викидів шкідливих речовин у навколишнє середовище, підвищення техногенної безпеки.

Тенденцію підвищення конкурентоспроможності олійно-добувного комплексу стримує зростання енерговитрат у структурі

собівартості. Однією з основних причин, що заважають підвищенню конкурентоспроможності є низький рівень інноваційної сприйнятливості до енергозбереження підприємств олійно-жирового виробництва.

На підставі аналізу фактичних витрат теплової та електричної енергії на одиницю виробленої продукції, а також розрахунку узагальнюючого економічного індикатору – енергоємності продукції, визначено рівень енергоємності виробництва продукції ПрАТ «МОЕЗ» (табл. 1).

Таблиця 1

Рівень енергоємності виробництва продукції ПрАТ «МОЕЗ» за 2015-2017 рр.

Показники	Роки		
	2015	2016	2017
Коефіцієнт рівня енергоємності	1,28	1,29	1,31
Фактична енергоємність продукції	147,6	148,1	149,5
Середньозважений показник енергоємності продукції	1,56	1,59	1,62

Підприємство має низький рівень ефективності використання енергетичних ресурсів, що знижує їх конкурентоспроможність в умовах ринку. Доведено, що енергоємність продукції є одним із визначальних факторів енерговитрат у структурі собівартості виробництва олійно-жирового підприємства. Зниження енергоємності виробництва повинне зменшувати в динаміці частку енерговитрат, але, не дивлячись на це, енергетичні витрати в структурі собівартості стійко зростають. Це вказує на необхідність посилення інноваційної сприйнятливості до енергозбереження підприємства.

На рис. 1 наведено структурно-логічну модель вибору ефективних енергозберігаючих технологій в умовах обмежених фінансових ресурсів на підприємстві, яке передбачає більш детальний аналіз галузевого типового переліку технологій енергозбереження на кожному етапі сприйняття конкретним суб’єктом при розкритті їх комплексного потенціалу [12 - 15].

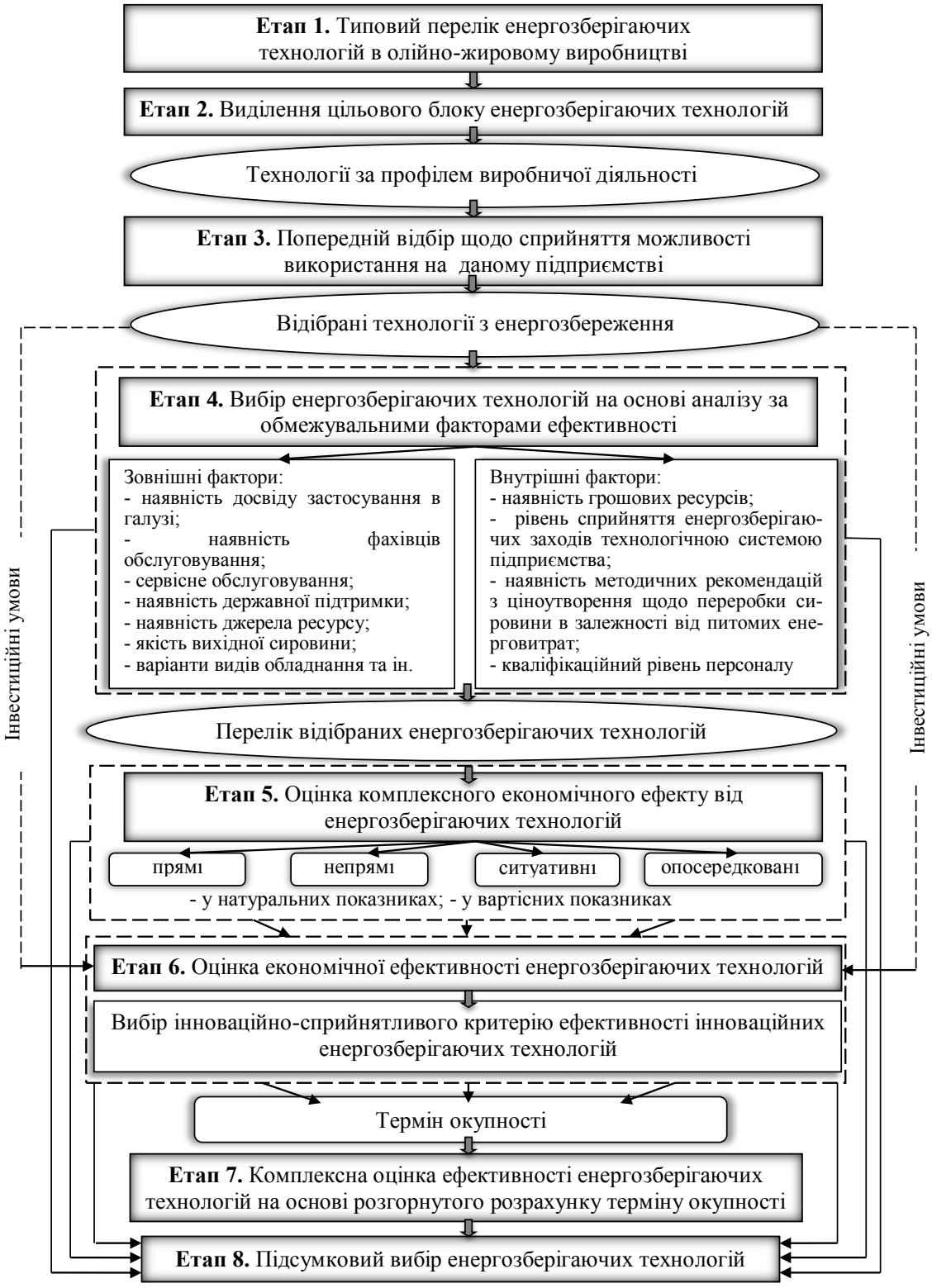


Рис. 1. Структурно-логічна модель вибору ефективних енергозберігаючих технологій.

Поряд із прямими ефектами від впровадження енергозберігаючих технологій є й інші додаткові – непрямі, ситуативні, опосередковані (рис. 2).

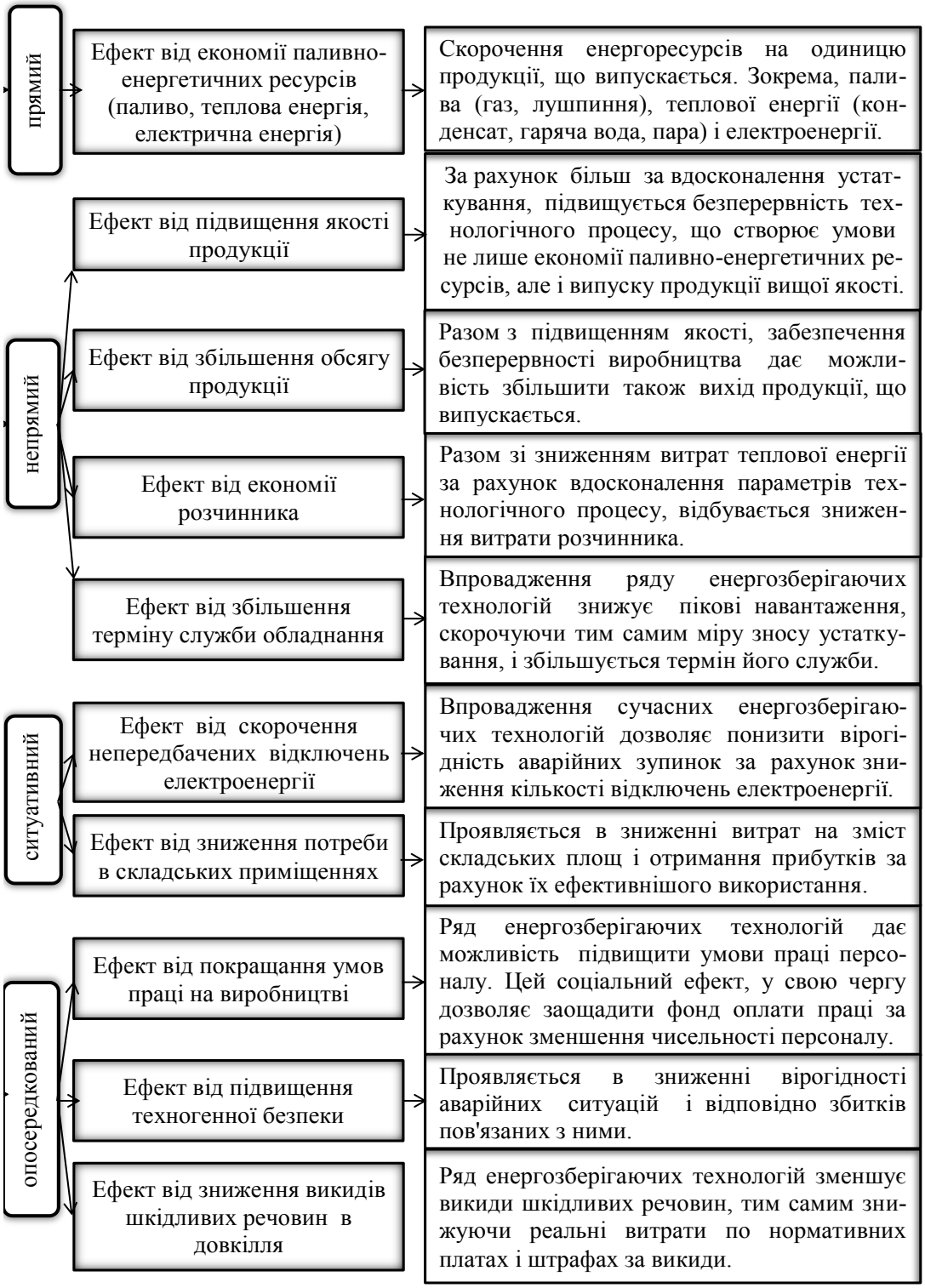


Рис. 2. Ефекти від впровадження енергозберігаючих технологій.

Висновки. Підприємство ПрАТ «МОЕЗ» має низький рівень ефективності використання енергетичних ресурсів, що знижує їх конкурентоспроможність в умовах ринку. Це вказує на необхідність посилення інноваційної сприйнятливості до енергозбереження підприємства.

Література

1. Грабак Н. Х. Проблема енергозаощадження в АПК України та шляхи її розв'язання [Електронний ресурс] / Н. Х. Грабак. – Режим доступу: http://lib.chdu.edu.ua/pdf/naukpraci/ecology/2011/150-138-9.pdf.

2. Чеборака А. Ф. Підвищення енергоефективності галузей АПК – питання виживання держави [Електронний ресурс] / А. Ф. Чеборака, М. І. Трофимчук // Проблеми економічного розвитку АПК: матеріали держ. наук.-практ. конф. (Біла Церква, 2011). – Режим доступу: http://www.btsau.kiev.ua/sites/default/files/tezy/Tezy%20Ekonom.pdf.

3. Болтянська Н. І. Показники оцінки ефективності застосування ресурсозберігаючих технологій в тваринництві /Н. І. Болтянська //Вісник Сумського НАУ. – Суми, 2016. – Вип. 10/3 (31). – С. 118-121. (Механізація та автоматизація виробничих процесів).

4. Захаренко Ю. В. Основные направления энергосбережения в масложировой отрасли / Ю. В. Захаренко // Олійно-жировий комплекс. – 2007. – № 1. – С. 39-40.

5. Попов М. О. Підвищення інноваційної сприйнятливості до енергозбереження олійно-жирових підприємств на основі формування бази типового переліку енергозберігаючих технологій / М. О. Попов, В. Г. Дюжев// Materials of the X International scientific and practical conference "Scientific horizons – 2014", (Шефілд, 30 вересня - 07 жовтня 2014 р.), Economic science. – Sheffield, 2014. – Vol. 2. – С. 7-10.

6. Попов М. О. Напрямки підвищення конкурентоспроможності підприємств олійно-жирової галузі / М. О. Попов // Сучасні тенденції та актуальні питання соціально-економічного розвитку підприємств : матер. Міжн. наук.-практ. конференції/ ХНУБА. – Харків, 2013. – Ч. 2. – С. 193-194.

7. Іванов Ю. Б. Стратегія формування конкурентних переваг підприємства в умовах інтенсивної конкурентної боротьби / Ю. Б. Іванов, О. Ю. Іванова // Проблеми економіки. – 2014. – №4. – С. 121-128.

8. Кривенко М. Стратегія формування конкурентних переваг підприємства / М. Кривенко // Вісник КНУ ім. Т. Шевченка.– К., 2008. – № 99-100. – С. 44-48. – (Економіка).

9. Попов М. О. Енергозбереження як основа конкурентоспроможності підприємств олійно-жирової галузі / М. О. Попов // Технологический аудит и резервы производства. Экономика предприятия. – Харьков, 2013. – № 1/3 (9). – С. 36-38.

10. Шванская И. Я. Оценка энергоемкости масложирового производства / И. Я. Шванская // Вестник РГАЗУ. Агроинженерия. – 2005. – С. 97-98.

11. Захаренко Ю. В. Комплексний підхід щодо розрахунків економічної ефективності енергозберігаючих заходів в олійно-

жировій галузі / Ю. В. Захаренко, М. О. Попов // Вісник Чернігівського державного технологічного університету. – Чернігів, 2013. – № 2. – С. 106-110. – (Економічні науки).

12. Захаренко Ю. В. Основні напрямки підвищення енергоефективності в олійно-жировій галузі / Ю. В. Захаренко // Збірник праць УкрНДІОЖ УААН. – 2008. – Вип. 2.– С. 71-76.

13. Определение энергосберегающего потенциала на действующих предприятиях производства жиров / Л. Л. Товажнянский[и др.] // Інтегровані технології та енергозбереження. –2007. –№ 2. – С. 30-31.

14. Попов М. О. Проблеми конкурентного розвитку олійно–жирової галузі України / М. О. Попов// Materials of the XII International scientific and practical conference «Conduct of modern science – 2016». – Sheffield,2016. – Т. 2. – С. 79-81.

15. Попов Н. А. Выделение и расчет типовых экономических эффектов от энергосбережения в масложировой отрасли / Н. А. Попов, В. Г. Дюжев // Сб. науч. тр. SWorld. – 2013. – Вып. 2, т. 29. – С. 79-82.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ПРЕДПРИЯТИИ ЧАО «ММЭЗ»

Болтянская И.О.

Аннотация

В экономике любой страны энергосбережения и энергосберегающие технологии рассматриваются как приоритетные инвестиционные проекты в современном производстве. Наиболее энергоемким является производство нерафинированного подсолнечного масла. На предприятиях по производству нерафинированного подсолнечного масла расход тепловой и электрической энергии в структуре себестоимости продукции имеет тенденцию к увеличению. Одним из приоритетных направлений повышения энергоэффективности в отрасли является внедрение когенерационной установки. На основании проведенного исследования были выявлены определенные эффекты от внедрения этой энергосберегающей технологии. Во-первых, утилизация отходов производства – подсолнечной лузги, сжигание которой обеспечивает производство тепловой и электрической энергией. Подсолнечная лузга – это растительная биомасса, относится к альтернативным источникам энергии. Во-вторых, получение экономического эффекта от непредвиденного отключения электроэнергии. Так, во время отключения электроэнергии предприятие несет колоссальные убытки от снижения качества и объема производства продукции, а также физического износа оборудования. В-третьих, снижение выбросов вредных веществ в окружающую среду, повышение техногенной безопасности. Приведены структурно-логическую модель выбора эффективных энергосберегающих технологий в условиях ограниченных финансовых ресурсов на предприятии, которое предусматривает более детальный анализ отраслевого типичного перечня энергосберегающих технологий на каждом этапе восприятия конкретным

субъектом при раскрытии их комплексного потенциала. Определены прямые и дополнительные - косвенные, ситуативные, Косвенные эффекты от внедрения энергосберегающих технологий.

EFFICIENCY OF INTRODUCTION OF ENERGY SAVING TECHNOLOGIES AT THE ENTERPRISE OF PAT «MOEZ»

I. Boltyanska

Summary

In the economy of any country, energy saving and energy saving technologies are considered as priority investment projects in modern production. The most energy-intensive is the production of unrefined sunflower oil. In enterprises for the production of unrefined sunflower oil, the consumption of heat and electric energy in the structure of cost of production tends to increase. One of the priority directions of increasing energy efficiency in the industry is the introduction of a cogeneration unit. On the basis of the study, certain effects were identified from the implementation of this energy saving technology. First, utilization of production waste - sunflower husk, with combustion providing production of thermal and electric energy. It is common knowledge that sunflower husk is a plant biomass, and therefore refers to alternative sources of energy, that is, another incentive is the receipt of additional income from the sale of electric energy at the "green" tariff. Secondly, obtaining an economic effect from an unplanned outage of the electric power. Thus, during a power outage, the company bears colossal losses from lowering the quality and volume of production, as well as the physical wear and tear of equipment. Thirdly, reduction of emissions of harmful substances into the environment, increase to technogenic safety. The structural-logical model of the choice of effective energy-saving technologies in the conditions of limited financial resources at the enterprise is given, which provides for a more detailed analysis of the industry typical list of energy-saving technologies at each stage of perception by a concrete subject in the disclosure of their complex potential. Direct and additional - indirect, situational, indirect effects from introduction of energy saving technologies are determined.

Keywords: energy saving technologies, efficiency, oil and fat industry, energy consumption, fuel and energy resources

УДК 631.563.4 DOI: 10.31388/2220-8674-2018-2-16

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗМІШУВАННЯ РІДИН У ПРОТИТЕЧІЙНО-СТРУМИННОМУ ЗМІШУВАЧІ

В'юник О. В., інженер,
Паніна В. В., к.т.н.,
Таврійський державний агротехнологічний університет
E-mail: olga.viunyk@tsatu.edu.ua
Тел.: +38(098)-724-09-67

Анотація – В наш час гостро стоїть питання розробки і впровадження енергозберігаючих технологій в агропромислове виробництво. Процес перемішування рідких компонентів є широко розповсюдженим технологічним процесом у різних галузях виробництва і переробки продукції агропромислового комплексу, тому актуальним є розробка і впровадження перемішуючих пристроїв, які забезпечать якісне перемішування при низьких енерговитратах. Струминні змішувачі мають значні переваги перед змішувачами з мішалками. Серед значної кількості видів і конструктивних схем струминних змішувачів, завдяки високій якості перемішування, виділяються протитечійно-струминні апарати, процес змішування в яких розроблений недостатньо. У даній роботі представлено конструкцію розробленого протитечійно-струминного змішувача та експериментальної установки, описано принцип їх дії. Експериментальні дослідження процесу змішування рідких компонентів проводилось на прикладі змішування води і концентрату на основі підсолоджувачів (аспартаму і сахарину) для виготовлення солодкого безалкогольного напою «Лимонад». В результаті експериментальних досліджень впливу основних технологічних і конструктивних параметрів протитечійно-струминного змішувача на забезпечення необхідного вмісту концентрату в готовому розчині отримали: при відстані між соплами форсунок 24 мм, тиску подачі води 0,12...0,22 МПа, напорі концентрату 0,1...0,3 м,величині кільцевого зазору в камері ежекції 0,9 мм отримали кислотність розчину 3,08–3,46 см^{3}що є позитивним результатом. Дослідження якості перемішування рідин при даних умовах показали, що найвищу однорідність концентрації підмішуваного компоненту можна отримати при тиску подачі води 2,2 атм і напорі подачі концентрату 100мм ($\sigma = 0,25$), а найнижчу при тиску подачі води 1,7 атм і напорі подачі концентрату 300 мм, ($\sigma = 0,49$). Аналіз результатів підтверджує аналітично отриманий висновок про підвищення однорідності змішування при підвищенні швидкості зіткнення струменів, що відбувається при збільшенні подачі через вихідні сопла апарату та при підвищенні тиску води на вході в змішувач.

Ключові слова **– рідина, змішування, протитечійно-струминний змішувач, концентрація, однорідність.**

Постановка проблеми. В наш час гостро стоїть питання розробки і впровадження енергозберігаючих технологій в

© В'юнік О. В., Паніна В. В.

агропромислове виробництво. Процес перемішування рідких компонентів є широко розповсюдженим технологічним процесом у різних галузях виробництва і переробки продукції агропромислового комплексу, тому актуальним є розробка і впровадження перемішуючих пристроїв, які забезпечать якісне перемішування при низьких енерговитратах. Вже давно струминні змішувачі стали альтернативою змішувачам з мішалками. Значні переваги таких змішувачів полягають у відсутності рухомих частин, а отже підвищеній надійності і значно менших витратах на технічне обслуговування та стерилізацію, що дуже важливо для біохімічних і харчових виробництв, і простоті включення в технологічні схеми. Ще однією важливою перевагою струминних змішувачів є безперервний принцип дії: час на отримання аналогічної якості перемішування в струминних апаратах є набагато меншим ніж в апаратах з механічними мішалками. Для різних конструкцій струминних змішувачів проведені експериментальні дослідження і визначено велику кількість залежностей, але ці залежності не є універсальними і не можуть бути використаними для будь-якого струминного змішувача.

На сьогоднішній день найбільш дослідженим є процес струминного перемішування в резервуарі [1-2]. Стосовно виготовлення солодких безалкогольних напоїв змішування в резервуарі має ряд недоліків. Таке змішування має періодичний характер. Інтенсивне перемішування компонентів відбувається тільки в одній зоні, близькій до сопла змішувача. У всіх інших зонах змішування відбувається із значно меншою інтенсивністю. Для забезпечення однорідності суміші (концентрації розчину) у всьому резервуарі необхідне багаторазове проходження рідини через зону інтенсивного змішування. Це призводить до небажаних витрат енергії і часу на перемішування.

Серед значної кількості видів і конструктивних схем струминних змішувачів [3-6], завдяки високій якості перемішування, виділяються протитечійно-струминні апарати, процес змішування в яких розроблений недостатньо.

Ця робота є складовою частиною циклу статей, присвячених струминному змішуванню рідких компонентів. В попередніх роботах було обґрунтовано спосіб перемішування [7]. Представлено конструкцію змішуючого апарату, конструктивні особливості якого захищені патентом України на корисну модель [8]. Визначено метод оцінювання якості перемішування [9]. В програмному комплексі ANSYS Workbench проведено моделювання процесу змішування рідин в розробленому змішувачі і теоретично визначено відстань між

соплами форсунок (один з найважливіших конструктивних параметрів) [10].

Але визначити взаємозв'язок таких параметрів, як відстань між соплами форсунок, величина кільцевого зазору камери ежекції, тиск подачі основного компоненту та напір подачі підмішуваного компоненту можливо лише в процесі експериментальних досліджень. Саме результатам експериментальних досліджень впливу основних технологічних і конструктивних параметрів протитечійно-струминного змішувача на забезпечення необхідної концентрації підмішуваного компоненту в готовому розчині і присвячена дана стаття.

Методика. В результаті раніше проведених аналітичних досліджень існуючих струминних змішувачів [7] було розроблено конструкцію протитечійно-струминного змішувача [8]. Схему розробленої конструкції змішувача представлено на рис. 1.

Змішувач являє собою два струминні апарати, розташовані співвісно один до одного (рис. 1). Вихідні циліндричні сопла цих апаратів формують зустрічні струмені рідини, які після зіткнення утворюють характерне, візуально симетричне «віяло», яке має назву пелена [18]. Співвісні струминні апарати розташовані у камері 7, де збирається рідина і відводиться зі змішувача.

Кожний струминний апарат складається з робочого патрубка 6 та камери змішування 3. Основний компонент (вода) подається у робочий патрубок кожного струминного апарату, робоче сопло 1 яких формує струмені води. Підмішуваний компонент (концентрат) подається з камер подачі (5) у зазор приймальної камери 2. Швидкісні потоки основного компоненту на вході камери змішування захоплюють підмішуваний компонент. В камері змішування відбувається вирівнювання швидкостей основного та підмішуваного компонентів. На виході з сопел камер змішування 4 відбувається зіткнення струменів змішаних компонентів.

Змішування починається з вхідної ділянки камери змішування і відбувається безперервно до виходу суміші зі змішувача. Найбільш інтенсивно цей процес протікає при захопленні підмішуваного компоненту основним. А також при формуванні потоку в камері змішування (зона А) та при русі у камері змішування (зона Б). У цих зонах відбувається змішування основного та підмішуваного компонентів, які подаються в один струминний апарат. При зіткненні потоків (зона В), змішуванні у пелені (зона Г) і зборі рідини та відведенні з камери збору (зона Д) відбувається змішування потоків компонентів правого та лівого струминних апаратів.

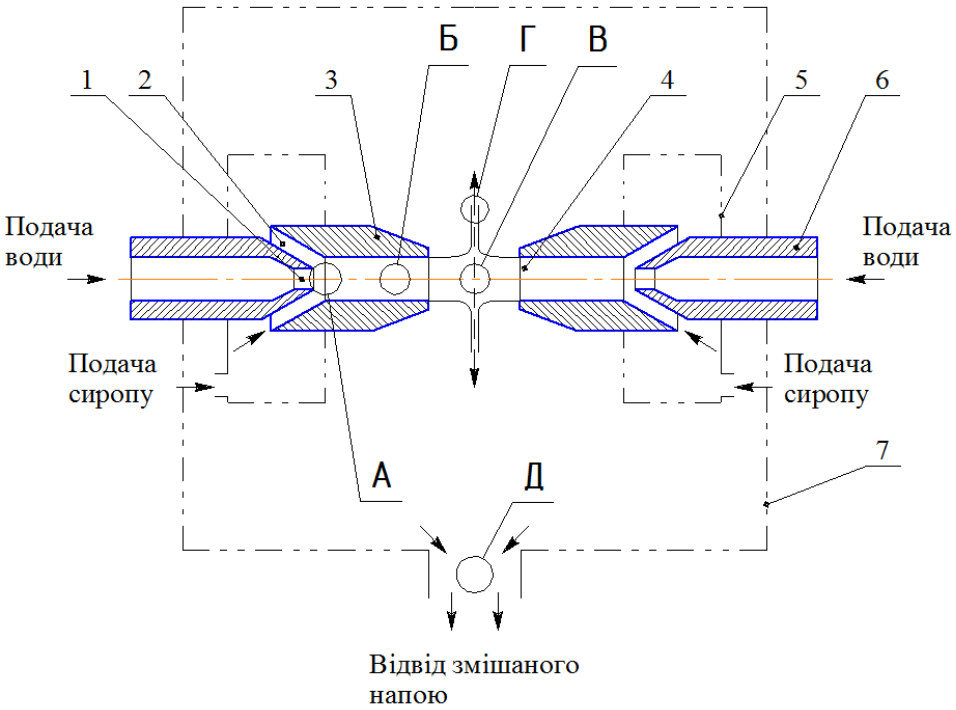


Рис. 1. Схема протитечійно-струминного змішувача рідин: 1 – робоче сопло; 2 – приймальна камера; 3 – камера змішування; 4 – сопло камери змішування; 5 – камера подачі підмішуваного компоненту; 6 – робочий патрубок; 7 – камера збору рідини. А, Б, В, Г, Д – зони змішування

Головним чинником змішування в зонах А і Б є турбулентність і турбулентні пульсації рідин основного та підмішаного компонентів. У зонах В, Г і Д змішування відбувається за рахунок взаємопроникнення потоків, струменів і шарів компонентів.

Дослідження процесу змішування рідких компонентів проводилось на прикладі змішування води і концентрату на основі підсолоджувачів (аспартаму і сахарину) для виготовлення солодкого безалкогольного напою «Лимонад».

Для проведення експериментальних досліджень процесу змішування води з купажним сиропом було розроблено і виготовлено експериментальну установку. Загальний вид експериментальної установки представлений на рис. 2.

На рис. 2 вихровий насос 1 створює необхідний тиск подачі основного компоненту. Контроль тиску здійснюється за допомогою манометру 2. По каналу підводу основного компоненту 3 вода надходить у протитечійно-струминний змішувач 6.Підмішуваний компонент потрапляє до змішувача з ємності 4 через канал підведення 5. Після змішування у протитечійно-струминному змішувачі змішаний продукт відводиться через канал 7.

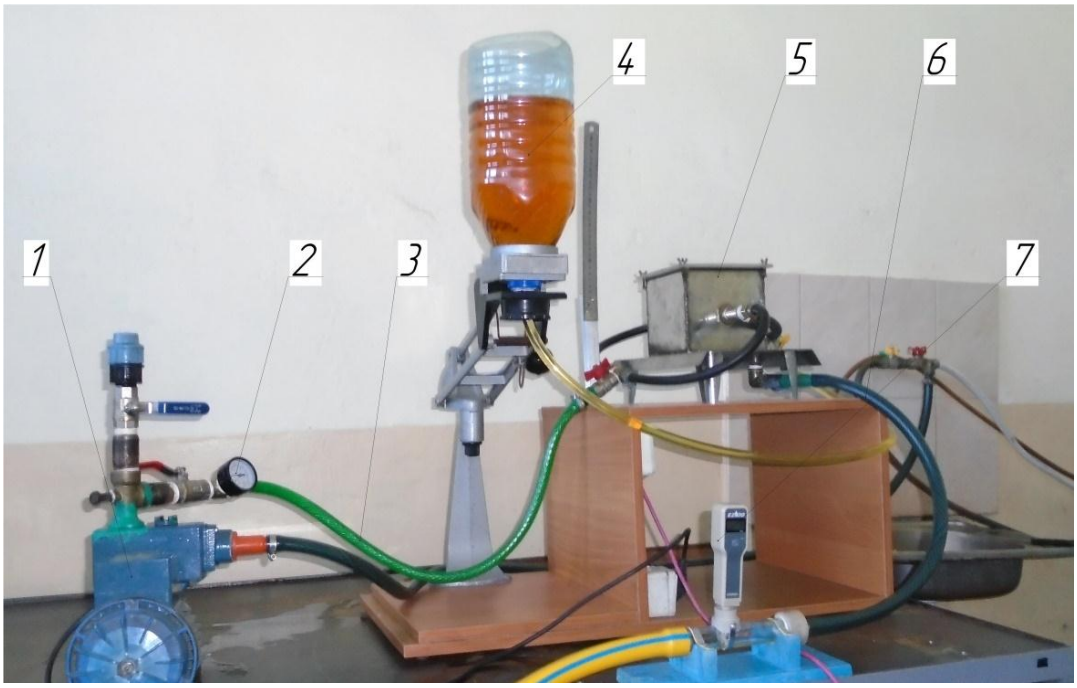


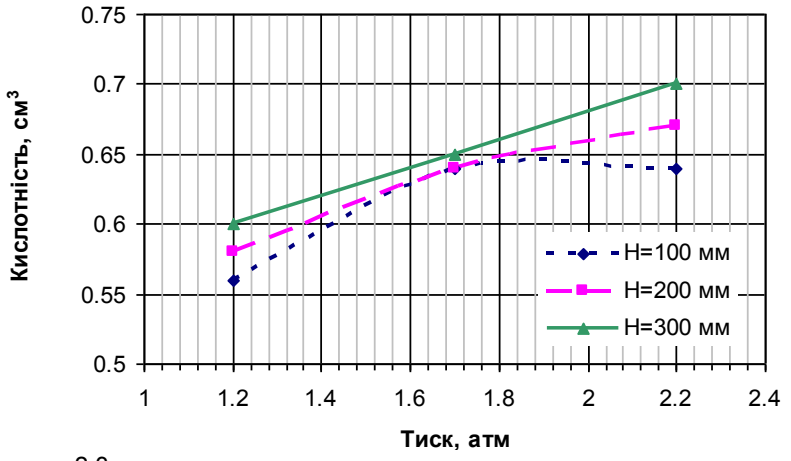
Рис. 2. Експериментальна установка: 1 – вихровий насос; 2 – манометр; 3 – канал подачі основного компоненту (води); 4 – ємність з підмішуваним компонентом (сиропом); 5 – канал підведення підмішуваного компоненту; 6 – протитечійно-струминний змішувач; 7 – канал відведення змішаного продукту; 8 – кондуктометр.

Методика проведення експериментальних досліджень докладно представлена у попередній роботі даного циклу [11].Вміст концентрату в змішаному розчині визначався за кислотністю змішаного продукту. Кислотність отриманого розчину визначали методом титрування 0,1 н. розчином гідроксиду натрію. Контроль якості перемішування здійснювався за допомогою кондуктометру COND5021 (діапазон 0 – 9990 мкСм, точність ±1% FS).

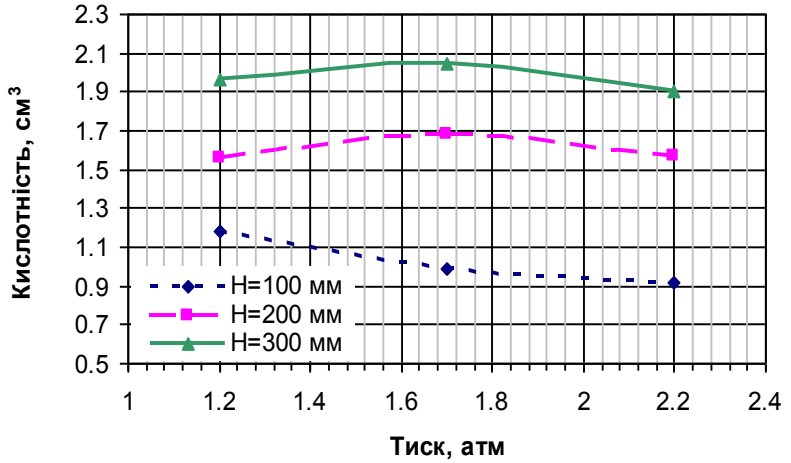
Результати і обговорення. Результати проведених експериментальних досліджень наведені на рис. 3–4.

При відстані між форсунками 24мм тиску подачі води 0,12...0,22 МПа, напорі концентрату 0,1...0,3 м, величині кільцевого зазору в камері ежекції 0,6...0,9 мм отримали такі залежності (рис. 3).

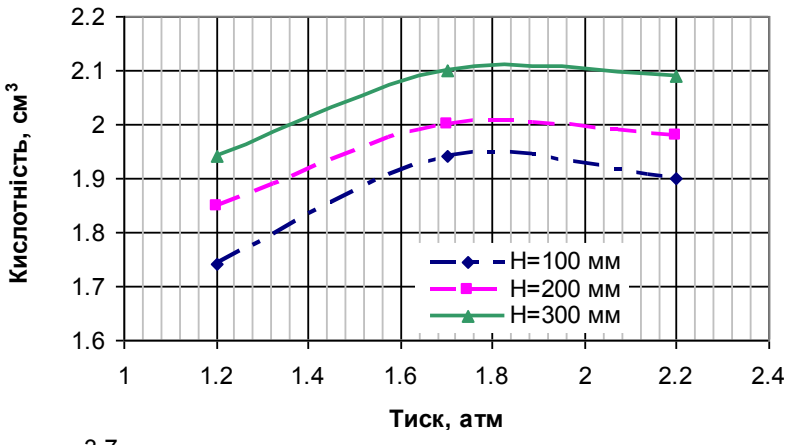
Аналіз отриманих залежностей показує, що збільшення кільцевого зазору призводить не тільки до збільшення концентрації підмішуваного компоненту в готовому розчині, але і до зміни характеру залежностей.



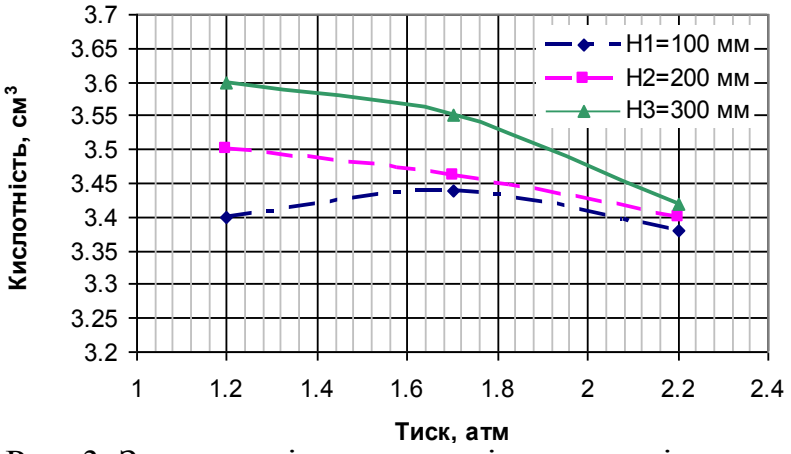
а – при величині кільцевого зазору в камері ежекції 0,6 мм



б – при величині кільцевого зазору в камері ежекції 0,7 мм



в – при величині кільцевого зазору в камері ежекції 0,8 мм



г – при величині кільцевого зазору в камері ежекції 0,9 мм

Рис. 3. Залежності кислотності розчину від тиску подачі концентрату.

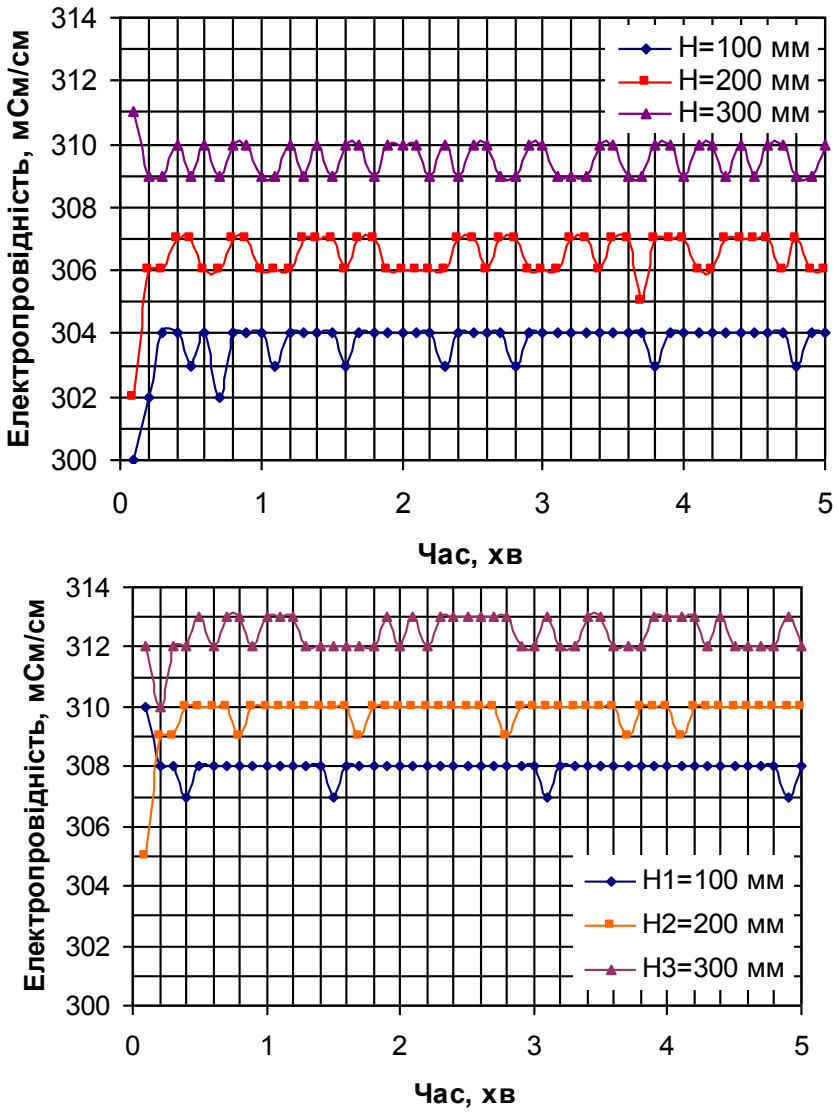
При кільцевому зазорі 0,6 мм (рис. 3а) характер залежностей кислотності готового розчину (а значить і концентрації підмішуваного компоненту) має майже прямолінійний характер. При напорі подачі підмішуваного компоненту 200…300 мм з підвищенням тиску подачі води та збільшенням напору подачі концентрату кислотність розчину зростає. При напорі подачі підмішуваного компоненту 100 мм з підвищенням тиску подачі води кислотність спочатку зростає, а з подальшим підвищенням тиску кислотність дещо зменшується. Це відбувається внаслідок збільшення подачі води у більшому ступені ніж підвищення подачі концентрату, що призводить до зменшення його частки в готовому розчині.

При кільцевому зазорі 0,7…0,9 мм (рис 3б…г) залежність між кислотністю отриманого розчину і тиском подачі води параболічна. Це пояснюється збільшенням сумарної витрати концентрату та води на виході з форсунок, що підвищує швидкість вихідного потоку і гідродинамічний тиск на зустрічний струмінь рідини.

При кільцевому зазорі в камері ежекції 0,9 мм (рис. 3г) з підвищенням тиску подачі води кислотність готового розчину зменшується, це відбувається тому, що зазор у камері ежекції є достатньо великим. Два співвісних струменя, що витікають з форсунок, стикаються. Це призводить до підвищення тиску у зоні зіткнення. Відтак перепад тисків Δp зменшується, відповідно зменшується коефіцієнт інжекції.

При відстані між соплами форсунок 24 мм, тиску подачі води 0,12...0,22 МПа, напорі концентрату 0,1...0,3 м, величині кільцевого зазору в камері ежекції 0,9 мм отримали кислотність розчину 3,08…3,46 $см^3$що є позитивним результатом, так як за технологічною інструкцією виготовлення безалкогольного напою «Лимонад» кислотність напою повинна становити 3,5±0,5 $см^3$.

Для оцінки якості перемішування було визначено середньоквадратичне відхилення **σ** значень електропровідності отриманого розчину при різних технологічних параметрах процесу змішування. Результати дослідження якості перемішування рідин при даних умовах наведені на рис. 4. Проведемо аналіз отриманих залежностей. При тиску подачі води 1,7 атм отримали такі результати середньоквадратичного відхилення значень миттєвої концентрації продукту (рис.4а): при напорі подачі концентрату 100мм $\sigma_1 = 0,34$; при напорі подачі концентрату 200 мм $\sigma_2 = 0,47$; при напорі подачі концентрату 300 мм, $\sigma_3 = 0,49$. При тиску подачі води 2,2 атм отримали такі результати середньоквадратичного відхилення значень миттєвої концентрації продукту (рис. 4б): при напорі подачі концентрату 100мм $\sigma_1=0,25$; при напорі подачі концентрату 200 мм $\sigma_2 = 0,32$; при напорі подачі концентрату 300 мм, $\sigma_3 = 0,46$.



а– при тиску подачі води 0,17 МПа

б – при тиску подачі води 0,22 МПа

Рис. 4. Залежність електропровідності розчину від часу.

Найвищу однорідність концентрації підмішуваного компоненту можна отримати при тиску подачі води 2,2 атм і напорі подачі концентрату 100 мм ($\sigma = 0{,}25$), а найнижчу при тиску подачі води 1,7 атм і напорі подачі концентрату 300 мм, ($\sigma = 0{,}49$). Аналіз результатів підтверджує аналітично отриманий висновок, про підвищення однорідності змішування при підвищенні швидкості зіткнення струменів, що відбувається при збільшенні подачі через вихідні сопла апарату та при підвищенні тиску води на вході в змішувач.

Висновки. В результаті експериментальних досліджень впливу основних технологічних і конструктивних параметрів протитечійно-струминного змішувача на забезпечення необхідного вмісту концентрату в готовому розчині показали, що для виготовлення солодкого напою «Лимонад» із використанням концентрату на основі підсолоджувачів (аспартаму і сахарину), діаметрі сопла форсунки

8 мм оптимальними умовами є: відстань між форсунками 24 мм, напір подачі купаного сиропу 200…300 мм, тиск подачі сиропу 1,7…2,2 атм. При таких умовах забезпечується необхідний вміст концентрату в готовому розчині, а також якість перемішування рідких компонентів, яка відповідає технічним вимогам на виготовлення солодких безалкогольних напоїв.

Література

1. Pan, G., Meng, H. (2001). An experimental study of turbulent mixing in a tee mixer using PIV and PLIF. *AIChE Journal*,*47*(12), 2653-2665.

2. Daas, M., Srivasta, R., Roeltan, D. (2007). Submerged jet mixing in nuclear waste tanks: a correlation for jet velocity. *WM Symposia*, *41*(14), 9.

3. Jacob, J. (2007). Optimization of a hydraulic mixing nozzle. Iowa: State University. 65 p.

4. Espinosa, E. (2011). Design Optimization of Submerged Jet Nozzles for enhanced mixing. 101 p.

5. Пат. 2016641 РФ, МПК B01F5/00. Гидродинамический смеситель / Пятков М. В. (РФ). – № 4786991/26; заявл. 09.11.1989; опубл. 30.07.1994, Бюл. № 27.

6. Пат. 2080164 РФ МПК B01F5/04. Многоконусный струйный аппарат / В. А. Бородин. (РФ). – № 93015447/25; заявл. 24.03.1993; опубл. 27.05.1997, Бюл. № 20

7. Самойчук К. О. Аналіз обладнання для перемішування рідких компонентів / К. О. Самойчук, О. В. Полудненко // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету / ТДАТУ. – Мелітополь, 2011. – Вип. 11, т. 6. – С. 226–233.

8.Самойчук К. О. Обоснование конструкции смесителя жидких компонентов с помощью компьютерного моделирования / К. О. Самойчук, О. В. Полудненко // Актуальные проблемы научно-технического прогресса в АПК: сб. науч. статей по матер. VII Междун. науч.-практ. конф. (20–22 марта 2013 г., г. Ставрополь) / СГАУ. – Ставрополь, 2013. – С. 86-92.

9. Циб В. Г. Аналіз методів оцінювання якості змішування рідких компонентів при виробництві безалкогольних напоїв / В. Г. Циб, О. В. Полудненко // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету / ТДАТУ. – Мелітополь, 2014. – Вип. 14, т. 1. – С. 7-12.

10. Самойчук К. О. Визначення відстані між соплами форсунок протитечійно-струминного змішувача безалкогольних напоїв / К. О. Самойчук, О. В. Полудненко, В. Г. Циб // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету / ТДАТУ. – Мелітополь, 2015. – Вип. 15, т.1. – С. 30-38.

11. Experimental investigations of sugar concentration for counterflow jet mixing of drinks / K. Samoichuk, O. Poludnenko, N. Palyanichka, V. Verkholantseva, S. Petrychenko // Technology audit and production reserves / Полтав. гос. аграр. академия. – Харьков, 2017. –Т. 2, № 3. – С. 41-46.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СМЕШИВАНИЯ ЖИДКОСТЕЙ В ПРОТИВОТОЧНО-СТРУЙНОМ СМЕСИТЕЛЕ

Вьюник О. В., Панина В. В.

Аннотация

В настоящее время остро стоит вопрос разработки и внедрения энергосберегающих технологий в агропромышленное производство. Процесс перемешивания жидких компонентов является широко распространенным технологическим процессом в различных отраслях производства и переработки продукции агропромышленного комплекса, поэтому актуальным является разработка и внедрение перемешивающих устройств, которые обеспечат качественное перемешивание при низких энергозатратах. Струйные смесители имеют значительные преимущества перед смесителями с мешалками. Среди множества видов и конструктивных схем струйных смесителей благодаря высокому качеству перемешивания выделяются противоточно-струйные аппараты, процесс смешивания в которых разработан недостаточно. В данной работе представлены конструкция разработанного противоточно-струйного смесителя и экспериментальная установка, описан принцип их действия. Экспериментальные исследования процесса смешивания жидких компонентов проводились на примере смешивания воды и концентрата на основе подсластителей (аспартама и сахарина) для изготовления сладкого безалкогольного напитка «Лимонад». В результате экспериментальных исследований влияния основных технологических и конструктивных параметров противоточно-струйного смесителя на обеспечение необходимого содержания концентрата в готовом растворе получили: при расстоянии между соплами форсунок 24 мм, давления подачи воды 0,12 ... 0,22 МПа, напоре концентрата 0,1 ... 0,3 м, величине кольцевого зазора в камере эжекции 0,9 мм получили кислотность раствора 3,08-3,46 см3, что является положительным результатом. Исследование качества перемешивания жидкостей при данных условиях показали, что самую высокую однородность концентрации подмешиваемого компонента можно получить при давлении подачи воды 2,2 атм и напоре подачи концентрата 100мм ($\sigma = 0,25$), а самую низкую – при давлении подачи воды 1, 7 атм и напоре подачи концентрата 300 мм ($\sigma = 0,49$). Анализ результатов подтверждает аналитически полученое заключение о повышении однородности смешивания при повышении скорости столкновения струй, это происходит при увеличении подачи через выходные сопла аппарата и при повышении давления воды на входе в смеситель.

PERSPECTIVES OF INCREASING THE MACHINE-TRACTOR UNIT PERFORMANCE

O. Viunyk, V. Panina

Summary

Currently, the development and implementation of energy-saving technologies in agro-industrial production is acute. The process of mixing liquid components is a widespread technological process in various fields of production and processing of agricultural products, therefore the development and implementation of mixing devices that will ensure high-quality mixing at low power consumption is relevant. Blast mixers have significant advantages over faucets with stirrers. Among a large number of types and designs of jet mixers due to the high quality of mixing allocated counter-jet-jet apparatus, the mixing process which is not developed enough. In this paper the design of the developed counter-jet mixer and experimental installation is presented, the principle of their operation is described. Experimental studies of the process of mixing liquid components were carried out on an example of mixing water and concentrate on the basis of sweeteners (aspartame and saccharin) for the preparation of sweet non-alcoholic beverage "Lemonade". As a result of experimental studies of the influence of the main technological and structural parameters of the counter-flow jet mixer on providing the necessary content of the concentrate in the final solution, the following were obtained: at a distance between nozzles of nozzles 24 mm, the pressure of the feed 0,2 – 0,22 MPa, at the concentrate head 0.1 – 0.3 m, the value of the annular gap in the 0,3 mm ejection chamber was the acidity of the solution 3.08 – 3.46 cm3, which is a positive result. Studies on the quality of mixing of liquids under the given conditions have shown that the highest homogeneity of the concentration of the mixed component can be obtained at a water pressure of 2.2 atm and a concentrate supply pressure of 100 mm (σ = 0.25), and the lowest at water pressure 1, 7 atm and the concentrate feed pressure 300 mm, (σ = 0.49). The analysis of the results confirms the analytically obtained conclusion that an increase in homogeneity of mixing with an increase in the speed of collision of jets, which occurs when increasing feed through the output nozzles of the apparatus and with increasing the pressure of water at the inlet to the mixer.

Keywords: liquid, mixing, counter-jet mixer, concentration, homogeneity.

УДК 621.9.031:621.81.004.67 DOI: 10.31388/2220-8674-2018-2-17

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ПРОЦЕСУ НАПЛАВЛЕННЯ В СЕРЕДОВИЩІ ЗАХИСНИХ ГАЗІВ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ МОДЕРНІЗОВАНОГО ЗВАРЮВАЛЬНОГО НАПІВАВТОМАТА

Смєлов А. О., к.т.н.
Таврійський державний агротехнологічний університет
E-mail: andriy.smielov@tsatu.edu.ua
Тел.: +38(067)-903-42-99

Анотація – Відомо, що для відновлення зношених деталей машин, дуже часто застосовується процес наплавлення в середовищі захисних газів при застосуванні зварювальних напівавтоматів.

Визначення техніко-економічних показників процесу ускладнено, зокрема визначення вартості витраченого електродного дроту.

При наплавлювальних роботах одним з основних показників, який враховується при розробці технологічного процесу, є коефіцієнт наплавлення електродів. Для його визначення необхідно визначити, в першу чергу, витрату електродного матеріалу.

Витрата матеріалу визначається залежно від способу зварювання (наплавлення), маси наплавленого металу, з урахуванням вигару, втрат при налагодженні режиму та ін. Масу наплавленого металу можна визначити по геометричних розмірах, знаючи площу й висоту наплавленої поверхні.

Однак не на всіх зварювальних напівавтоматах є можливість визначати одразу довжину електродного дроту, а вже потім розраховувати масу наплавленого матеріалу і необхідні коефіцієнти.

Тому механізм подачі дроту зварювального напівавтомата SSVA-180P дообладнаний лічильником витрати довжини дроту. Враховуючи те, що втрати електродного металу на вигар і розбризкування для встановлених режимів наплавлювання при відновленні деталей машин відносно постійні, то розрахунки визначення техніко-економічних показників процесу наплавлення в середовищі захисних газів в цьому випадку дуже спрощуються.

Проведена модернізація механізму подачі зварювального напівавтомата на кафедрі ТСАПК у Таврійському державному агротехнологічному університеті показала її технічну здійсненність і доцільність.

***Ключові слова*– наплавлення, відновлення, ефективність, технологія, ремонтні матеріали, коефіцієнт наплавлення, напів-автомат, модернізація.**

Постановка проблеми. При застосуванні захисного газу для виконання наплавочної операції в область горіння електродуги подають захисний газ який витискує із зазначеної зони повітря.

© Смєлов А. О.

Наплавлення деталей з низьколегованих і вуглецевих сплавів найчастіше проводиться в середовищі вуглекислого газу або суміші діоксиду вуглецю й аргону за допомогою електрода-дроту, що плавиться.

Технологія визначається як найбільш доцільна з погляду витрат засобів на наплавочну операцію. Із цієї причини серед механізованих варіантів наплавлення металів вона вважається явним лідером [1].

Очевидно, що ефективність будь-якої технології відновлення зношеної деталі необхідно оцінювати в першу чергу собівартістю.

Собівартість ремонту виробу складається з двох груп витрат: прямих $С_{ПР}$ та накладних $С_{НАК}$, тобто [2]:

$$C_{ОЧ} = C_{ПР} + C_{НАК}. \quad (1)$$

Прямі витрати на ремонт одного трактора [1]:

$$С_{ПР} = С_{ЗП} + С_{Зч} + С_{РМ} + С_{КООП}, \quad (2)$$

де $С_{ЗП}$ – повна заробітна плата виробничих робітників, зайнятих на ремонті трактора, грн;

$С_{Зч}$ – вартість запасних частин, грн;

$С_{РМ}$ – вартість ремонтних матеріалів (електродів, електродного дроту, флюса, газа і т.ін.), грн;

$С_{КООП}$ – вартість агрегатів, які ремонтуються по кооперації на інших ремонтних підприємствах, грн.

Вартість матеріалів $С_{рм}$ слід визначати по фактичній витраті на ремонт одиниці продукції по формулі:

$$C_{рм} = Q_{рм} \cdot Ц_{рм}, \quad (3)$$

де $Q_{рм}$ – витрата матеріалів на одиницю продукції;

$Ц_{рм}$ – ціна одиниці вимірювання матеріалу, грн.

Ціна одиниці вимірювання матеріалів приймається в умовах цін на період, що розраховується.

Якщо в технологічному процесі ремонту вузла неможливо точно підрахувати витрату матеріалів, то орієнтовно визначається у відсотковому відношенні від заробітної плати по формулі:

$$C_{рм} = 0{,}2 \cdot C_{зп}, \quad (4)$$

Витрата матеріалу визначається залежно від способу зварювання (наплавлення), маси наплавленого металу, з урахуванням вигару, втрат при налагодженні режиму та ін. До матеріалів відносяться електроди, дріт, флюси, гази та ін.

Масу наплавленого металу можна визначити по геометричних розмірах, знаючи площу й висоту наплавленої поверхні. Витрата дроту для наплавлення визначають по спеціальній формулі, що

враховує масу наплавленого металу і показник його втрат, а безпосередньо маса розраховується, як добуток площі (поперечної) перетину шва й обсягу металу.

Методика. Перед проведенням наплавлювальних робіт необхідно розрахувати коефіцієнт наплавлення, коефіцієнт розплавлювання й коефіцієнт втрат електродного матеріалу. Даними термінами позначаються важливі величини, що характеризують продуктивність процесу наплавлення.

ГОСТ 2601 дає наступне визначення цім коефіцієнтам [4]:

- коефіцієнт наплавлення при зварюванні це – коефіцієнт, виражений відношенням маси металу, наплавленої за одиницю часу горіння дуги, віднесеної до одиниці зварювального струму.
- коефіцієнт розплавлювання це – коефіцієнт, виражений відношенням маси електрода, розплавленої за одиницю часу горіння дуги, віднесеної до одиниці зварювального струму.
- коефіцієнт втрат при зварюванні – коефіцієнт, виражений відношенням втрат металу при зварюванні на вигар і розбризкування до маси розплавленого присадкового металу.

При наплавлювальних роботах одним з основних показників, який враховується при розробці технологічного процесу, є коефіцієнт наплавлення електродів. Це величина розплавленого металу електрода, яка пішла безпосередньо на формування шва, без втрат, залежно від пропущеного через дугу струму за одиницю часу. Фактично, це величина продуктивності, або ефективності наплавлювальних робіт. Вона дозволяє визначити потрібну кількість електродного дроту, для забезпечення безперервності робіт.

Як правило, втрати металу зростають прямо пропорційно залежно від щільності струму й довжини електричної дуги. У більшості випадків, коефіцієнт наплавлення на 7…15% менше, чим коефіцієнт розплавлювання електродів. Але іноді ці величини практично рівні. А в окремих випадках коефіцієнт наплавлення може бути навіть більше другого.

Коефіцієнти розплавлювання $\alpha_р$ і наплавлення $\alpha_н$ визначаються за формулами [5]:

$$\alpha_p = \frac{G_p}{I \cdot t}, \quad (5)$$

$$\alpha_н = \frac{G_н}{I \cdot t}, \quad (6)$$

де G_p, $G_н$– маса відповідно розплавленого та наплавленого металу електрода, г;

I– сила зварювального струму, А;

t – час розплавлювання електрода, год.

Втрати електродного металу на вигар і розбризкування розраховуються за формулою:

$$\frac{G_p - G_н}{G_p} = \frac{\alpha_p - \alpha_н}{\alpha_p} = \psi \quad . \qquad (7)$$

Результати і обговорення. Масу наплавленого металу можна визначити по геометричних розмірах, знаючи площу, висоту наплавленої поверхні та довжину валика (рис.1).

А враховуючи втрати електродного матеріалу та щільність електродного матеріалу можна визначити довжину електродного дроту який витрачено на проведення наплавлення при відновленні деталі та визначити його вартість.

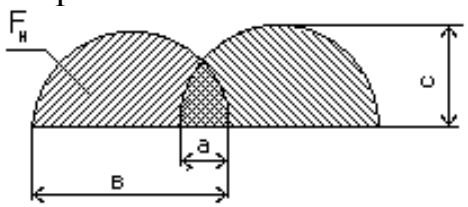


Рис. 1. Форма валика і його розміри: в – ширина валика; с–висота валика; а–величина перекриття валика, рівна 1/3в

Як видно цей шлях дуже важкий. До того ж на форму валика впливає дуже багато факторів [6, 7].

На наш погляд значно простіше визначати одразу довжину електродного дроту і вже потім розраховувати масу наплавленого матеріалу і необхідні коефіцієнти. Однак не на всіх напівавтоматах є така можливість, наприклад, в напівавтоматі марки SSVA-180P (рис. 2) регулюється та індукується тільки швидкість подачі електродного дроту. Наприклад, 15 дм/хв (рис. 3).



Рис.2. Інверторний напівавтомат SSVA-180-P



Рис. 3. Панель керування напівавтомата

Тому нами була проведена модернізація його механізму подачі електродного дроту (рис 4). Для цього була виготовлена С-образна стійка 2 на якої закріплений лічильник стрічки 1 від звичайного касетного магнітофона.

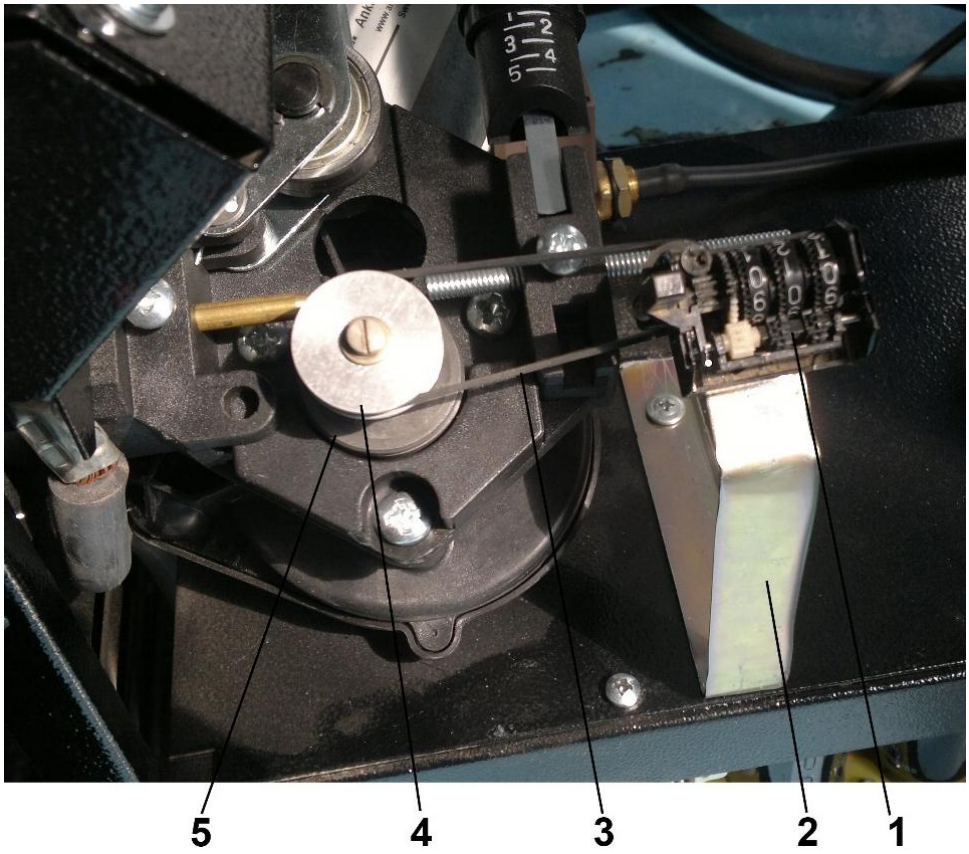


Рис. 4. Модернізація механізму подачі електродного дроту напівавтомата SSVA-180P1 – лічильник стрічки; 2 – С-образна стійка; 3 – гумовий пасик;4 – додатковий ролик; 5 – ведучий ролик

На ведучому ролику 5 механізму подачі напівавтомата встановлений додатковий ролик 4 який за допомогою гумового пасика 3 приводить в дію лічильник 1.

Повертаючи С-образну стійку 2 досягають необхідного натягування пасика 3.

Враховуючи те, що деталі застосовані від звичайного касетного магнітофона було проведене тарування лічильного механізму. Результати наведені в табл. 1.

Таблиця 1.

Результати тарування лічильного механізму

Швидкість подачі електродного дроту, дм/хв.	5	15	30	45	60
Довжина дроту, мм	3000				
Покази лічильника	51	51	51	51	51

Таким чином однієї одиниці показу лічильника відповідає 58,8мм електродного дроту.

Стабільність показів лічильника свідчить про надійність механізму подачі напівавтомата SSVA-180P.

Висновки. Проведена модернізація механізму подачі електродного дроту напівавтомата SSVA-180P дозволяє одразу визначати довжину електродного дроту і таким чином розрахувати масу наплавленого металу, необхідні коефіцієнти і собівартість відновлення наплавленої деталі.

Література

1. Ремонт машин та обладнання: підручник/ за ред. О. І. Сідашенко, О.А. Науменка. – К.: Агроосвіта, 2014 –665 с.

2. Серый И. С. Курсовое и дипломное проектирование по надежности и ремонту машин / И. С. Серый, А. П. Смелов, В. Е. Черкун. – М.: Агропромиздат, 1991. – 184 с.

4. Сварка металлов. Термины и определения основных понятий : ГОСТ 2601-84. –[Введ. 1985-07-01]. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1997. – 56 с.

5. Практикум з ремонту машин /за ред. О. І. Сідашенка, О. А. Науменка.– К.:Урожай,1995. – 215 с.

6.Дідур В. А. Розробка технології відновлення шнеків / В. А. Дідур, А. О. Смєлов, С. М. Дурман // Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації с/г техніки : матер. XI Міжнар. наук.-практ. конференції. – Кропивницький, 2017. – С. 93-94.

7.Купавих Є. П. Аналіз сучасних технологій зміцнення культиваторних лап / Є. П. Купавих, А. О. Смєлов // Збірник наукових праць магістрів та студентів Таврійського державного агротехнологічного університету/ ТДАТУ.– Мелітополь, 2016. –Вип. 16, т.1. –С.16-21.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОЦЕССА НАПЛАВКИ В СРЕДЕ ЗАЩИТНЫХ ГАЗОВ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ МОДЕРНИЗОВАННОГО СВАРОЧНОГО ПОЛУАВТОМАТА

Смелов А. А.

Аннотация

Известно, что для восстановления изношенных деталей машин, очень часто применяется процесс наплавки в среде защитных газов при применении сварочных полуавтоматов.

Определение технико-экономических показателей процесса осложнено, в частности определение стоимости израсходованной электродной проволоки.

При наплавке одним из основных показателей, который учитывается при разработке технологического процесса, является коэффициент наплавки электрода. Для его определения необходимо определить, в первую очередь, расход электродного материала.

Расход материала определяется в зависимости от вида сварки (наплавки), массы наплавленного металла, с учетом угара, потерь при налаживании режима и

др. Массу наплавленного металла можно определить по геометрическим размерам, зная площадь и высоту наплавленной поверхности.

Однако не на всех сварочных полуавтоматах есть возможность определять сразу длину электродной проволоки и уже потом рассчитывать массу наплавленного материала и необходимые коэффициенты.

Поэтому механизм подачи провода сварочного полуавтомата SSVA-180P дооборудован счетчиком длины проволоки. Учитывая то, что потери электродного металла на угар и разбрызгивание для установленных режимов наплавки, при восстановлении деталей машин, относительно постоянные, то расчеты по определению технико-экономических показателей процесса наплавки в среде защитных газов в этом случае значительно упрощаются.

Проведенная модернизация механизма подачи сварочного полуавтомата на кафедре ТСС АПК в Таврическом государственном агротехнологическом университете показала ее техническую осуществимость и целесообразность.

METHOD OF DETERMINING THE TECHNO-ECONOMIC INDICATORS OF THE FLOUR PROCESS IN THE ENVIRONMENT OF PROTECTIVE GASES AT THE APPLICATION OF THE MODERNIZED SEMI-AUTOMATIC WELDING MACHINE

A. Smielov

Summary

It is known that for the restoration of worn out parts of machines, the process of surfacing in the environment of protective gases is very often used when welding semiautomatic devices.

The definition of technical and economic indicators of the process is complicated, in particular, the determination of the cost of consumed electrode wire.

When surfacing one of the main indicators, which is taken into account in the development of the technological process, is the deposition rate of the electrode. To determine it, it is necessary to determine, first of all, the consumption of electrode material.

The material consumption is determined depending on the type of welding (cladding), the weight of the weld metal, taking into account the burnout, losses when setting the mode, etc. The mass of the weld metal can be determined from the geometric dimensions, knowing the area and height of the welded surface.

However, it is not possible to determine the length of the electrode wire at all welding semiautomatic devices and only then calculate the mass of the welded material and the necessary coefficients.

Therefore, the wire feed mechanism of the semi-automatic welding machine SSVA-180P is equipped with a wire length meter. Taking into account the fact that the loss of electrode metal in the combustion and spattering for the established deposition regimes, when restoring machine parts, are relatively constant, the calculations for determining the technical and economic parameters of the welding process in the protective gas environment in this case are much simplified.

The modernization of the semi-automatic welding machine feeding mechanism at the TSS APK chair in the Tavria State Agrotechnological University has shown the possibility of its technical implementation and expediency.

Keywords: surfacing, restoration, efficiency, technology, repair materials, coefficient of surfacing, semiautomatic, modernization.

УДК 631.3.004.67 DOI: 10.31388/2220-8674-2018-2-18

РОЗРАХУНОК І ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ СТЕНДУ ДЛЯ РЕМОНТУ І ОБКАТКИ ДВИГУНІВ В ФЕРМЕРСЬКИХ ГОСПОДАРСТВАХ

Паніна В. В., к.т.н.,
В'юник О. В., інженер
Таврійський державний агротехнологічний університет
E-mail: valeriia.panina@tsatu.edu.ua
Тел.: +38(067)-956-23-58

Анотація – підвищення якості технічного обслуговування і ремонту – найважливіша задача, від рішення якої залежить продуктивність праці і витрати на виробництво сільськогосподарської продукції, що в свою чергу потребує відповідного обладнання. Тому пропонується створення універсального багатофункціонального стенду для ремонту сільськогосподарської техніки в фермерських господарствах. Стенд повинен бути багатофункціональним, який дозволив би виконувати такі операції: як затягування машини в приміщення, знімання з неї окремих вузлів і транспортування їх до місць подальшого розбирання, механізація при розбиранні і складанні вузлів, обкатка і випробування двигунів, коробок переміни передач, редукторів. При цьому повинні обслуговуватись машини різних марок і типорозмірів вказаних класів, тобто агрегат треба зробити універсальним. Стенд повинен відповідати наступним вимогам: дозволяти механізувати процес розбирання і складання двигунів для тракторів класів 0,2; 0,6; 1,4;забезпечувати знімання з трактора і встановлювання на стенд двигуна; дозволяти проводити холодну і гарячу обкатку двигуна з навантаженням і без, згідно технічних умов; мати менші металоємкість і енергоємність порівняно з аналогами; бути простим при виготовлені і в експлуатації; відповідати вимогам ергономіки; забезпечувати виконання правил безпеки; бути екологічно безпечним; мати меншу вартість порівняно з аналогами. Особлива увага приділена методиці розрахунку і вибору раціональних параметрів стенду.

Ключові слова **– двигун, універсальний багатофункціональний стенд, клинопасова передача, ККД.**

Постановка проблеми. У будь-якої машини, незалежно від того, працює вона, простоює або транспортується, знижаються фізико-механічні та геометричні параметри деталей. Одночасно знижуються техніко-економічні показники конструкції в цілому і настає момент, коли подальша експлуатація стає економічно недоцільною.

© Паніна В. В., В'юнік О. В.

Тому в процесі експлуатації машина потребує технічного обслуговування, з метою підтримання її технічного стану, а також ремонту для відновлення цих якостей, коли експлуатація стає неможливою. Найбільш складними при ремонті засобами механізації в фермерських господарствах є трактори, автомобілі, комбайни та їх складові: двигуни, коробки переміни передач, редуктори, тощо. В невеликих фермерських господарствах, в основному, використовують трактори класів 0,2 і 0,6, максимальна вага яких не перевищує 2500 кг, а двигуни мають потужність до 25 кВт, при кутовій швидкості 2000 хв$^{-1}$ і масу до 280 кг.

Аналіз останніх досліджень. Універсальні багатофункціональні стенди для фермерських господарств присвячені роботи [1-7], в яких пропонуються стенди для механізації різних видів робіт і ремонту техніки. Так в роботі [7] наводиться приклад агрегату для деревообробних робіт (розпилювання деревини, її стругання, фрезерування, шліфування), приготування кормів (подрібнення сировини і змішування компонентів), будівельних робіт (виготовлення цементних та інших розчинів), є вантажопідйомний пристрій і компресор.

Універсальний багатофункціональний стенд (патент ТДАТУ №45381 МПК2009 F02B79/00) [5] призначено для розбирання, складання, обкатки і випробування двигунів з можливістю їх знімання з трактора і встановлення на стенд.

Недоліки цього агрегату в складності вантажопідйомного механізму і його експлуатації (переміщення каретки вручну), великій металоємкості і енергоємності. Встановлення електродвигуна балансирно ускладнює конструкцію, при цьому можна використовувати тільки асинхронний двигун з фазовою обмоткою ротора. Ці недоліки відсутні в багатофункціональному агрегаті, запропонованому в роботі [6].

Багатофункціональний агрегат складається з трьох механізмів, що об’єднані в одну кінематичну схему. Це вантажопідйомний механізм, пристосування для розбирання і складання двигунів і обкатно-гальмівний стенд.

Недоліки цього агрегату низький коефіцієнт корисної дії з-за використання в конструкції черв’ячного редуктора, він може використовуватись тільки для двигунів потужністю до 30 кВт. Консольно-поворотний вантажопідйомний механізм доволі складний, при цьому велике навантаження на підшипники, що скорочує їх строк експлуатації.

Усунути вказані вище недоліки можливо при використанні в конструкції стенда планетарного редуктора замість черв’ячного, що підвищить ККД і всі вузли стенда будуть розташовані на одній осі, що

дасть можливість відмовитись від консольно-поворотного вантажопідйомного механізму, замінивши його на більш простий. Аналіз використання клиноремінних передач і варіаторів [8] показує, що вони здатні передавати значні потужності, так, наприклад, клиноремінна передача, яка виконує функції і муфти зчеплення в комбайні «Дон» передає потужність 162 кВт, варіатор автомобіля ДАF-55 -73 кВт. Пропонується розповсюдити використання стенда і на двигуни тракторів класу 1,4 потужністю до 60 кВт.

Методика. Згідно кінематичної схеми стенду для ремонту і обкатки двигунів [9], він буде складатися з стенду для обкатки двигунів, вантажопідйомного механізму і пристосування для розбирання і складання двигунів. Розрахунок клиноремінного варіатора, який використовується в стенді проводиться за методикою, що викладена в роботі [11].

Приймається клиновий пас типу СВ з відносною шириною $\upsilon = 3$, кутом канавки $\varphi = 32°$, по цих даних і відношенню максимального і мінімального діаметрів, що дорівнює 2 по номограмі [11] приймається відносний діаметр $\upsilon = 6$. Менший діаметр веденого шківа за розрахунком 98 мм, за рекомендаціями, приймається менший діаметр веденого шківа 100 мм. Найбільший розрахунковий діаметр ведучого шківа 202 мм.

Приймається стандартний пас СВ50 кордшнуровий зубчастий з розмірами:

$b_p = 45$ мм, $h = 22$ мм,
$h_p = 7{,}6$ мм, $b_1 = 36{,}5$ мм.
$b_0 = 50$ мм, $S_1 = 9{,}53$ см^2,
$q = 1{,}2$ кг/м.

При симетричному регулюванні шківів:

$d_2 = d_1 = 100$ мм $D_1 = D_2 = 202$ мм

конструктивні розміри шківів:

$D_{H1} = D_{H2} = 202 + 2 \cdot 5 = 212$ мм, $d_{в1} = d_{в2} = 100 - 2 \cdot 7{,}6 = 84{,}8$ мм.

Найменший зазор між дисками веденого шківа: ∇ 11,3 мм.

Переміщення рухомих дисків ведучого і веденого шківів визначиться: X= 27,5 мм.

Приведені коефіцієнти тертя:

$$f_1^1 = \frac{f}{\sin\frac{\varphi}{2}}, \qquad f_2^1 = \frac{f\cos\beta}{\sin\frac{\varphi}{2} + f\sin\beta\cos\frac{\varphi}{2}}, \qquad (1)$$

де β – кут між векторами швидкості ковзання і дотичної доокружності, $\beta = 30^0$;

f – коефіцієнт тертя між шківом і клиновим ременем, $f = 0{,}6$

$$f_1^1 = \frac{0{,}6}{0{,}27} = 2{,}2 \qquad f_2^1 = \frac{0{,}6 \cdot 0{,}87}{0{,}27 + 0{,}6 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}96} = 0{,}94.$$

Подальший розрахунок ведеться для двох крайніх положень шківів при i_{max} і i_{min}.

	при i_{max}	при i_{min}
Швидкість ременя, м/с	4,9	21,1
Окружна сила, Н	2820	2620
Кути обхвату:	$\alpha_1 = 190^o$=3,33 рад	$\alpha_2 = 170^o$=2,98 рад
Кут ковзання:	$\alpha_{C1} = 0{,}8$	$\alpha_{C1} = 0{,}76$
Кути зчеплення:	$\alpha_{П1} = 2{,}53$	$\alpha_{П1} = 2{,}22$
	$\alpha_{П2} = 1{,}09$	$\alpha_{П2} = 1{,}19$
Коефіцієнт тяги	$\psi = 0{,}7$	$\psi = 0{,}69$
Натягування від відцентрових сил, Н	$F_Ц = 2{,}9$	$F_Ц = 54{,}5$
Натягування гілок передачі, Н	$F_1 = 3386$	$F_1 = 33215$
	$F_2 = 589$	$F_2 = 628$

Для автоматизації керування клиноремінним варіатором використовується залежність осьових сил від передаточного відношення і навантаження передачі [11]. Якщо рухомим дискам дати можливість свободу в осьовому направленні і зробити осьові сили залежними від частоти обертання і моменту, що передається, то при зміні цих параметрів диски будуть автоматично переміщуватись до встановлення нового рівноважного положення, змінюючи передаточне число в відповідності до нового режиму.

В якості засобів, що діють на осьові сили, використовують пружини стискання і кручення, відцентрові, кулачкові і вакуумні пристрої. Комбінуванням цих пристроїв і підбираючи їх характеристики, можна добитись зміни передаточного відношення від швидкості обертання ведучого валу варіатора і навантаження.

Розрахунки клиноремінного варіатора можуть давати значні похибки, у зв’язку з тим, що клиновий ремінь складається з декількох шарів гуми різної пружності, в ньому є кордові шнури. При передачі крутного моменту ремінь розтягується, згинається, стискається, нагрівається. Всі ці фактори неможливо врахувати в формулах для розрахунків [11], тому після виготовлення шківів варіатора і встановлення на стенд, необхідне його доопрацювання, щоб включення варіатора для передачі крутного моменту здійснювалось

при визначених обертах (940 хв-1), при підвищенні обертів відбувалась автоматична зміна передаточного числа.

Вантажопідйомний механізм буде представляти собою кран-балку, металоконструкція якої буде мати вигляд монорейки з двотавра, що кінцями кріпиться до стелі або протилежних стін приміщення, по ній рухається каретка механізму підйому. Розрахунок проводиться по методиці, викладеній в джерелі [10]. Приймається двотавр №10, для якого осьовий момент опору складає 39,7см^3.

Результати і обговорення. Вибір двигуна приводу стенду, повинен враховувати необхідність виконання вимоги, щоб номінальний крутний момент електродвигуна був рівним номінальному моменту двигуна, що обкатується, а частота обертання його валу на 15…20% менше номінальної частоти обертання валу двигуна.

В стенді використовується асинхронна балансирна машина, яка здійснює і привід, і гальмування при обкатці двигунів, при цьому її вал напряму приєднується до валу двигуна, що обкатується. З метою зменшення потужності електродвигуна у прийнятій схемі пропонується використання клиноремінного варіатора, що виконує функції передаточного механізму і зчеплення, яке вмикає в роботу варіатор для передачі крутного моменту при досягненні електродвигуном номінальних обертів (940 хв$^{-1}$).

$$M_{ЕД} \cdot i_{ВАР} \cdot \eta_{ВАР} = M_{Д}, \qquad (2)$$

де $i_{ВАР}$ – передаточне число варіатора;

$\eta_{ВАР}$ – ККД варіатора, приймається 0,93.

Визначається крутний момент двигуна, що обкатується:

$$M_{Д} = \frac{N_{Д} \cdot 30}{\pi \cdot n_{Д}}, \qquad (3)$$

де $N_{Д}$ і $n_{Д}$ – відповідно потужність і частота обертання двигуна, що обкатується,

$$M_{Д} = \frac{60 \cdot 30 \cdot 10^{3}}{3{,}14 \cdot 2000} = 282 \ \ Н \cdot м.$$

Згідно технологічного процесу проводиться холодна і гаряча обкатки двигуна, при цьому передбачено обкатування без навантаження і з навантаженням з відповідним регулюванням обертів. Пропонується регулювання варіатором за рахунок зміни передаточного числа від 0,5 до 2, що забезпечить весь необхідний діапазон.

$$M_{ВД} = 282 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}93 = 131 \ \ Н \cdot м,$$

$$N_{ЕД} = \frac{131 \cdot 3{,}14 \cdot 1000}{30} = 13711 \ \ Вт.$$

Приймається електродвигун 4АС160М6УЗ потужністю 16 кВт з синхронною частотою обертання 1000 хв$^{-1}$ і при номінальній потужності 940 хв$^{-1}$.

Навантаження двигуна при гарячій обкатці буде здійснюватися порошковим гальмом ПТ-40М1, що створює гальмівний момент від 0 до 400 Н·м і має маховий момент ротора 0,035 кг·м^2. Перевіряється момент, який повинен розвинути електродвигун, щоб подолати опір гальма на холостій ході і потужність, що при цьому витрачається.

Момент від інерції обертання ротора гальма [12]

$$M_T = \frac{(m D^2) \cdot n_Д}{38{,}2t \cdot \eta_X}, \qquad (4)$$

де mD^2 – маховий момент ротора гальма, 0,035 Н·м;

t – час розгону двигуна 1…5 с,

η_x– ККД гальма, згідно паспортних даних 0,82.

$$M_T = \frac{0{,}035 \cdot 940}{38{,}2 \cdot 1 \cdot 0{,}82} = 1{,}05 \ \ Н \cdot м,$$

$$N_T = \frac{1{,}05 \cdot 940 \cdot 3{,}14}{30} = 103 \ \ Вт.$$

Момент, що витрачається на обертання ротора гальма дуже малий порівняно з моментом, що розвиває двигун, тому він запуститься, потужність, що буде витрачатись на холодній обкатці на гальмо незначна.

Розрахунок і розробка конструкції клиноремінного варіатора. Обкатка двигунів передбачає два режими при різних обертах і навантаженні, які повинен забезпечити клиноремінний варіатор. При холодній обкатці рекомендується оберти колінчастого валу двигуна від 400 до 1700 хв$^{-1}$ і при гарячій - від 600 до номінальних (2000 хв$^{-1}$).

Вихідними даними для розрахунку вантажопідйомного механізму будуть максимальна маса тракторів і двигунів, які будуть переміщуватись ним. Максимальну вагу класу 1,4 має трактор МТЗ-82К -4700 кг з двигуном Д-240 масою д0 400 кг. Для розрахунків приймається максимальна вага, яка буде переміщуватись (при використанні механізму для затягування трактора) 5000 кг, підійматись – 450 кг.

Діаметр каната можна визначити за формулою [10]:

$$d = Fp/[\Theta], \quad (5)$$

де F_p – дійсне розривне зусилля каната, яке вибирається по відповідних таблицях ДСТУ;

$[\Theta]$– напруження на розтягування, що допускається.

Розрахунок стальних канатів за правилами Держтехнагляду ведеться на розтягування при запасі міцності n = 4…6 по формулі:

$$S \le Fp/n, \quad (6)$$

де S – робоче натягування гілки каната

$$S = Q/Z\eta, \quad (7)$$

де Q – сумарна сила ваги вантажу;

Z – кількість гілок поліспаста;

η – ККД поліспаста, що дорівнює 0,78…0,97.

Вантажопідйомний механізм буде використовуватись і у якості лебідки для затягування машин у приміщення майстерні, тому робоче натягування каната буде визначатись для двох випадків і по більшому знаходитись його діаметр.

Робоче натягування каната при транспортуванні машини до приміщення визначиться за формулою

$$S_{тр} = m \cdot g \cdot f, \quad (8)$$

де f – коефіцієнт опору перекочуванню, залежить від покриття ґрунту, приймається 0,1.

$S_{тр.} = 5000 \cdot 9{,}8 \cdot 0{,}1 = 4900$Н, $S_{п.} = 450 \cdot 9{,}8/2 \cdot 0{,}97 = 4546$Н,

$F_p = 4900 \cdot 6 = 29400$ Н, $d = 29{,}400/2{,}2 = 13{,}4$ мм,

Приймається стандартний діаметр 14 мм.

За рекомендаціями [10] розраховуємо:

мінімальний діаметр барабана D_{MIN}=308 мм з метою підвищення довговічності каната і зменшення передаточного числа редуктора приймається діаметр барабана 350 мм.

Зовнішній і внутрішній діаметри барабана

$$D_з = 336 \text{ мм}, \qquad D_в = 322 \text{ мм}.$$

Робоча довжина барабана $-lp = 148$мм ,приймається з конструктивних міркувань (висота підйому може бути і вищою) робоча довжина 200 мм і загальна довжина барабана 300мм.

Привід валу барабана здійснюється через зубчату муфту і навантажується крутним моментом $M_{кр}$=858 Н·м, з врахуванням перевантажень приймається 870 Н·м і силою від максимального

натягування канату F=4900Н. В зубчастій муфті, яка складається з двох зубчатих коліс діє радіальна сила, яка дорівнює $F_г = 3958$.

Приймається діаметр валу в найбільш небезпечному місці 65 мм, під підшипники 50 мм.

В конструкції валу передбачена зубчаста муфта, яка накладає додаткові вимоги до крутної жорсткості валу, тому що при недостатній жорсткості виникає додаткове ковзання зубців, з'являється нерівномірність розподілення тиску по довжині зуба, виникають значні динамічні навантаження на зубцях, які погіршують умови роботи підшипників. Пропонується конструкція валу у вигляді труби з зовнішнім діаметром D = 50 мм і внутрішнім d = 30 мм, з метою економії матеріалу.

Підшипники підбираються по діаметру валу 50 мм і максимальному радіальному навантаженню на опори, яке складає 5149 Н, осьове навантаження відсутнє, тому приймаються радіальні шарикові підшипники №210, для яких статична вантажопідйомність складає 19 кН.

Загальне передаточне число приводу (редуктора) дорівнює:

$$i_з = \omega_{дв} / \omega_{вар} = \pi \cdot nдд \cdot Rбба / 30\vartheta, \qquad (9)$$

де $\omega_{дв}$ – кутова швидкість валу двигуна;

$\omega_{бар}$ – кутова швидкість барабана;

$n_{дв}$ – частота обертання валу двигуна,

$n_{бар}$ – частота обертання барабана;

$R_{бар}$ – радіус барабана;

ϑ – швидкість транспортування (підйому) вантажу, для електричних талей в межах від 5 до 25 м/хв.

$$i_З = \frac{940 \cdot 3.14 \cdot 350 \cdot 60}{30 \cdot 2 \cdot 20 \cdot 1000} = 51{,}65.$$

Приймається передаточне число, яке використовується в серійних редукторах $i_з$=50.

Для вибору двигуна і редуктора на привід вантажопідйомного механізму треба знати, яка при цьому витрачається потужність. Потужність на затягування машини [10]$N_З$=2834 Вт, потужність на підняття вантажу $N_п$=867 Вт, ці потужності значно менші, ніж для приводу стенда для обкатки двигуна, тому вибраний раніше двигун задовольняє вимогам приведеним розрахункам.

По потужності і передаточному числу вибирається серійний планетарний редуктор ПЗ 2-63.

Розрахунок пристосування для розбирання і складання двигунів. Пристосування представляє собою фланець, до якого приєднується двигун, що отримує обертальний рух від вихідного валу

редуктора, який обертається електродвигуном. Момент обертання, який створюється електродвигуном повинен бути більше моментів опору від тертя і інерції маси двигуна, що обертається. Аналіз показує, що момент обертання, який треба створити електродвигуну для повороту двигуна, що розбирається малий, тому електродвигун, призначений для обкатки двигуна можна використовувати і для пристосування.

Висновки. Розраховані основні параметри стенду для ремонту тракторів, що дозволить повністю механізувати розбирання, складання і обкатку двигунів, при його використанні зникає необхідність в вантажопідйомному засобі, який є в конструкції. Використання в приводі стенду планетарного редуктора з коефіцієнтом корисної дії 0,95 замість черв'ячного редуктора в аналогу (ККД 0,73) дозволить не тільки підвищити загальний коефіцієнт корисної дії стенду, але й розташувати всі вузли послідовно на одній осі і замінити консольно-поворотний вантажопідйомний механізм на монорейку, що значно спростить конструкцію і підвищить строк її служби. Загальний показник ефективності нового стенду на 12% вищий, чим в аналога і з його допомогою можна розширити клас тракторів до 1,4, двигуни яких можна ремонтувати.

Література

1. Паніна В.В. Універсальний, багатофункціональний стенд для ремонту двигунів / В. В. Паніна, Р. Г. Асанов // Збірник наукових праць магістрантів та студентів Таврійського агротехнологічного університету / ТДАТУ. – Мелітополь, 2009. – Вип. 8, т.1, ч.1. – С. 121-124.

2. Патент №45381 Україна, МПК F02B 79/00.Універсальний, багатофункціональний стенд для ремонту двигунів / В. В. Паніна, Р. Г. Асанов. – u200905120; заявл. 25.05.09;опубл. 10.11.09, Бюл. №21.

3. Паніна В. В. Удосконалення засобів механізації для ремонту малогабаритних машин в фермерських господарствах / В. В. Паніна, Р.Г. Асанов // Праці ТДАТУ. – Мелітополь, 2009. – Вип. 9, т. 1. –С. 86-90.

4. Паніна В. В. Розрахунок і обґрунтування параметрів універсального багатофункціонального стенду для ремонту техніки в фермерських господарствах / В. В. Паніна, В. К. Любко // Праці ТДАТУ.– Мелітополь, 2010. – Вип. 10, т. 2. – С.131-137.

5. Паніна В. В. Удосконалення стендів для ремонту двигунів / В. В. Паніна, С. В. Ходочинський // Збірник наукових праць магістрантів та студентів ТДАТУ : електроне видання / ТДАТУ. – Мелітополь, 2011. –Вип. 10, т.1.

6. Паніна В. В. Агрегат для ремонту двигунів/ В.В. Паніна // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету / ТДАТУ. – Мелітополь, 2012. – Вип. 2, т.2. – С.138-144.

7. Паніна В. В. Багатофункціональний агрегат для фермерських господарств / В. В. Паніна // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету: електр. наук. фах. видання / ТДАТУ. – Мелітополь, 2012. – Вип. 3, т. 3.

8. Паніна В. В. Обґрунтування трансмісії малогабаритного машинного агрегату для фермерських господарств: автореферат дис... канд. техн. наук : 05.22.02/ В. В. Паніна; ХДАДУ. – Харків, 2005. – 21с.

9. Паніна В. В. Удосконалення технічних засобів ремонту двигунів/ В. В. Паніна, С. В. Ходочинський //Тракторна енергетика: міжвузівський студентський семінар. – Харків, 2011. – С. 128-136.

10. Красников В. В. Подъемно-транспортные машины / В. В. Красников.– 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Колос, 1981. – 263 с.

11. Пронин Б. А. Бесступечатые передачи (вариаторы)/ Б. А. Пронин, Г. А. Ревков. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1980. – 320с.

12. Черкун В. Ю. Обкатка та випробування відремонтованих автотракторних двигунів/ В. Ю. Черкун, В. В. Забєлін. – 2-е ви. перероб. і доп. – К.: Урожай,1977. – 84с.

РАСЧЕТ И ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СТЕНДА ДЛЯ РЕМОНТА И ОБКАТКИ ДВИГАТЕЛЯ В ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВАХ

Панина В. В., Вьюник О. В.

Аннотация

Повышение качества технического обслуживания и ремонта - важнейшая задача, от решения которой зависит производительность труда и затраты на производство сельскохозяйственной продукции, что в свою очередь требует соответствующего оборудования. Поэтому предлагается создание универсального многофункционального стенда для ремонта сельскохозяйственной техники в фермерских хозяйствах. Стенд должен быть многофункциональным, который позволил бы выполнять следующие операции: как затягивание машины в помещение, снятие с нее отдельных узлов и транспортировки их к месту дальнейшей разборки, механизация при разборке и сборке узлов, обкатка и испытания двигателей, коробок перемены передач, редукторов. При этом должны обслуживаться машины разных марок и типоразмеров указанных классов, то есть агрегат надо сделать универсальным. Стенд должен отвечать следующим требованиям: разрешать механизировать процесс разборки и сборки двигателей для тракторов классов 0,2; 0,6; 1,4; обеспечивать снятие с трактора и установки на стенд двигателя; позволять проводить холодную и горячую обкатку двигателя с нагрузкой и без, согласно технических условий; иметь меньшие металлоемкость и

энергоемкость по сравнению с аналогами; быть простым при изготовлении и в эксплуатации; отвечать требованиям эргономики; обеспечивать выполнение правил безопасности; быть экологически безопасным; иметь меньшую стоимость по сравнению с аналогами. Особое внимание уделено методике расчета и выбора рациональных параметров стенда.

CALCULATION AND JUSTIFICATION OF PARAMETERS OF THE STAND FOR REPAIR AND RUNNING THE ENGINE IN FARMERSKY FACILITIES

V. Panina, O. Viunyk

Summary

Improving the quality of maintenance and repair is the most important task, the solution of which depends on labor productivity and the costs of agricultural production, which in turn requires appropriate equipment. Therefore, it is proposed to create a universal multifunctional stand for the repair of agricultural machinery in farms. The stand should be multifunctional, which would allow carrying out the following operations: as a dragging the machine into a room, removing its separate units and transporting them to the place of further disassembly, mechanization for disassembling and assembling units, running in and testing engines, gearboxes, gearboxes. At the same time, machines of different brands and sizes of these classes should be serviced, that is, the unit must be made universal. The stand must meet the following requirements: to permit mechanization of the dismantling and assembly of engines for tractors of classes 0.2; 0.6; 1.4; to provide removal from the tractor and installation on the engine stand; allow to conduct a cold and hot running-in of the engine with and without load, according to specifications; to have smaller metal consumption and energy intensity in comparison with analogues; be simple to manufacture and operate; meet the requirements of ergonomics; ensure the implementation of safety rules; be environmentally friendly; have a lower cost compared to analogues. Particular attention is paid to the method of calculation and selection of rational parameters of the stand.

Keywords: motor, universal multifunctional stand, cable car transmission, efficiency.

УДК 631.3.002.8 DOI: 10.31388/2220-8674-2018-2-19

ВИЗНАЧЕННЯ МІСЦЯ РОЗТАШУВАННЯ ПУНКТУ УТИЛІЗАЦІЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

Сорваніді Ю. Г., к.т.н.,
Бондар А. М., к.т.н.,
Новик О. Ю., інженер
Таврійський державний агротехнологічний університет
E-mail: tsapk@tsatu.edu.ua
Тел.: +38(067)936-28-77

Анотація– Проблема утилізації сільськогосподарської техніки, що завершила свій життєвий цикл, є складовою частиною глобальної проблеми раціонального використання ресурсів. Так, трактор, автомобіль, комбайн, що вийшли з ладу, є відмінним джерелом сировини для повторної переробки. В основному цінність представляють чорні метали, які можна відправити на переплавлення. Крім того, об'єктами утилізації і переробки є шини, пластик, скло і робочі рідини.

Складність в організації процесів збору і доставки техніки на утилізацію полягає у великій різноманітності утилізованої техніки, її різному технічному стані і нерівномірному розподілі по території регіону, що обслуговується конкретним підприємством по утилізації техніки. Тому таке підприємство має бути комплексним, таким, що робить цілий спектр послуг, пов'язаних з безпечною утилізацією техніки і її компонентів. По своїй структурі воно повинне складатися з відділів, що займаються збором і транспортуванням утилізованої техніки, первинною переробкою техніки, дефектацією і відновленням придатних до подальшого використання запасних частин, наданням юридичних і консультаційних послуг.

З позиції утилізації сільськогосподарська, спеціальна, будівельна техніка є складним об'єктом. При транспортуванні такої техніки доцільно використати виїзну бригаду, що забезпечує первинне розділення техніки на частини для зручності її транспортування і підготовки до утилізації безпосередньо на місцях її знаходження. Для цього, як правило, необхідно провести часткове різання або демонтаж виробів на частини, що підлягають вантаженню і транспортуванню на спеціальних автомобілях.

Нарівні з цим, велика кількість техніки, що вийшла з експлуатації, є розукомплектованою. Різна міра укомплектованості технічних засобів впливає на склад отримуваної вторинної сировини і, відповідно, на вживані технології переробки.

Ключові слова **– утилізація, пункт, витрати, дохід, радіус обслуговування, місце розташування, приклад розрахунків.**

© Сорваніді Ю. Г., Бондар А. М., Новік О. Ю.

Постановка проблеми. Існують три основні способи утилізації сільськогосподарської техніки: повнокомплектний, груповий і дефектувальний.

Повнокомплектний – відбувається подрібнення усієї машини на спеціальній подрібнювальній установці з подальшим розділенням подрібненої маси на чорні і кольорові метали, пластмаси, гуму, скло та ін.

Груповий – машину розбирають на агрегати, вузли і деталі, які сортують по групах на метали і інші матеріали, після чого їх відправляють на переплавку або відповідного виду переробку.

Дефектувальний – машину розбирають на агрегати, вузли і деталі з подальшим їх сортуванням на придатні, такі, що підлягають відновленню, і непридатні – для утилізації. Цей спосіб має найбільші переваги. [1,2].

Стаціонарні пункти утилізації певної потужності мають відповідну зону обслуговування, розмір якої характеризується оптимальним радіусом обслуговування. З розширенням зони обслуговування підприємства істотно збільшуються витрати часу і матеріально-технічні засоби на доставку техніки на майданчик-накопичувач. Ці витрати повинні компенсуватися за рахунок компонентів переробленої техніки, що реалізовуються.

Методика. Сума витрат на виконання робіт по переробці техніки і доставку її на підприємство[3]:

$$C_{\Sigma} = C_c + C_т, \quad (1)$$

де C_{Σ}– сумарні витрати на утилізацію з урахуванням транспортних витрат, грн.;

C_c– повна собівартість виконання операцій на підприємстві по утилізації, грн.;

$C_т$ – витрати по доставці техніки на підприємство, грн.

Прибуток від реалізації матеріалів, отриманих в результаті переробки техніки, що вийшла з експлуатації, визначається в загальному випадку матеріальним складом одиниці техніки, її масою, станом, залишковим ресурсом придатних до використання запасних частин, а також собівартістю робіт по демонтажу придатних до використання агрегатів.

У загальному вигляді радіус зони обслуговування (Рис.1) визначатиметься із співвідношення:

$$C_т(R) \le H\ Д_п, \quad (2)$$

де $C_Т(R)$ – прямі експлуатаційні витрати при транспортуванні техніки, грн./т;

Н – норма прибутку підприємства в долях;

$Д_п$ – прибуток підприємства від переробки техніки, грн./т.

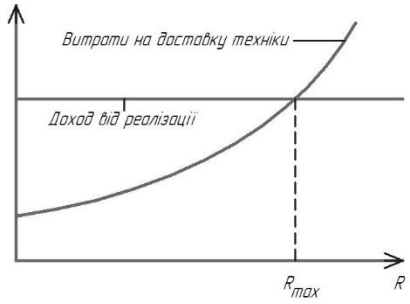


Рис. 1. Визначення максимального радіусу обслуговування підприємства з утилізації техніки

Транспортні витрати не повинні перевищувати прибуток від реалізації матеріалів, що отримуються в результаті переробки техніки, що вийшла з експлуатації, з урахуванням норми прибутку для стійкого функціонування підприємства.

З іншого боку, екологічні вимоги диктують необхідність збору усієї техніки, що виходить з експлуатації, з території регіону. За цієї умови граничний радіус обслуговування дорівнює прибутку від реалізації матеріалів, що отримуються в результаті переробки техніки, без урахування норми прибутку підприємства, при цьому перевезення не має бути збитковим. Тобто:

$$С_т(R) = Д_п, \quad (3)$$

Встановлена залежність вартості перевезення $С_Т$, грн., від радіуса перевезення:

$$С_т(R) = 2R \cdot В_к, \quad (4)$$

де R – відстань доставляння об‘єкта ремонту, км;

$В_к$ – вартість кілометру перевезень з використанням тралу.

Тому максимальний радіус перевезення дорівнює:

$$R = \frac{Д_П}{2B_K} \quad (5)$$

При використанні дефектувального способу утилізації прибуток без урахування транспортних витрат буде складатися з вартості вузлів, агрегатів та деталей, які не повністю втратили свій ресурс та вартості вторинної сировина, за виключенням витрат на розбирання вузлів та дефектацію деталей.

$$Д_п = В_{агр} + В_{чм} + В_{км} + В_{інш} – С_{зр} – С_{зд} – Н_в – З, \quad (6)$$

де $В_{агр}$ – вартість агрегатів, вузлів та деталей, які не втратили свій ресурс (10% від вартості машини), грн. [4];

$В_{чм}$ – вартість чорного лому, грн.;

$В_{км}$ – вартість кольорового лому, грн.;

$В_{інш}$ – вартість інших матеріалів після утилізації, грн (1% від вартості машини);

$С_{зр}$, $С_{зд}$ – заробітна плота робітників занятих на розбиральних та дефектувальних роботах, грн.;

$Н_в$ –вартість загальновиробничих накладних витрат, що припадали на утилізацію одного трактора, грн.;

З – затрати на придбання списаної техніки (по вартості чорного лому), грн.

Вартість чорного лому:

$$В_{чм} = В1_{чм}` \cdot 0,76Q, \quad (7)$$

де $В1_{чм}`$ – вартість 1 кг чорного лому, грн.;

0,76 – відсоток чорного лому в машині, що утилізується.

Вартість кольорового лому:

$$В_{км} = В1_{км}` \cdot 0,016Q \quad (8)$$

де $В1_{км}`$ – вартість 1 кг кольорового лому, грн.;

0,016 – відсоток кольорового лому в машині, що утилізується.

Заробітна плата працюючих розраховується за формулою:

$$С_з = Т \cdot С_г, \quad (9)$$

де Т – трудомісткість робіт при утилізації об‘єкта, люд.год.;

$С_г$ – годинна тарифна ставка, грн.

Вартість загальновиробничих накладних витрат, що припадали на утилізацію одного трактора визначається за формулою:

$$Н_в = \frac{R_{зв} \cdot С_з}{100}, \quad (10)$$

де $R_{зв}$ – відсоток загальновиробничих накладних витрат для пунктів з утилізації;

$С_з$ –заробітна платня виробничих робітників, грн.

Вибір пункту розміщення підприємства з утилізації сільськогосподарської техніки [5].

Для вибирання пункту розташування підприємства з утилізації, карту регіону розміщують в прямокутні координати і визначають абсцису $Х_Р$ і ординату $У_Р$ точки, до якої тяжіють розташовані на даній території об‘єкти ремонту

$$Х_р = \frac{Х_1 \cdot К_1 + Х_2 \cdot К_2 + ... + Х_n \cdot К_n}{К_1 + К_2 + ... + К_n}, \quad (12)$$

$$У_р = \frac{У_1 \cdot К_1 + У_2 \cdot К_2 + ... + У_n \cdot К_n}{К_1 + К_2 + ... + К_n}, \quad (13)$$

де $Х_1, Х_2, \ldots, Х_n$ – абсциса1,2,…, n пункту зосередження об‘єктів;

$У_1, У_2, \ldots, У_n$ – ордината 1,2,…,n пункту зосередження об‘єктів;

$К_1, К_2, \ldots, К_n$ – кількість об‘єктів, шт.

Потім необхідно вибрати найближчий до розрахованих координат пункт розміщення підприємства з урахуванням використання під‘їзних шляхів, що вже є, забезпеченості кадрами і т.п. Найбільш доцільний пункт розміщення підприємства повинен відповідати найменшим транспортним витратам на перевезення ремонтного фонду.

Результати і обговорення. Приклад розрахунків.

Вихідні дані:

– об‘єкт утилізації –трактор ЮМЗ-6Л;

– маса об‘єкту утилізації Q = 3,4 т;

– вартість нового об‘єкту В = 360000 грн.

Тоді: $В_{агр}$ – вартість агрегатів, вузлів та деталей, які не втратили свій ресурс – приймаємо 10% від вартості машини (6), грн.:

$$В_{агр} = 0,1 \cdot В = 360000 = 36000 \text{ грн.} \quad (14)$$

Вартість чорного лому згідно виразу (7) якщо прийняти вартість 1 кг чорного лому $В1_{чм} = 5$ грн. тоді

$$В_{чм} = 5 \cdot 0,76 \cdot 3400 = 12920 \text{ грн.}$$

Вартість кольорового лому згідно виразу (8) якщо прийняти вартість 1 кг кольорового лому, грн. $В1_{км}` = 100$ грн.:

$$В_{км} = 100 \cdot 0,016 \cdot 3400 = 5440 \text{ грн}$$

Вартість інших матеріалів після утилізації (6):

$$В_{інш} = 0,01 \cdot 360000 = 3600 \text{ грн.}$$

Сз – основна заробітна платня виробничих робітників, грн., приймаємо Сз = 2700 грн.

Нв – відсоток загальновиробничих накладних витрат для пунктів з утилізації складає 500%. Тоді (10):

$$Н_в = 500 \cdot 2700 / 100 = 13500 \text{ грн.}$$

Затрати на придбання списаної техніки (6):

$$З = 5 \cdot 3400 = 17000 \text{ грн.}$$

Доход підприємства (6) якщо $С_{зр} + С_{зд} = Сз = 2700$ грн.

$$Д_п = 36000 + 12920 + 5440 + 3600 – 2700 – 13500 – 17500 = 7760 \text{ грн.}$$

Максимальний радіус перевезення R=130 км (5), $В_к$ =30 грн

$$R = 7760 / 2 \cdot 30 = 130 \text{ км}$$

Висновки. Результатом методики, що пропонується є можливість визначення оптимального місця розташування пункту утилізації сільськогосподарської техніки та радіусу обслуговування.

Література

1. Северный А. Э. Организация вторичного рынка сельскохозяйственной техники. (Состояние, опыт, перспективы)/ А. Э. Северный, Д. С. Буклагин, М. А. Халфин.– М.: Росинформагротех, 2001. – 92 с.

2. Утилизация в системе обновления сельско-хозяйственной техники в АПК/ В. И. Черноиванов[и др.]– М.: Росинформагротех, 2013. – 124 с.

3. Экономика технического сервиса на предприятиях АПК / Ю. А. Конкин [и др.]– М.: Триада, 2007. – 572 с. –(Учебники и учебные пособия для высших сельскохозяйственных учебных заведений).

4. Рециклинг отходов в АПК: справочник/ И. Г. Голубев [и др.] – М.: Росинформагротех, 2011. – 296 с.

5. Левитский. И. С. Организация ремонта и проектирование сельскохозяйственных предприятий: учебник / И. С. Левитский.– Изд. 3-е, перераб. и доп. – М. : Колос, 1977. – 240 с. – (Учебники и учебные пособия для высших сельскохозяйственных учебных заведений).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ПУНКТА УТИЛИЗАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Сорваниди Ю. Г., Бондарь А. Н., Новик А. Ю.

Аннотация

Проблема утилизации сельскохозяйственной техники, которая завершила свой жизненный цикл, является составной частью глобальной проблемы рационального использования ресурсов. Так, трактор, автомобиль, комбайн, которые вышли из строя, является отличным источником сырья для повторной переработки. В основном ценность представляют черные металлы, которые можно отправить на переплавку. Кроме того, объектами утилизации и переработки являются шины, пластик, стекло и рабочие жидкости.

Сложность в организации процессов сбора и доставки техники на утилизацию заключается в большом разнообразии утилизируемой техники, ее различным техническим состоянием и неравномерным распределением по территории обслуживаемого конкретным предприятием по утилизации техники. Поэтому такое предприятие должно быть комплексным, таким, что выполняет целый спектр услуг, связанных с безопасной утилизацией техники и ее компонентов. По своей структуре оно должно состоять из отделов, занимающихся сбором и транспортировкой утилизированной техники, первичной переработкой техники, дефектацией и восстановлением пригодных к дальнейшему использованию узлов и деталей, предоставлением юридических и консультационных услуг.

С позиции утилизации сельскохозяйственная, специальная, строительная техника являются сложными объектами. При транспортировке такой техники целесообразно использовать выездную бригаду, которая обеспечивает первичное разделение техники на части для удобства транспортировки и подготовки к утилизации непосредственно на местах ее нахождения. Для этого, как правило,

необходимо провести частичную резку или демонтаж изделий на части, подлежащих погрузке и транспортировке на специальных автомобилях.

Наряду с этим, большое количество техники, вышедшей из строя, является разукомплектованной. Разная степень укомплектованности технических средств влияет на состав получаемого вторичного сырья и, соответственно, на применяемые технологии переработки.

DETERMINATION OF THE PLACE OF LOCATION OF AGRICULTURAL EQUIPMENT UTILIZATION

Y. Sorvanidi, A. Bondar, O. Novik

Summary

The problem of utilizing agricultural machinery, which has completed its life cycle, is an integral part of the global problem of rational use of resources. Thus, a failed tractor, car, combine harvester is an excellent source of raw material for recycling. In the main value are the ferrous metals that can be sent for melting. In addition, the objects of recycling and recycling are tires, plastic, glass and working fluids.

The complexity in organizing the processes of collecting and delivering equipment for utilization lies in the large variety of utilized equipment, its different technical condition and uneven distribution across the region served by a specific technology utilization enterprise. Therefore, such an enterprise should be complex, such that it makes a whole range of services related to the safe disposal of machinery and its components. In its structure, it should consist of departments involved in the collection and transportation of utilized equipment, primary processing of machinery, defect and restoration of suitable for the subsequent use of spare parts, providing legal and consulting services.

From the point of utilization, agricultural, special, construction machinery is a complex object. When transporting such technology, it is expedient to use a visiting brigade, which provides the primary separation of machinery into parts for the convenience of its transportation and preparation for utilization directly in the places of its location. To do this, as a rule, it is necessary to carry out partial cutting or disassembly of the parts for parts to be loaded and transported on special vehicles.

Along with this, a large number of decommissioned equipment is incomplete. A different measure of the number of technical equipment affects the composition of the received secondary raw materials and, accordingly, the used processing technologies.

Keywords: item, cost, revenue, service radius, location, example of calculations.

УДК 631.362.36.032 DOI: 10.31388/2220-8674-2018-2-20

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ РУХУ НАСІНИНИ ПРИ ВИХОДІ З ЖИВИЛЬНОГО КОНУСА ВІБРОАСПІРАЦІЙНОГО СЕПАРАТОРА

Паламарчук І. П., д.т.н.
Національний університет біоресурсів і природокористування України
Кюрчев С. В., к.т.н.,
Кюрчева Л. М., к.с.-г.,н.,
Верхоланцева В. О., к.т.н.
Таврійський державний агротехнологічний університет
E-mail: valentyna.verkholantseva@tsatu.edu.ua
Тел. +38(097)828-50-43

Анотація **–** Одним із основних умов отримання якісного врожаю є підготовка насіння перед посівом, а саме застосовування сепарації. На практиці використовують сепаратори, але деякі з них не в змозі зробити якісний поділ насіння на фракції і при цьому не пошкодити насіння. Тому виникла потреба у розробці віброаспіраційного сепаратора, який в свою чергу дозволить забезпечити краще розділення насіннєвого матеріалу на фракції. Наведено математичне моделювання руху насінини у конусі, а саме враховані конструктивні особливості віброаспіраційного сепаратора, які впливають на кінцевий вихід продукту. Зроблені наступні припущення, які стосуються даного сепаратора на певній ділянці процесу: насіннєвий матеріал з конічного живильника подається у вертикальний, рівномірно розподілений за радіусом повітряний потік під початковим кутом α_0 та зі швидкістю V_0 ; вважається, що має місце рух ізольованих насінин, розмір та вага яких визначається швидкістю витання; насінини не змінюють свого орієнтування за віссю симетрії насінини по відношенню до напрямку повітряного потоку; потік повітря спрямований вертикально вгору. Встановлені основні силові фактори, що зумовлюють рух часток продукції у повітряному потоці: сила опору повітря; сила дії повітряного потоку; сила тяжіння насіння; складова змушуючої сили, що створюється за рахунок автоколивального руху центральної труби розподільника; крутний момент, що виникає за автоколивального руху. У статті розкрито рух насінини при виході із конуса сепаратора, та наведені схеми сил та кінематичних характеристик насінини у повітряному потоці. Виведені рівняння стосовно руху насінини у сепараторі, та встановлено, що за допомогою комплексної дії вібрації, пневмодинамічних та гравітаційних сил відбувається сепарація насіннєвого матеріалу.

Ключові слова **– віброаспіраційний сепаратор, конус, насіннєвий матеріал, процес, моделювання, сили, розділення.**

© Паламарчук І. П., Кюрчев С. В., Кюрчева Л. М., Верхоланцева В. О.

Постановка проблеми. Ефективним та надійним шляхом підвищення врожайності сільськогосподарських культур є використання якісного насіннєвого матеріалу. А отримати якісний матеріал можливо відбором із загальної маси, насіння із цінними біологічними властивостями, яке потрапляє до фракції I при сепарації та дає дружні сходи - в результаті збільшує загальну врожайність. За допомогою конструкцій сепараторів з нижньою зоною розділення і вивантаження окремих фракцій дозволяють використовувати спосіб розділення за траєкторіями [1 – 6]. Отже, проблема підготовки якісного насіннєвого матеріалу є актуальною.

Аналіз останніх досліджень. Відомі вчені у галузі сепарування насіння прийшли к висновку, що найбільш надійними та простими у роботі є сепаратори у повітряних потоках. В ході розвитку сепараторів збільшували продуктивність та якість поділу за рахунок збільшення енерговитрат. Тому, треба більш детально розглянути шляхи підвищення якісного насіннєвого матеріалу, а саме за допомогою комплексної дії сил у сепараторі [1 – 8].

Формулювання мети дослідження. Метою статті є дослідити рух насінини при виході із живильного конуса віброаспіраційного сепаратора за рахунок автоколивальних руху у період підготовки насіннєвого матеріалу.

Результати та обговорення. За допомогою математичного моделювання процесів розділення у даній ділянці сепаратора використовуємо наступні припущення[9 – 12]:

- насіннєвий матеріал з конічного живильника подається у вертикальний, рівномірно розподілений за радіусом повітряний потік під початковим кутом α_0 та зі швидкістю V_0 ;
- вважається, що має місце рух ізольованих насінин, розмір та вага яких визначається швидкістю витання;
- насінини не змінюють свого орієнтування за віссю симетрії насінини по відношенню до напрямку повітряного потоку;
- потік повітря спрямований вертикально вгору.

Серед основних силових факторів, що зумовлюють рух часток продукції у повітряному потоці можна відзначити (рис.1):

$R_{оп}$ – сила опору повітря;

$F_п$ – сила дії повітряного потоку;

$G_н$ – сила тяжіння насіння;

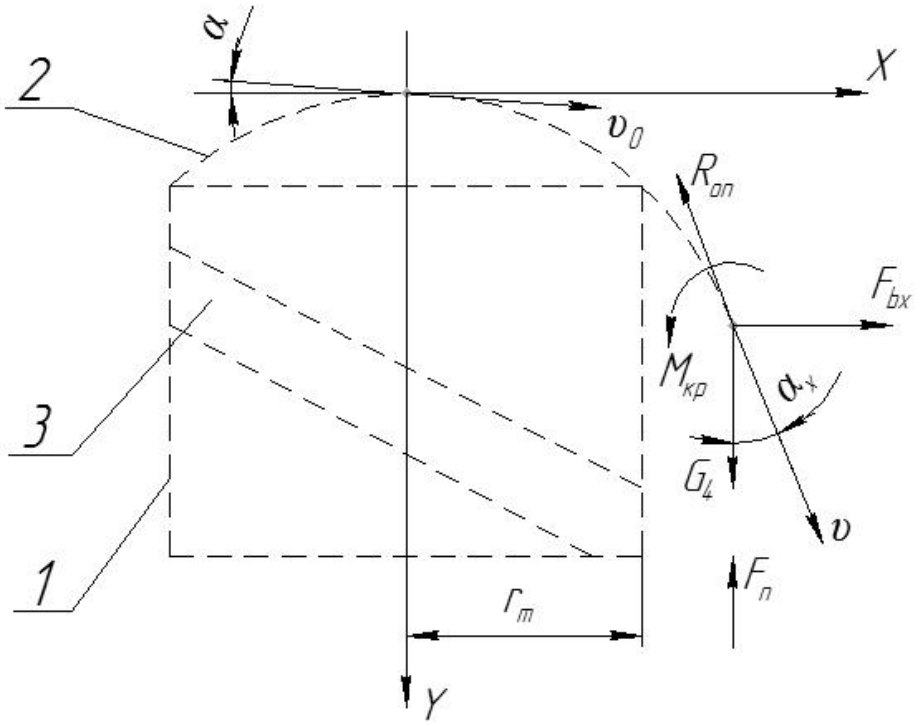


Рис. 1. Схема сил, що діють на частинку у повітряному потоці.

$F_{bx} = \frac{l_x \cdot F_n \cdot \sin \omega t}{\sqrt{2} \cdot l}$ – складова змушуючої сили, що створюється за рахунок автоколивального руху центральної труби розподільника;

$M_{кр} = F_{nx} \cdot r_\tau$ – крутний момент, що виникає за автоколивального руху.

Враховуючи помірні швидкості потоку повітря, тобто у межах $\upsilon_п = 0…7$ м/с силу опору повітряного потоку визначаємо за формулою

$$R_{оп} = \xi \cdot S_м \cdot \frac{\upsilon^2}{2} \cdot \rho, \qquad (1)$$

де $S_м$ – площа міделевого перерізу насінини;

ξ – коефіцієнт опору середовища: для еліпсоїдної форми насінини ξ = 0,04 ;

ρ – щільність повітря;

υ – швидкість насінини у потоці повітря.

Приймаємо за початок координат місце сходу частинки в повітряний потік (рис. 2) та розглянемо основні кінематичні характеристики частинки у повітряному потоці, зокрема, $\upsilon_в$ – відносна швидкість насінини; $\upsilon_п$ – швидкість повітряного потоку або переносно швидкість насінини.

Тому абсолютна швидкість насінини складає: $\vec{\upsilon} = \vec{\upsilon}_в + \vec{\upsilon}_п$.

Враховуючи представлені на рис. 1 та 2 схеми, складаємо рівняння руху досліджуваної системи у вигляді:

$$\begin{cases} m\ddot{x} = -R_{ОПx} \cdot \sin\alpha_x + F_{bx} \\ m\ddot{y} = -F_n + G - R_{ОПy} \cdot \cos\alpha_x \end{cases} \qquad (2)$$

$$\ddot{x} = \frac{l_x \cdot F_n \cdot \sin\omega t}{\sqrt{2} \cdot l \cdot m} - \frac{\xi \cdot S_м \cdot \dot{x}^2 \cdot \rho}{2m} \cos\alpha_x$$

$$\ddot{x} + \frac{B_1}{m} \cdot \dot{x}^2 - \sin\alpha_x = \frac{B_2}{m} \sin\omega t \quad ,$$

де $B_1 = \frac{\xi \cdot S_м \cdot \rho}{2}$;

$B_2 = \frac{l_x \cdot F_n}{\sqrt{2} \cdot l}$

$$\ddot{y} = -\frac{F_n}{m} + g - \frac{\xi \cdot S_м \cdot \dot{y}^2 \cdot \rho}{2m} \cos\alpha_x$$

$$\ddot{y} + \frac{B_1}{m} \dot{y}^2 \cos\alpha_x = g - \frac{F_n}{m}$$

Пропонуємо описати рух насінини при сході з криволінійної напрямної, використовуючі систему:

$$\begin{cases} \ddot{x} + \frac{\xi \cdot S_м \cdot \dot{x}^2 \cdot \rho}{2m} \cos\alpha_x = \frac{l_x \cdot F_n \cdot \sin\omega t}{\sqrt{2} \cdot l \cdot m} \\ \ddot{y} + \frac{\xi \cdot S_м \cdot \dot{y}^2 \cdot \rho}{2m} \sin\alpha_x = g - \frac{F_n}{m} \end{cases}$$

або

$$\begin{cases} \ddot{x} + \frac{B_1}{m} \dot{x}^2 \cdot \sin\alpha_x = \frac{B_2}{m} \sin\omega t \\ \ddot{y} + \frac{B_1}{m} \dot{y}^2 \cdot \cos\alpha_x = g - \frac{F_n}{m} \end{cases} \qquad (3)$$

Для приведення даної системи до систем лінійних неоднорідних рівнянь другого порядку скористаємося деякими результатами експериментальних досліджень даного процесу сепарації, а саме для середньої та важкої фракції насіння м/с, м/с; αх = 70˚ при сходженні з напрямної.

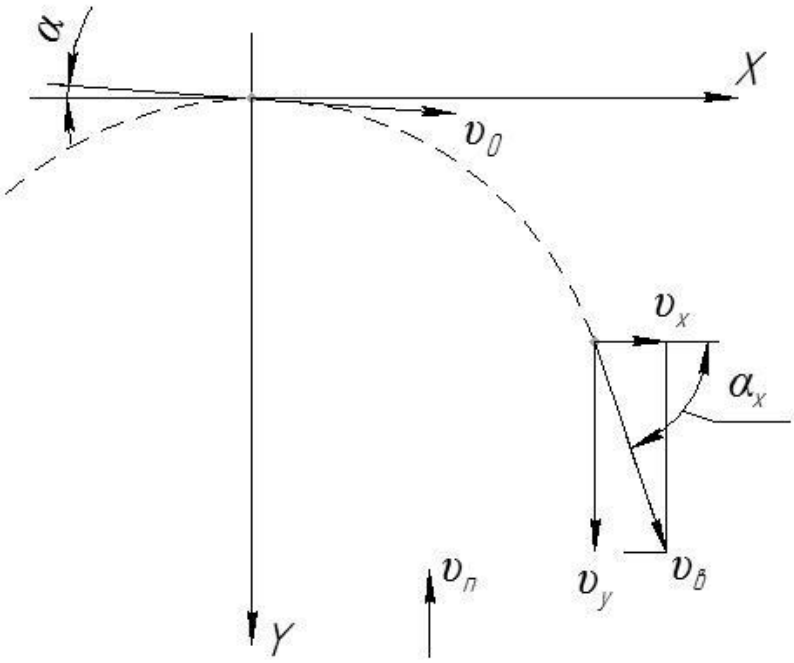


Рис. 2. Кінематичні характеристики руху насінини у повітряному потоці

Тоді представлені у системі (2) рівняння переписуємо у вигляді:

$$\begin{cases} \ddot{x} = \dfrac{B_2}{m}\sin\omega t - \dfrac{B_1\upsilon_x^2\sin\alpha_x}{m} \\ \ddot{y} = g - \dfrac{F_n}{m} - \dfrac{B_1\upsilon_y^2\cos\alpha_x}{m} \end{cases} \quad (4)$$

При розв'язанні даних рівнянь використовуємо метод Коші.

$$\ddot{x} = \frac{B_2}{m}\sin\omega t - B_4$$

Для рівняння загальне рішення $\overline{x} = C_1 \cdot \cos k_x t + C_2 \cdot \sin k_x t$, а часткове складає $x^* = C_3 \cdot \sin\omega t + C_4\cos\omega t + C_5$

Складаємо рівняння з постійними коефіцієнтами

$$-C_3\omega^2 \cdot \sin\omega t - C_4\omega^2\cos\omega t = \frac{B_2}{m}\sin\omega t - B_4$$

Очевидно, що $\frac{B_2}{m} = -C_3\omega^2 \Rightarrow C_3 = -\frac{B_2}{m\omega^2}$; $-C_4\omega^2 = 0 \Rightarrow C_4 = 0; B_4 = 0$

Іноді шукане рівняння набуває вигляду

$$x = \bar{x} + x^* = C_1 \cos k_x t + C_2 \sin k_x t - \frac{B_2}{m\omega^2} \sin \omega t .$$

При врахуванні початкових умов υ_0 = 0,4 м/с, x_0 = 0 знаходимо величини постійних інтегрування:

$$C_1 = 0; C_2 k_x - \frac{B_2}{m\omega^2} = 0,4 \Rightarrow C_2 = \frac{1}{k_x}(0,4 - \frac{B_2}{m\omega^2}) .$$

Тоді шукане рівняння складає:

$$x = \frac{1}{k_x}(0,4 - \frac{B_2}{m\omega^2}) \sin k_x t - \frac{B_2}{m\omega^2} \sin \omega t . \qquad (5)$$

Для оцінки розсіювання фракцій насіння у сепараторі важливе переміщення у горизонтальній площині, тому розв'язувати друге рівняння системи (3) немає потреби.

Враховуючи затухання власних коливань при стабілізації автоколивального режиму рівняння (5) набуває вигляду:

$$x = -\frac{B_2}{m\omega^2} \sin \omega t = -\frac{l_x F_n}{\omega^2 m\sqrt{2} \cdot l} \sin \omega t \qquad (6)$$

Враховуючи рівняння (6) та систему (2) знаходимо кінематичні, силові та енергетичні характеристики досліджуваної системи.

Складова швидкості руху насінини:

$$\upsilon_x = -\frac{l_x F_n}{\omega \cdot m\sqrt{2} \cdot l} \cos \omega t \qquad (7)$$

Таким чином, при проектуванні віброаспіраційного сепаратора враховуємо, що зі збільшення рушійної сили процесу фракціонування за рахунок накладання у системі комбінованої незрівноваженості від дії змушуючих сил та крутного моменту, що реалізується при реалізації автоколивального режиму руху центральної труби розподільника покращується поділ насіння.

Висновки. При розробці віброаспіраційного сепаратора було досліджено рух насінини. Наведені дві схеми: одна із силами, які виникають у процесі сепарації (повітряному потоці), а інша з кінематичними характеристиками руху насіння у повітряному потоці. Виведені рівняння, що дозволяють спостерігати зміни у ході процесу сепарації у віброаспіраційному сепараторі за допомогою комплексної дії вібрації, пневмодинамічних та гравітаційних сил.

Література

1. Єрмак В. П. Концепція аеродинамічної сепарації насіння сільськогосподарських культур та засоби її реалізації : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.05.11 / В. П. Єрмак. – Тернопіль, 2009. – 25 с.

2. Заїка П. М. Теорія сільськогосподарських машин. Очистка і сортування насіння / П. М. Заїка. – Т. ІІІ, розділ 7. – Харків: Око, 2006. – 407 с.

3. Гортинский В. В. Вопросы сепарирования на зерноперерабатывающих предприятиях / В. В. Гортинский, А. Б. Демский, М. А. Борискин. – М.: Колос, 1980. – 303 с.

4. Сергеев А. С. Определение эффективности сепарирования семян по плотности в вертикальном воздушном потоке / А. С. Сергеев, И. Шушол // Сб. научных трудов МИИСП. – М., 1979. – Т.16, вып. 1. – С. 72-76.

5. Колодий А. С. Математическое описание поведения зерновок подсолнечника в воздушном потоке разделительных установок / А. С. Колодий, С. В. Кюрчев // MOTROL. Commission of Motorszation and Energetycs in Agriculture. – Lublin, 2015. – Vol.17, № 9. – С. 9-13.

6. Степаненко С. П. Дослідження процесу пневматичної сепарації насіння в кільцевому зигзагоподібному сепараторі / С. П. Степаненко // Вісник ХНТУСГ. – Харків, 2008. – Вип. 75, т. 1. – С. 59-65.

7. Кюрчев С. В. Аналіз методів збільшення врожайності сільськогосподарських культур та вимоги до сепаруємого матеріалу / С. В. Кюрчев, О. С. Колодій // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету / ВНАУ. – Вінниця, 2012. – Вип. 11, т. 2. – С. 322-327. – (Технічні науки).

8. Кюрчев С. В. Результаты исследования разработанного сепаратора семена с вертикальным аспирационным каналом / С. В. Кюрчев, А. С. Колодий // Motrol. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. – Lublin, 2014. – Vol. 16. № 2. – С. 322-329.

9. Пат. 86300 Україна, МПК[5] B07B 1/28 (2006.01). Аеродинамічний сепаратор для насіння / С. В. Кюрчев, О. С. Колодій. – № u201307937; заявл. 21.06.13; опубл. 25.12.13, Бюл. № 24.

10. Пат. 102657 Україна, МПК[5] B07B 1/00 (2015.01). Аеродинамічний сепаратор для насіння / С. В. Кюрчев, В. М. Малкіна, О. С. Колодій. – № u201504895; заявл. 19.05.15; опубл. 10.11.15, Бюл. № 21.

11. Пат. 119052 Україна, МПК[5] B07B 1/28. Пневмогравітаційний сепаратор для насіння / С. В. Кюрчев, О. С. Колодій, Л. М. Кюрчева, О. С. Шершенівський. – u201702551; заявл. 20.03.17; опубл. 11.09.17, Бюл. № 17.

12. Богданов Є. В. Теоретичне дослідження явища резонансу дебалансного вібраційного дозатора сипких матеріалів / Є. В. Богданов, С. В. Кюрчев // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету / ТДАТУ. – Мелітополь, 2010. – Вип. 10, т. 6. – С. 65-69.

13. Кюрчев С. В. Результати дослідження форми і параметрів живильно-розподільчого пристрою пневмогравітаційного сепаратора насіння соняшника / С. В. Кюрчев, О. С. Колодій // Інженерія природокористування. – 2016. – № 2 (6). – С. 52-57.

14. Кюрчев С. В. Методика исследования рациональной величины скорости воздушного потока в аспирационном канале / С. В. Кюрчев, А. С. Колодий // Актуальные проблемы научно-технического прогресса в АПК : сб. науч. ст. по материалам VIII Междунар. науч.-практ. конф. в рамках XX международной агропромышленной выставки «Агроуниверсал-2013» (20-22 марта 2013г., г. Ставрополь) / СтГАУ. – Ставрополь, 2013. – С. 36-38.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ДВИЖЕНИЯ СЕМЯН ПРИ ВЫХОДЕ ИЗ ПИТАТЕЛЬНОГО КОНУСА ВИБРОАСПИРАЦИЙНОГО СЕПАРАТОРА

Паламарчук И. П., Кюрчев С. В.,
Кюрчева Л. М., Верхоланцева В. А.

Аннотация

Одним из основных условий получения качественного урожая является подготовка семян перед посевом, а именно применения сепарации. На практике используют сепараторы, но некоторые из них не в состоянии сделать качественное разделение семян на фракции и при этом не повредить семена. Поэтому возникла необходимость в разработке виброаспирацийного сепаратора, который в свою очередь позволит обеспечить лучше разделение семенного материала на фракции. Приведено математическое моделирования движения семена в конусе, а именно учтены конструктивные особенности виброаспирацийного сепаратора, которые влияют на конечный выход продукта. Сделаны следующие предположения: семенной материал из конического питателя подается в вертикальный, равномерно распределенный по радиусу воздушный поток под первоначальным углом α_0 и со скоростью V_0; считается, что имеет место движение изолированных семян, размер и вес которых определяется скоростью приветствия; семена не меняют своего ориентирования по оси симметрии семена по отношению к направлению воздушного потока; поток воздуха направлен вертикально вверх, касающихся данного сепаратора на определенном участке процесса. Установлены основные силовые факторы, обусловливающие движение частиц продукции в воздушном потоке: сила сопротивления воздуха; сила действия воздушного потока; сила притяжения семян; составляющая вынуждающей силы, создаваемой за счет автоколебательного движения центральной трубы распределителя; крутящий момент, возникающий при автоколебательного движения. В статье раскрыто движение семени при выходе из конуса сепаратора, и приведены схемы сил и

кинематических характеристик семена в воздушном потоке. Выведены уравнения относительно движения семена в сепараторе, и установлено, что с помощью комплексного действия вибрации, пневмодинамичних и гравитационных сил происходит сепарация семенного материала.

RESEARCH OF DYNAMICS OF THE PUMPPING MOVEMENT AFTER EXPLOSION FROM THE LIVING CONSEQUENCE OF THE VIBRO-SPINAL SEPARATOR

I. Palamarchuk, S. Kiurchev, L. Kiurcheva, V. Verkholantseva

Summary

One of the main conditions for obtaining high-quality harvest is the preparation of seeds before sowing, namely the use of separation. In practice, separators are used, but some of them are not able to make a qualitative separation of seeds into fractions and at the same time not damage the seeds. Therefore, there was a need to develop a vibro-aspiration separator, which in turn would allow for better separation of seed into fractions. A mathematical simulation of the movement of seeds in a cone is given, namely, the design features of the vibro-aspiration separator, which affect the final product yield, are taken into account. The following assumptions were made: seed from the conical feeder is fed into a vertical, evenly distributed radial air flow at the initial angle α0 and at a speed V0; it is believed that there is a movement of isolated seeds, the size and weight of which is determined by the speed of greeting; seeds do not change their orientation along the axis of symmetry of the seed in relation to the direction of the air flow; the air flow is directed vertically upwards, relating to this separator in a particular part of the process. The main force factors that determine the movement of product particles in the air flow have been established: air resistance force; force of the air flow; seed gravity; component of the driving force created by the self-oscillatory movement of the central pipe of the distributor; torque arising from the self-oscillatory movement. The article discloses the movement of the seed as it leaves the separator cone, and provides diagrams of the forces and kinematic characteristics of the seeds in the air flow. Equations concerning the movement of seeds in the separator are derived, and it has been established that with the help of the complex action of vibration, pneumatic, and gravitational forces, the seed material is separated.

Keywords: vibration aspiration separator, cone, seed material, process, modeling, force, separation.

УДК 621.577.2 DOI: 10.31388/2220-8674-2018-2-21

ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ ГЕОТЕРМАЛЬНОЇ ВЕНТИЛЯЦІЇ

Ренсевич Є. О., с.н.с.,
Парієва О. В., інженер
Запорізький науково-дослідний центр з механізації тваринництва
E-mail: imtuaan@ukr.net
Тел./факс (061) 289-81-44

Анотація – в даній роботі приведені результати експериментальних досліджень системи геотермальної вентиляції. Аналітичні рішення не дають конкретних, доступних для інженерних розрахунків результатів. Тому, авторами поставлена задача експериментального дослідження системи геотермальної вентиляції в літніх та зимових умовах. Встановлено, що теплова потужність однієї свердловини глибиною 15м площею теплообміну 9,42м^2 з коаксильними пластиковими трубами діаметром 100 та 200 мм влітку при +40 °С досягає 1,6кВт при витратах електрики в вентиляторі 0,46 кВт, а взимку при мінус 10°С аналогічно отримуємо 1,3кВт.

Дослідження теплових процесів проводились на системі геотермальної вентиляції, розташованій на о.Хортиця на свердловині в глині глибиною 15м з коаксильними пластиковими полівінілхлоридними трубами.

Розраховано модель вихідної теплової потужності системи геотермальної вентиляції, яка збільшується пропорційно об'ємній витраті повітря та різниці температур.

Критерій оптимізації – коефіцієнт ефективності системи геотермальної вентиляції вказує, в скільки разів теплова енергія повітря зі свердловини вище витрат споживаної потужності вентилятора.

Максимальна теплова потужність відповідає максимальній витраті повітря і збільшується пропорційно витраті повітря та різниці температур. Коефіцієнт ефективності зростає при зменшенні потоку повітря та при збільшенні різниці температур на вході та виході, а при малих витратах повітря можливо отримати в 10 разів більше теплової енергії, ніж витрати електрики в вентиляторі, як при нагріві так і при охолодженні повітря, при максимальних витратах повітря показник знижується до 2…3. Для збільшення ефективності системи геотермальної вентиляції необхідно збільшувати довжину труби, площу теплообмінника та зменшувати швидкість потоку повітря.

Ключові слова – **система, ґрунт, вентиляція, температура, повітря, енергія, тепло, потужність.**

Постановка проблеми. В останні роки ґрунтові теплообмінники широко використовуються для охолодження повітря в системах кондиціювання та для нагрівання повітря для різних потреб [1, 2],однак параметри та ефективність їх роботи недостатньо визначені.

© Ренсевич Є. О., Парієва О. В.

Аналітичні рішення не дають конкретних, доступних для інженерних розрахунків результатів. Авторами поставлена задача експериментального дослідження системи геотермальної вентиляції в літніх та зимових умовах.

Методика. Дослідження теплових процесів проводились на системі геотермальної вентиляції розташованій на о.Хортиця на свердловині в глині глибиною 15м з коаксильними пластиковими полівінілхлоридними трубами відповідно до рис.1. Зовнішнє повітря з температурою t_1 подавалось вентилятором в центральну трубу ∅100мм на глибину, а при проході вгору по трубі ∅200мм з площею теплообміну 9,42м^2, повітря набувало температуриt_2. Температуру повітря на вході і виході визначали електронним термометром з датчиками температури DS18B20. Варіювання об'ємної витрати повітряQ від електричного відцентрового вентилятора середнього тиску ВЦ 14-46 № 2 1,1 кВт 3000 об/хв, проводилось шляхом регулювання частоти обертів електродвигуна вентилятора за допомогою перетворювача частоти Danfoss VLT Micro Drive M3 FC51.

Об'ємна витрата повітря розраховувалась через швидкість, яку визначали анемометром крильчастим АСО-3 по формулі:

$$Q=900\pi D^2 v, \quad (1)$$

де D – діаметр теплообмінника, м;

v – швидкість повітря на виході з теплообмінника, м/с.

Теплова потужність системи геотермальної вентиляції:

$$P=Q\rho c(t_2-t_1), \quad (2)$$

де Q – об'ємна витрата повітря, м^3/год.;

ρ – щільність повітря на виході з теплообмінника, 1,293 кг/м^3;

c = 1,02 кДж/(кг·°С) – питома теплоємність повітря;

t_1, t_2 –температура повітря на вході і виході системи геотермальної вентиляції, °С.

Коефіцієнт ефективності системи:

$$K_e = P / W_{вент}, \quad (3)$$

де P – теплова потужність системи, кВт,

$W_{вент}$ – потужність вентилятора, кВт.

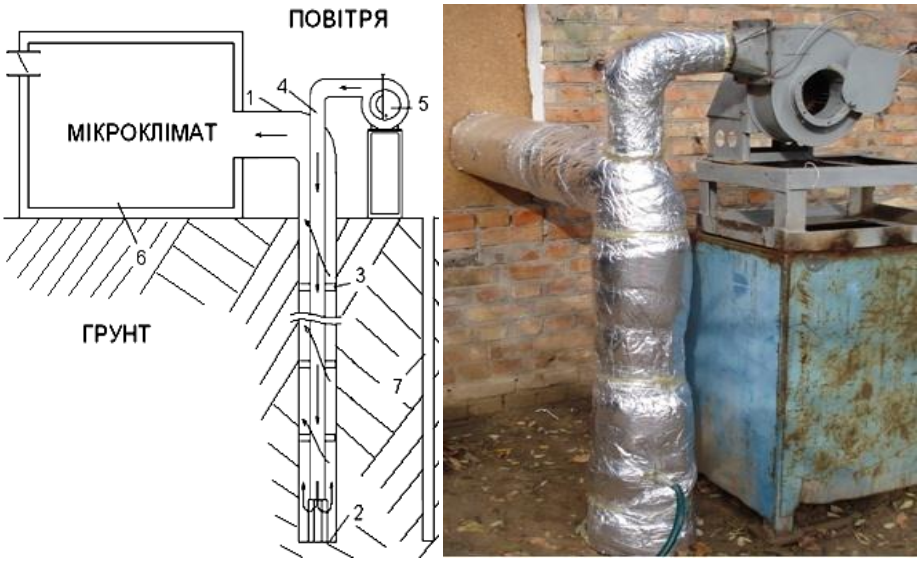


Рис. 1. Експериментальна система геотермальної вентиляції: 1 – труба ∅200мм, 2 – заглушка, 3 – дистанційні втулки-завихрювачі, 4 – труба ∅100мм, 5 – вентилятор, 6 – приміщення, 7 –ґрунт.

Результати і обговорення. Залежності різниці температур ΔТ на вході та виході системи геотермальної вентиляції від температури оточуючого повітрят лінійні, пересікаються абсцису в точці з температурою вглибині землі +12^{0}С відповідно до рис. 2,3. З графіків видно, що система може працювати без обмерзання при максимальному потоку повітря до -4,5^{0}С, а при мінімальному до -10^{0}С.

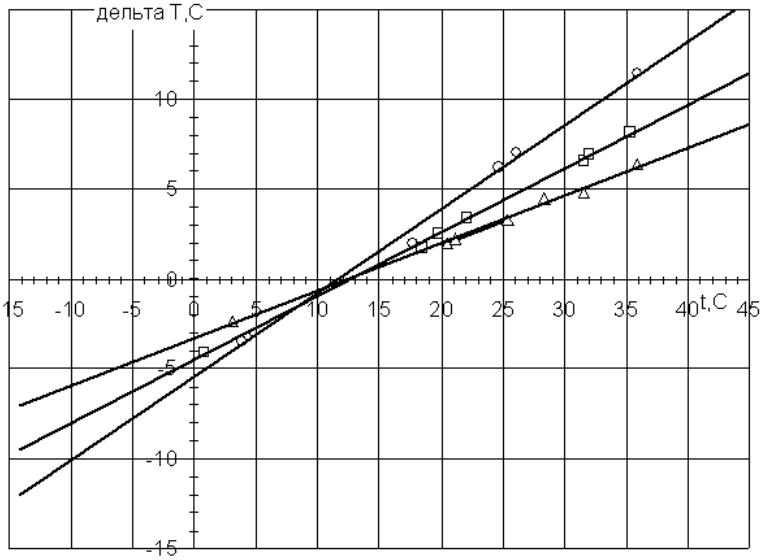


Рис. 2. Залежності різниці температур ΔТ на вході та виході системи геотермальної вентиляції від температури оточуючого повітря для швидкості повітря о - 116м^3/год., □ - 352м^3/год., Δ - 588м^3/год.

Розраховано модель вихідної теплової потужності Р системи геотермальної вентиляції відповідно до рис. 4, яка збільшується пропорційно об’ємній витраті повітря та різниці температур.

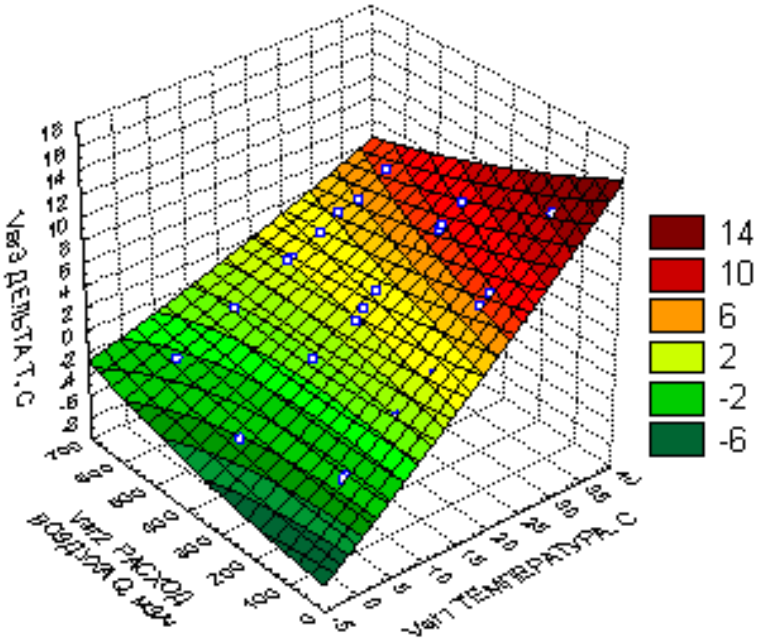


Рис. 3. Математична модель різниці температур ΔТ на вході та виході системи геотермальної вентиляції у вигляді тримірної поверхні[4]

$$\Delta T=-5{,}298+0{,}477T_1+0{,}0006Q+0{,}0009T_1^2-0{,}0004T_1Q+5{,}972E\text{-}6Q^2, \quad (3)$$

де T_1 – температура вхідного повітря,^{0}С;

Q– величина об’ємної витрати повітря, м^3/год.

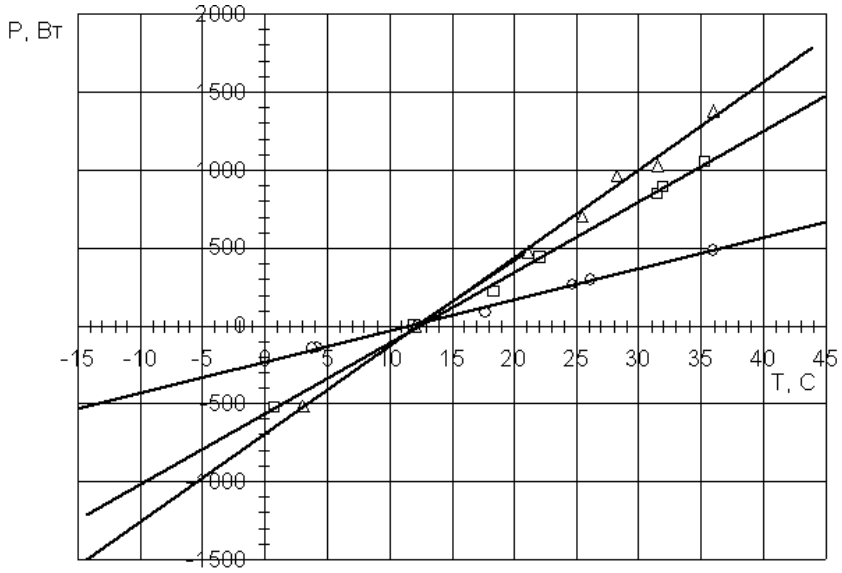


Рис.4. Математична модель вихідної теплової потужності Р системи геотермальної вентиляції при швидкості повітря о – 116м^3/год., □ – 352м^3/год., Δ – 588м^3/год.

Максимальна теплова потужність відповідає максимальній витраті повітря в системі геотермальної вентиляції і збільшується пропорційно витраті повітря та різниці температур. Теплова потужність однієї свердловини влітку при $+40^0$С досягає 1,6кВт при витратах вентилятора 0,46кВт, а зимою при мінус 10^0С аналогічно отримуємо 1,3кВт.

Критерій оптимізації – коефіцієнт ефективності Ке системи геотермальної вентиляції вказує, в скільки разів теплова енергія повітря зі свердловини вище витрат споживаної потужності вентилятора рис.5.

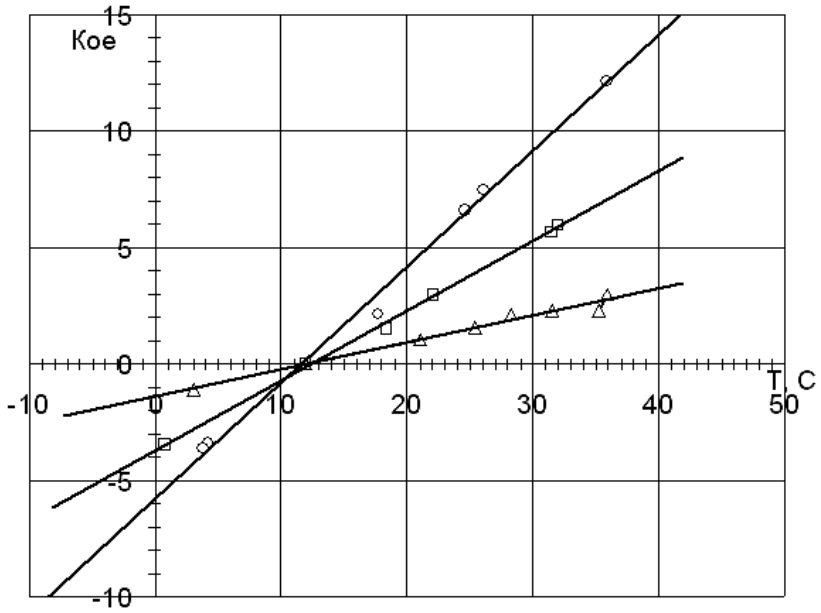


Рис. 5. Залежність коефіцієнта ефективності Ке від температури повітря при швидкості
повітря о – 116м^3/год., □– 352м^3/год., Δ – 588м^3/год.

Коефіцієнт ефективності геотермальної вентиляції зростає при зменшенні витрати повітря та при збільшенні різниці температур ΔТ на вході та виході.

Висновки. Теплова потужність однієї свердловини глибиною 15м площею теплообміну 9,42м^2 з коаксильними пластиковими трубами діаметром 100 та 200мм влітку при $+40^0$С досягає 1,6кВт при витратах електрики в вентиляторі 0,46кВт, а взимку при мінус 10^0С аналогічно отримуємо 1,3кВт. Максимальна теплова потужність відповідає максимальній витраті повітря і збільшується пропорційно витраті повітря та різниці температур. Коефіцієнт ефективності зростає при зменшенні потоку повітря та при збільшенні різниці температур на вході та виході, а при малих витратах повітря можливо отримати в 10 разів більше теплової енергії, ніж витрати електрики в вентиляторі як при нагріві так і при охолодженні повітря, при

максимальних витратах повітря показник знижується до 2-3.Для збільшення ефективності системи геотермальної вентиляції необхідно збільшувати довжину труби, площу теплообмінника та зменшувати швидкість потоку повітря.

Література

1. Щербина О. М. Геотермальна енергія та її використання /О. М. Щербина // Зелена енергетика.– 2001. – № 4. – С. 14-16.

2. Hollmuller, P. (2002). Utilisation des échangeurs air/sol pour le chauffage et le rafraîchissement des bâtiments. Retrieved from http://www.unige.ch/cyberdocuments/theses2002/HollmullerP/these.html.

3. Мельников С. В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С. В. Мельников, В. Р. Алешкин, П. М. Рощин. – Л.: Колос, 1980. – 168 с.

4. Боровиков В. STATISTICA. Искусство анализа данных на компьютере: Для профессионалов / В. Боровиков. – 2-е изд. (+CD). – СПб.: Питер, 2003. – 688 с.: ил.

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ

Ренсевич Е. А., Париева О. В.

Аннотация

В данной работе приведены результаты экспериментальных исследований системы геотермальной вентиляции. Аналитические решения не дают конкретных, доступных для инженерных расчетов результатов. Поэтому, авторами поставлена задача экспериментального исследования системы геотермальной вентиляции в летних и зимних условиях. Установлено, что тепловая мощность одной скважины глубиной 15м площадью теплообмена 9,42м^2 с коаксильного пластиковыми трубами диаметром 100 и 200мм летом при + 40^{0}С достигает 1,6кВт при затратах электричества в вентиляторе 0,46 кВт, а зимой при минус 10^{0}С аналогично получаем 1,3 кВт.

Исследования тепловых процессов проводились на системе геотермальной вентиляции, расположенной на о. Хортица на скважине в глине глубиной 15м с коаксильными пластиковыми поливинилхлоридными трубами.

Рассчитано модель исходной тепловой мощности системы геотермальной вентиляции, которая увеличивается пропорционально объемному расходу воздуха и разницы температур.

Критерий оптимизации – коэффициент эффективности системы геотермальной вентиляции указывает, во сколько раз тепловая энергия воздуха из скважины выше затрат потребляемой мощности вентилятора.

Максимальная тепловая мощность соответствует максимальному расходу воздуха и увеличивается пропорционально расходу воздуха и разницы температур. Коэффициент эффективности возрастает при уменьшении потока воздуха и при увеличении разницы температур на входе и выходе, а при малых расходах воздуха можно получить в 10 раз больше тепловой энергии, чем расходы электричества в вентиляторе, как при нагреве так и при охлаждении воздуха, при максимальном расходе воздуха показатель снижается до 2…3. Для увеличения

эффективности системы геотермальной вентиляции необходимо увеличивать длину трубы, площадь теплообменника и уменьшать скорость потока воздуха.

STUDY OF GEOTHERMAL VENTILATION SYSTEM

E. Rensevich, O. Pariewa

Summary

This paper presents the results of experimental studies of the geothermal ventilation system. Analytical solutions do not provide specific results available for engineering calculations. Therefore, the authors have set the task of experimentally investigating the geothermal ventilation system in summer and winter conditions. It was established that the heat capacity of a single well 15m deep with a heat exchange area of 9.42 m2 with a coaxial plastic pipe with a diameter of 100 and 200mm in summer at + 40°C reaches 1.6 kW with an electricity consumption in the fan 0.46 kW, and in winter at minus 10°C we get 1.3 kW.

The study of thermal processes was carried out on a geothermal ventilation system located on Khortitsa Island on a well in clay with a depth of 15m with coaxial plastic PVC pipes.

The model of the initial thermal power of the geothermal ventilation system is calculated, which increases in proportion to the volumetric air flow and temperature difference.

The optimization criterion – the efficiency factor of the geothermal ventilation system indicates how many times the heat energy of the air from the well is higher than the cost of the fan power consumption.

The maximum heat output corresponds to the maximum air flow and increases in proportion to the air flow and temperature difference. The efficiency coefficient increases with decreasing air flow and with increasing temperature difference at the inlet and outlet, and with low air flow rates, you can get 10 times more thermal energy than electricity consumption in the fan, both during heating and air cooling, with maximum air flow figure drops to 2…3. To increase the efficiency of the geothermal ventilation system, it is necessary to increase the length of the pipe, the area of the heat exchanger and reduce the air flow rate.

Keywords: technical system, soil, ventilation, temperature, air, thermal energy, power.

УДК 004.94:62-514.5 DOI: 10.31388/2220-8674-2018-2-22

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ КЕРУВАННЯ РІЗНИХ ТИПІВ РУЛЬОВИХ УПРАВЛІНЬ

Петров В. О., к.т.н.,
Бондар А. М., к.т.н.,
Чаусов С. В., к.т.н.,
Новік О. Ю., інженер
Таврійський державний агротехнологічний університет
E-mail: andriy.bondar@tsatu.edu.ua
Тел.: +38(096)-936-28-77

Анотація – якість виконання сільськогосподарських операцій залежить від якості керування машинно-тракторним агрегатом (МТА). Проектування та випробування техніки потребує багато часу та матеріальних витрат. Тому пропонується спосіб моделювання поведінки МТА на різних швидкісних режимах та з різними геометричними параметрами укомплектованих МТА. В статті розглянуте питання моделювання «людино-машинної» системи. Також зазначено, що людина не являє собою ідеальний регулятор, тому що із збільшенням робочої швидкості МТА кількість помилок також зростає. На процес накопичення помилок впливає не лише швидкість руху, але і зовнішні фактори (пора доби, рельєф поля, погодні умови та ін.). Зворотна реакція оператора на зовнішні збурюючі чинники може сягати до 2.5с., а це в свою чергу значно погіршує якість роботи. Тому актуальним є дослідження рульових керувань, які можуть працювати на підвищених швидкісних режимах і можуть забезпечити більш точне відстеження завданої траєкторії руху МТА. Теоретичний аналіз і експериментальні дослідження процесів, що відбуваються під час керування машинно-тракторним агрегатом показали, що зовнішні збурюючі впливи підпорядковуються нормальному закону розподілення. Розроблена кінематична схема руху МТА вздовж базової лінії на прикладі двоточкової «велосипедної» моделі. В статті наведені перспективні моделі рульових керувань. Особлива увага приділена адаптивному рульовому керуванню, яке має змогу змінювати передаточне відношення рульового механізму в залежності від швидкості руху МТА. Запропонована методика проведення інтерактивного експерименту та визначені оціночні критерії керованості моделі з різними типами та конструкціями рульових керувань. Наведені попередні результати дослідження керованості моделі МТА в режимі прямолінійного руху.

Ключові слова **– рульове керування, машинно-тракторний агрегат, оператор МТА, швидкість руху, якість виконання операції, точність відслідковування траєкторії.**

Постановка проблеми. Відомо, що натурні дослідження керованості мобільних машин є дуже дорогими та тривалими. В

© Петров В. О., Бондар А. М., Чаусов С. В., Новік О. Ю.

останній час розробка складних систем не може бути виконана без застосування моделювання процесів в інтерактивному режимі. Особливо це стосується «людино-машинної» системи. Метою моделювання є дослідження взаємозв'язку між керованістю мобільної машини з одного боку, умовами його руху, конструкцією і параметрами його рульового управління – з іншого. Виходячи з визначення керованості, моделюванню підлягає «людино-машина» система, що пов'язана зі складністю фізичних, психологічних та інформаційних процесів. Найбільш складною та важливою за своїм призначенням ланкою «людино-машинної» системи, що досліджується, є оператор.

Методика. Відомі намагання математичного [4] описання поведінки людини, однак це пов'язано з невиправданими спрощеннями можливостей людини. Відомо, що в сучасній, складній техніці використовуються комп'ютерні моделюючі комплекси та тренажери. З одного боку вони використовуються для тренування моторних навичок оператора, з іншого боку – широко використовуються для отримання оптимальних експлуатаційних показників систем керування та загальною оцінкою можливостей нових типів систем керування [1].

Такий підхід дозволяє отримати достовірні оцінки керованості складних систем управління, синтезувати таку систему керування, яка відповідає можливостям людини оператора та забезпечує високі показники керованості. І на останок можливо дослідити нетрадиційні рульові керування без виготовлення їх складних конструктивних моделей.

Апаратне забезпечення процесу моделювання – мінімізоване, потрібні тільки рульове колесо, аналогово-цифровий перетворювач, через який керуючі впливи оператор передає до комп'ютера. Збурюючі впливи носять випадковий характер та генеруються самим комп'ютером на попередньому етапі випробувань.

Дослідження на комп'ютерному тренажері складається з кількох етапів:

- ✓ визначення типу рульового керування його параметрів та параметрів режиму руху моделі;
- ✓ проведення експериментального заїзду в умовах інтерактивного обміну інформації між комп'ютером і оператором, при цьому фіксуються динаміка зміни керуючих впливів та показників якості керування;
- ✓ обробка результатів інтерактивного експерименту математичними методами – дисперсійний та спектральний аналіз та отримання кількісних показників керованості (добротності та часу реагування оператора).

Результати і обговорення. Комп'ютерний тренажер був розроблений на базі комп'ютера класу Pentium 4, на алгоритмічному язику Delphi 6. Розроблене програмне забезпечення дає можливість безперервно проводити всі три етапи дослідження. Один цикл дослідження займає не більш 10 хвилин. На рис.1 наведений загальний вид тренажеру під час виконання пробного віртуального «заїзду».



Рис.1. Загальний вид тренажера.

На моніторі відображається поточне положення мобільної машини відносно дороги. Керуючі впливи оператор передає за допомогою реального рульового колеса, яке кінематичне пов'язане з мишкою комп'ютера.

Робота програми починається з налаштування тренажера (рис. 2):

- ✓ визначається тип моделі рульового керування;
- ✓ параметри машини та режими руху;
- ✓ встановлюється співвідношення між реальним та віртуальним кермом, шляхом визначення чутливості миші;
- ✓ встановлюється наявність збурюючих впливів;
- ✓ формування та фіксація файлів експериментальних даних.

Під час виконання пробного «віртуального» заїзду (рис. 3) при натисканні на кнопку F1 починається рух віртуальної моделі. Починається плавний розгін машини до заданої швидкості, 2-х секундна пауза для стабілізації керування, 30-ти секундна фаза фіксації визначаючих параметрів.

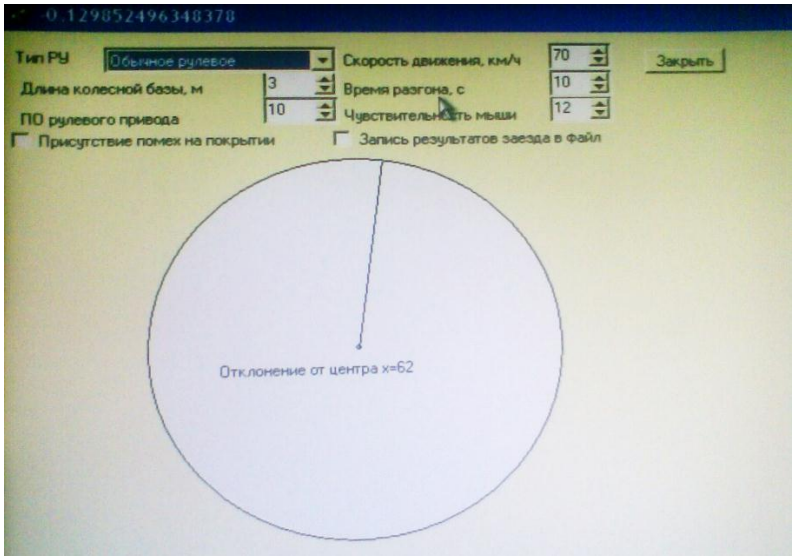


Рис. 2. Меню налаштування автотренажера.

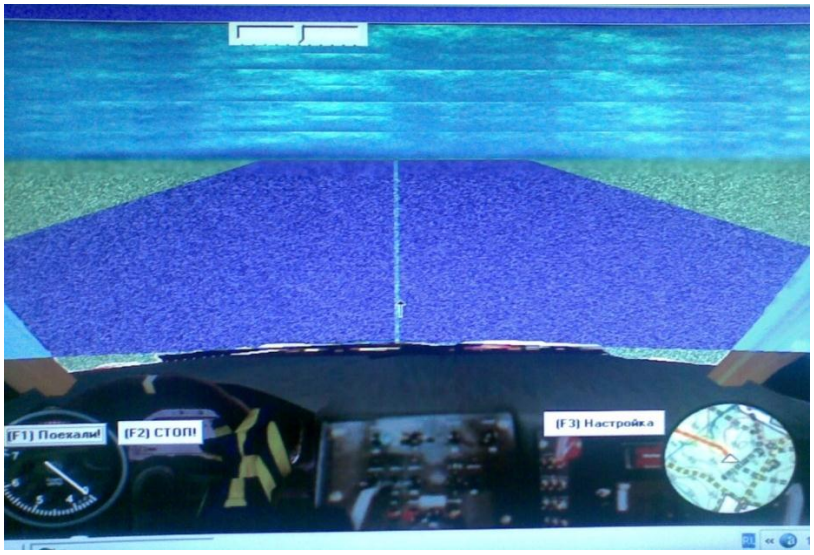


Рис.3. Візуальне відображення дороги в перспективі на моніторі під час активної фази експерименту.

Оператор отримує візуальну інформацію про положення машини на дорозі безпосередньо з монітору, яка поновлюється 20 разів за секунду. Це дає уявлення неперервного руху по дорозі, яка відображена на моніторі в перспективі. Вид картинки постійно поновлюється залежно від віртуальних параметрів значень курсового кута моделі та її зміщення відносно базової лінії. Кожне наступне положення моделі розраховується виходячи з попереднього, з урахуванням керуючих і збурюючих впливів.

В процесі керування оператор намагається утримати модель машини вздовж базової лінії. Таким чином, аналізуючи динаміку процесу керування та його точність, є можливість отримати достовірні

оцінки керованості даної моделі. Для цього використовуються стандартні математичні пакети дисперсійного і спектрального аналізу.

На рис. 3 відображена візуальна інформація о положенні машини на дорозі в перспективі.

Обробка отриманої інформації, яка проводиться безпосередньо по закінченню експерименту на комп'ютері, дозволяє оперативно оцінювати керованість тієї чи іншої моделі МТА. Правомірність такого підходу полягає в наступному:

- ✓ крізь зоровий канал оператор отримує біля 90% інформації відносно зовнішньої обстановки;
- ✓ час реакції тракториста на відхилення процесу, що контролюється, в полі складає 0.5 секунди, що більш ніж у два рази перевищує шаг квантування по часу при моделюванні.

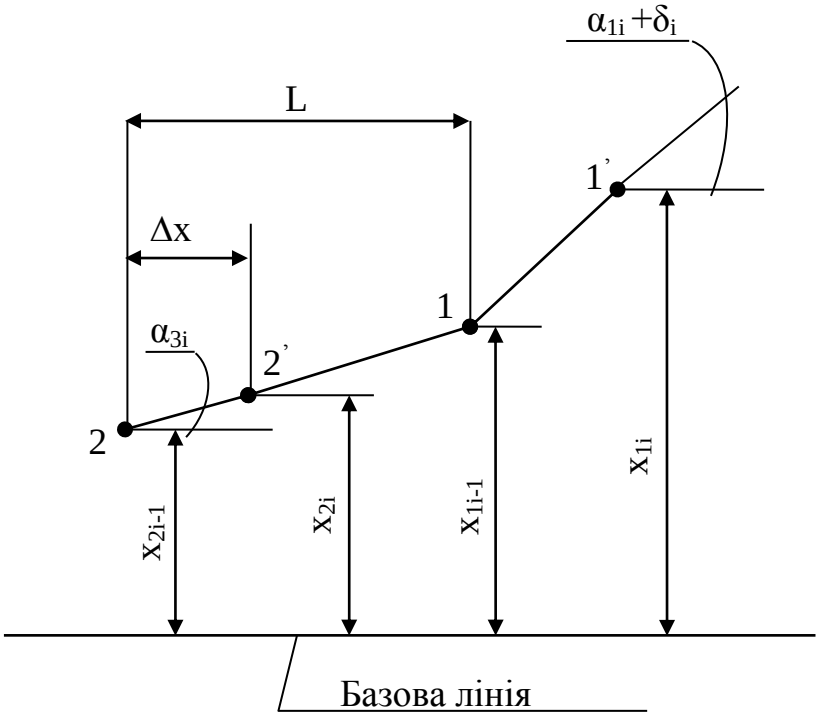


Рис. 4. Схема перетворювання координат для розрахунку параметрів дискретних моделей

Невелике значення кутів α_1, α_3 і δ дозволило уникнути застосування тригонометричних формул та визначило простоту математичних моделей, конкретний вид яких залежить від принципу дії особливостей рульових керувань модельованих МТА.

V – швидкість руху МТА;

L – довжина колісної бази трактора;

W – передатне відношення рульового механізму;

α – кут повороту рульового колеса (керуючий вплив з мишки);

α_1 – кут повороту передніх керуючих коліс;

α_3 – поточне значення курсового кута;

Δt – шаг квантування по часу (0.05 с);

x_1, x_2 – поточне значення відхилень від базової лінії переднього та заднього коліс трактора відповідно;

Δx – шаг квантування моделі по переміщенню;

δ – значення збурюючого кута уводу еластичних шин.

Розглянемо деякі рульові керування:

1. Традиційне рульове керування.

Базовий варіант – рульове керування трактора з передніми управляючими колесами і з постійним передатним відношенням рульового приводу.

Дискретна математична модель в даному випадку має вигляд:

$$\begin{cases} \alpha 1_i = \dfrac{\alpha_i}{W}; \Delta x = V_i \cdot \Delta t; \\ \alpha 3_i = \dfrac{(x1_{i-1} - x2)}{L}; \\ x1_i = x1_{i-1} + (\alpha 3_i + \alpha 1_i + \delta_i) \cdot \Delta x; \\ x2 = x2 + \alpha 3_i \cdot \Delta x \end{cases} \quad (1)$$

2. Рульове керування постійної чутливості:

Конструкція такого рульового керування відображена у роботах [1, 2, 6] і забезпечує сумісність високої маневреності і стабільності руху МТА на підвищених швидкостях.

$$\begin{cases} \Delta x = V_i \cdot \Delta t; W_i = W\left(1 + \dfrac{V_i}{V_0}\right); \\ \alpha 1_i = \alpha_i / W_i; \\ \alpha 3_i = (x1_{i-1} - x)/L; \\ x1_i = x1_{i-1} + (\alpha 3_i + \alpha 1_i + \delta_i) \cdot \Delta x; \\ x2 = x2 + \alpha 3_i \cdot \Delta x \end{cases} \quad (2)$$

3. Рульове керування по положенню:

Переваги такого способу керування та можливі способи втілення у конструкцію МТА наведені у роботі [3].

$$\begin{cases} \alpha 1_i = \dfrac{\alpha_i}{W}; \Delta x = V_i \cdot \Delta t; \\ \alpha 3_i = \dfrac{(x1_{i-1} - x2)}{L}; \\ x1_i = x1_{i-1} + (\alpha 1_i + \delta_i) \cdot \Delta x; \\ x2 = x2 + \alpha 3_i \cdot \Delta x \end{cases} \quad (3)$$

В результаті проведення експерименту були отримані дані, які обробляються та виводяться комп'ютерною програмою у наступному вигляді: рис. 5 та 6.

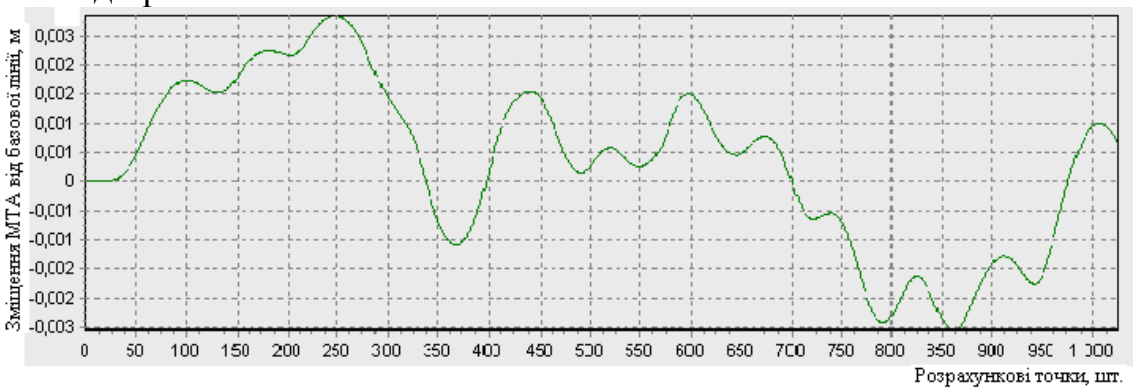


Рис.5. Траєкторія руху МТА

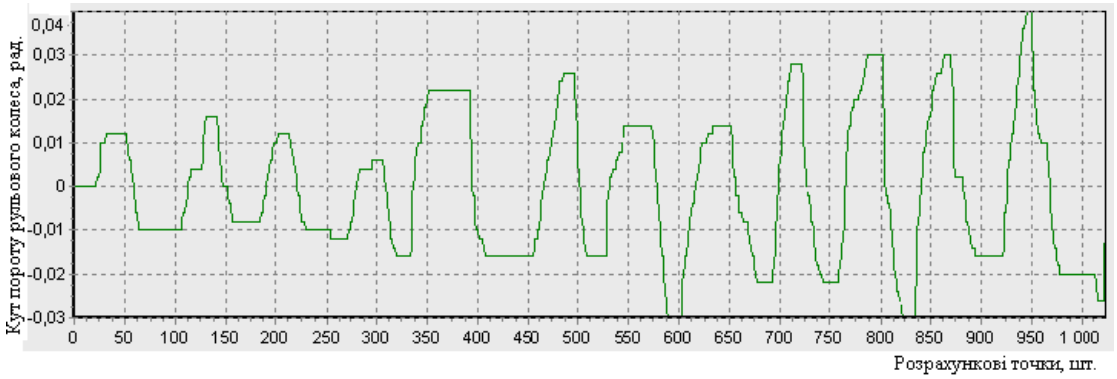


Рис.6. Динаміка зміни кутів повороту керма МТА

Також, окрім графіків можливо отримати статистичні характеристики руху МТА у повздовжній площині за допомогою вбудованих у програму обчислюваних пакетів.

Висновки. Запропонована методика інтерактивного моделювання процесу керування МТА на комп'ютерному тренажері дає можливість при мінімальному апаратному забезпеченні отримати адекватні оцінки керованості.

Попередні оцінки моделей нетрадиційних рульових керувань виявили значні переваги ергономічних показників керованості: добротність, стабільність відслідковування завданої траєкторії та зручність керування на всіх режимах руху МТА.

Література

1. Бондар А. М. Постійна чутливість рульового керування мобільних машин у транспортному режимі / А. М. Бондар, В. О. Петров // Праці Таврійської державної агротехнічної академії / ТДАТА. – Мелітополь, 2006. – Вип. 43. – С.98-103.

2. Патент 24161 Україна, МПК B62D1/18. Рульова колонка транспортного засобу / В. О. Петров, А. М. Бондар, ТДАТУ. –

u200700056; заявл. 02.01.07; опубл. 25.06.07, Бюл. № 9.

3. Петров В. О. Синтез ергономічних рульових управлінь для мобільних машин / В. О. Петров // Праці Таврійської державної агротехнічної академії / ТДАТА. – Мелітополь, 2000. – Вип. 1, т. 17. – С. 60-64.

4. Лубяний М. М. Аналіз функціонування системи ”водій-рульове керування” МТА / М. М. Лубяний // Праці Таврійської державної агротехнічної академії / ТДАТА. – Мелітополь, 2000. – Вип. 1, т. 17. – С. 21-27.

5. Петров В. О. Рульове управління колісного шасі яке реалізує керування напрямком руху по положенню / В. О. Петров // Праці Таврійської державної агротехнічної академії / ТДАТА. – Мелітополь, 2001. –Вип. 1, т. 24. – С. 83-86.

6. АС 48695 Україна. Симулятор руху машинно-тракторного агрегату (МТА): комп’ютерна програма / А. М. Бондар, А. В. Петров; ТДАТУ. – К. : Державна служба інтел. власності України, 2013.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ РУЛЕВЫХ УПРАВЛЕНИЙ

Петров В. А., Бондарь А. Н., Чаусов С. В.,
Новик А. Ю.

Аннотация

Качество выполнения сельскохозяйственных операций зависит от качества управления машинно-тракторным агрегатом (МТА). Проектирование и испытания техники требует много времени и материальных затрат. Поэтому предлагается способ моделирования поведения МТА на различных скоростных режимах и с различными геометрическими параметрами укомплектованных МТА. В статье рассмотрен вопрос моделирования «человеко-машинной» системы. Также указано, что человек не представляет собой идеальный регулятор, так как с увеличением рабочей скорости МТА количество ошибок также растет. На процесс накопления ошибок влияет не только скорость движения, но и внешние факторы (время суток, рельеф поля, погодные условия и др.). Обратная реакция оператора на внешние возмущающие воздействия может достигать 2.5с., а это в свою очередь значительно ухудшает качество работы. Поэтому актуальным является исследование рулевых управлений, которые могут работать на повышенных скоростных режимах и могут обеспечить более точное отслеживание задачей траектории движения МТА. Теоретический анализ и экспериментальные исследования процессов, происходящих во время управления машинно-тракторным агрегатом, показали, что внешние возмущающие воздействия подчиняются нормальному закону распределения. Разработана кинематическая схема движения МТА вдоль базовой линии на примере двухточечной «велосипедной» модели. В статье приведены перспективные модели рулевых управлений. Особое внимание уделено адаптивному рулевому управлению, которое имеет возможность изменять передаточное отношение рулевого механизма в зависимости от скорости движения МТА. Предложена

методика проведения интерактивного эксперимента и определены оценочные критерии управляемости модели с различными типами и конструкциями рулевых управлений. Приведены предварительные результаты исследования управляемости модели МТА в режиме прямолинейного движения.

COMPUTER MODELING OF THE CONTROL PROCESS OF VARIOUS TYPES OF STEERING CONTROLS

V. Petrov, A. Bondar, S. Chausov, A. Novik

Summary

The quality of agricultural operations depends on the quality of management of the machine-tractor unit (MTA). Designing and testing of equipment requires a lot of time and material costs. Therefore, a method for simulating the behavior of MTAs at various speed modes and with various geometric parameters of completed MTAs is proposed. The article considers the question of modeling the "human-machine" system. It is also indicated that the person does not represent an ideal regulator, since the number of errors increases with the increase in the operating speed of the MTA. The process of accumulation of errors affects not only the speed of movement but also external factors (time of day, field relief, weather conditions, etc.). The inverse reaction of the operator to external disturbing factors can reach 2.5 s. And this in turn significantly worsens the quality of work. Therefore, it is urgent to investigate steering controls that can operate at higher speeds and can provide a more accurate tracking of the task of the MTA's trajectory. Theoretical analysis and experimental studies of processes occurring during the control of the machine-tractor unit showed that external disturbing influences obey the normal distribution law. A kinematic scheme of the motion of the MTA along the baseline was developed using the example of a two-point "bicycle" model. The article presents perspective models of steering controls. Particular attention is paid to adaptive steering, which has the ability to vary the steering gear ratio depending on the speed of the MTA. The proposed technique for carrying out the interactive experiment and the estimated criteria for the controllability of the model with different types and designs of steering controls. The preliminary results of the study of the controllability of the MTA model in the regime of rectilinear motion are given.

Keywords: steering, machine-tractor unit, operator, speed, operation quality, precision tracking trajectory.

УДК 631.363.2 DOI: 10.31388/2220-8674-2018-2-50

АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ПРЕСУВАННЯ КОРМІВ

Болтянська Н. І., к.т.н.,
Комар А. С., інженер
Таврійський державний агротехнологічний університет
E-mail: nataliia.boltianska@tsatu.edu.ua; artem.komar@tsatu.edu.ua
Тел.: +38(067)681-32-41

Анотація– В даний в час нашій країні особлива увага приділяється питанням раціонального природокористування і захисту навколишнього середовища. Це безпосередньо пов'язано з удосконаленням технологічних процесів і технічних засобів для їх реалізації, а також з використанням в сільському господарстві органічних матеріалів для приготування кормів. Застосування технології стиснення кормів дозволяє отримувати корми заданого розміру, форми і необхідних фізико-механічних характеристик, що зменшує їх втрати при транспортуванні, зберіганні і переробці, а також покращує показники подальшого використання. У статті приділено увагу розвитку обладнання для пресування корму для тварин, проведено аналіз конструкцій основних груп технічних засобів для пресування кормів. Проаналізовано конструкції вальцьових пресів, що складаються з двох циліндричних вальців, які обертаються назустріч один одному, або чотирьох вальців, що рухаються в одному напрямку. Їх недоліки в тому, що вони не забезпечують високий ступінь стиснення, малопродуктивні та потребують рівномірної подачі матеріалу до вальців, через що для приготування кормових гранул практично не використовуються. Проведено аналіз штемпельних пресів. До переваг штемпельних пресів відносяться невеликі витрати енергії, в тому числі за рахунок одноосного стиснення матеріалу, можливість отримування брикетів більшого діаметру. До недоліків відноситься висока металоємність, складність подачі сировини, низька продуктивність, зумовлена циклічністю процесу. Продуктивність штемпельних пресів також обмежується часом перебування ущільненого матеріалу в пресувальному каналі для забезпечення релаксації напружень в матеріалі. Розглянуто рулонні преси для пресування сіна, сінажу та соломи в тюки циліндричної форми. Продуктивність такого робочого органу досить велика, тому що швидкість транспортерних стрічок можна довести до 1 м/с. Однак застосування їх в беззв'язному пресуванні обмежена, так як щільність одержаного спресованого матеріалу не перевищує 200 кг/м^3. Визначено групу пресів для подальшого дослідження та удосконалення їх конструкції задля забезпечення якісного стискання матеріалу та зменшенні витрат енергії.

Ключові слова – корм, ущільнення, прес, конструкція, переваги, недоліки, напрямки вдосконалення**.**

Постановка проблеми. Нові умови формування економічних відносин в аграрному секторі та розвиток невеликих фермерських господарств спонукають до розробки та впровадження у виробництво

© Болтянська Н. І., Комар А. С.

малогабаритних енергоощадних засобів механізації, які мають високу експлуатаційну надійність [1,2].

Актуальність проблеми обумовлена тим, що для забезпечення якості та зниження втрат основного продукту галузі тваринництва необхідно застосовувати комплексну механізацію приготування кормових раціонів на основі застосування передових досліджень в галузі зоотехнії та впроваджувати переробку відходів продукції життєдіяльності з наступним її використанням [1,2].

Засоби механізації, які на сьогоднішній день існують в галузі та підвищують продуктивність процесу створення кормів і знижують його трудомісткість, мають значну питому енергоємність та велику вагу. Використання такого обладнання у невеликих фермерських господарствах зазвичай призводить до необґрунтованої витрати енергії і паливно-мастильних матеріалів, що підвищує собівартість корму. Аналогічна ситуація склалась з переробкою відходів на тваринницьких підприємствах. Наприклад, пташиний послід, який має високу вихідну поживність, через значні залишки корму в ньому, не використовується на кормові цілі, та не використовуються його енергетичні властивості. Лише деяка частка посліду, після зберігання просто неба, може потрапляти на поля у вигляді органічного добрива [3-6].

Для визначення обладнання для більш детального дослідження в майбутньому та впровадження корисних удосконалень проведемо аналіз патентів та корисних моделей конструкцій технічних засобів для пресування кормів, проаналізуємо існуючі конструкції пресів та грануляторів, з визначенням їх основних переваг та недоліків. Вирішенню саме цього питання і присвячена дана стаття.

Методика. Дослідженням транспортерних пресів займався Голяновський А.В., який довів їх низьку енергоємність при пресуванні сіно-солом’яної сировини. В роботах Алферової С.А., Долгова І.А., Пустигіна М.А., Сахарова І.В. найбільш повно досліджені штемпельні преси, а Особов В.І. навіть висунув теорію пресування сіна штемпельними робочими органами. Вальцьові преси прокатного типу вивчались Горячкіним В.П., Лазебним А.Ф., Майковським І.А., Ніколаевим Д.І. в основному для ущільнення брикетів з сіно-солом’яних матеріалів. Процеси пресування ударним способом досліджувались в роботах Задоріна Г.І. Ефективність вібраційного прикладання навантаження при пресуванні доведена Васильєвим Г.К. та Киженцевим. Шестеренні гранулятори виділені в окрему класифікацію пресуючих пристроїв в книзі Мельникова С.В., одне з найперших досліджень робочого органу з зубчастими колесами для брикетування виконано Сімакіним Ю.А [7]. Преси з матрицями набули найбільшого розповсюдження, як в Україні так і за її межами. Деякі гранулятори такого типу навіть випускались серійно (ОПК-2, ОПК-3).

Однак, на сьогоднішній день, залишається ще багато питань стосовно основних напрямів пресування зерновмісних сумішей у тваринництві, що потребують вирішення.

Результати і обговорення. У нашій країні щорічно заготовляють сотні мільйонів тон сіна, сінажу та соломи, дещо менші показники заготівлі полови і інших грубих кормів, що мають малу щільність. В сучасних умовах способи зберігання кормів повинні бути максимально ефективними – забезпечувати мінімальні втрати поживних речовин і бути оптимальними з точки зору економіки та організації праці. При цьому, немає значення це стаціонарне чи тимчасове сховище. Для поліпшення транспортабельності, зниження вартості перевезень, економічного використання складських приміщень, для забезпечення кращого збереження поживних речовин і вітамінів корми ущільнюють.

Аналіз технічних засобів для ущільнення кормів за хронологією їх появи показав різке зростання кількості таких розробок наприкінці XX століття. Відомі сотні можливих конструкцій і теоретичних схем різного виду пресів, грануляторів і брикетувальників. Запатентовано велика кількість технічних рішень пристроїв для обробки різних матеріалів тиском. Така тенденція зростання вказує не лише на підвищення наукового рівня розробок, а й визнання їх пріоритетності на міжнародному рівні. Починаючи з 2000-х років зросла кількість запатентованих технічних рішень, які ґрунтуються на інноваційних технологіях пресування. Однак до сих пір немає однозначного рішення про найбільш ефективну конструктивно-технологічну схему ущільнювача кормів.

Пресування, або ж стиснення в закритій камері вихідного матеріалу виступає найпоширенішим способом ущільнення кормів. Залежно від щільності моноліту в результаті пресування стеблових кормів отримують тюки (щільність 120…160 кг/м^3), що вимагають обв'язки; брикети (щільність 600…900 кг/м^3), що зберігають свою форму без обв'язки. Залежно від вологості вихідних матеріалів способи пресування поділяють на вологий (вихідна вологість 35…50%) і сухий (вихідна вологість 17…30%). Останній спосіб набув найбільшого поширення саме в кормоприготуванні.

На сьогоднішній день існує велика кількість пресів для отримання гранул сухим способом (рис. 1) різних як за своїм призначенням, так і за принципом дії робочих органів на матеріал [8].

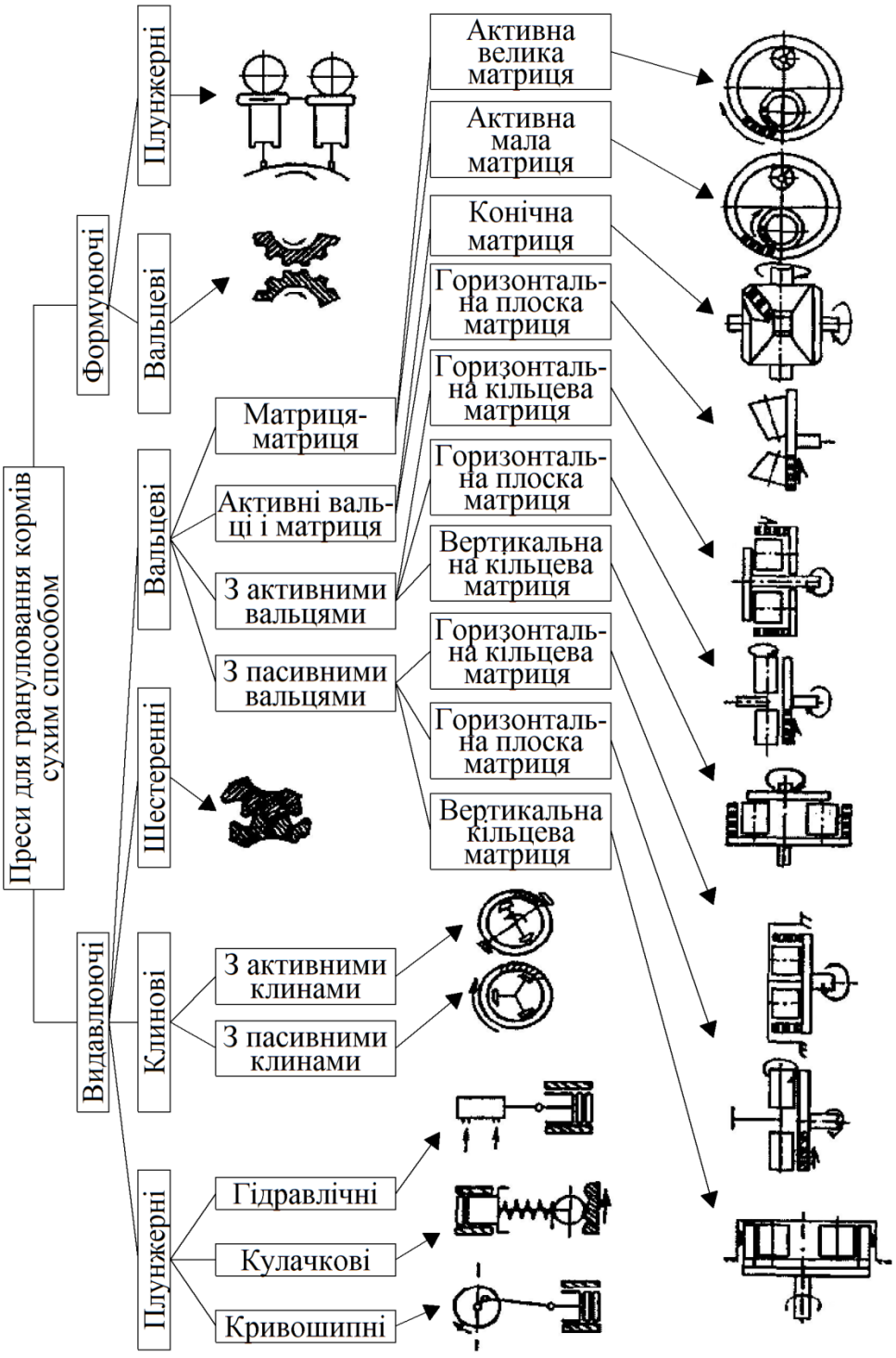


Рис. 1. Класифікація пресів для отримання гранул (по Г.Я. Фарбману) [7]

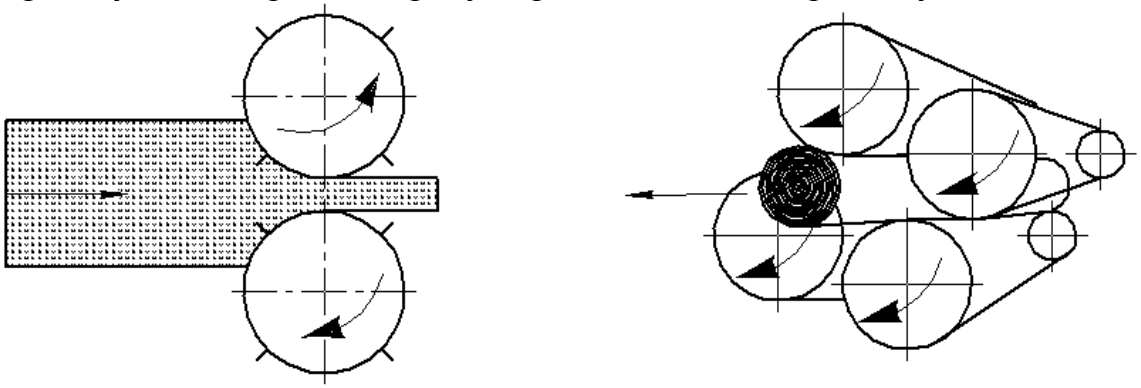
За видом робочих органів преси для стиснення, брикетування та гранулювання кормів розподіляються на такі основні групи: вальцьові, штемпельні (плунжерні), рулонні, транспортерні, гвинтові (шнекові, екструдери), поршневі, шестеренні та матричні (з кільцевою і плоскою матрицями).

З 60-70-хх років XX століття в світі набувають популярності використання кільцевих матричних пресів безперервної дії та пресів

штемпельного (плунжерного) типу. В Україні зберігається аналогічна тенденція використання пресів в основному для гранулювання та брикетування кормів.

Обладнання ж для виготовлення кормових гранул із зерно-стеблових кормосумішей з вмістом трав'яної січки в нашій країні серійно не виготовлялося, для виробництва повнораціонних кормових гранул трав'яна січка (сіно) повинна була розмелюватись у трав'яне борошно [9].

При застосуванні вальцьових пресів, що складаються з двох циліндричних вальців, які обертають назустріч один одному (рис. 2а), або чотирьох вальців, що рухаються в одному напрямку (рис. 2б) ущільнення здійснюється прокачуванням вихідного матеріалу. Преси з робочими органами вальцьового типу менш енергоємні, проте не забезпечують високий ступінь стиснення, малопродуктивні та потребують рівномірної подачі матеріалу до вальців, через що для приготування кормових гранул практично не використовуються [9].

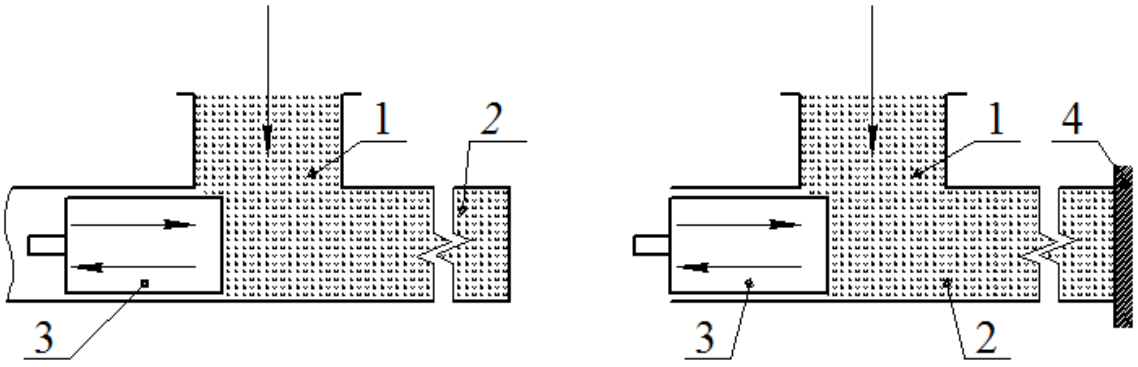


а б

Рис. 2. Схема робочих органів вальцьових пресів з двома (а) та чотирма (б) вальцями.

Найширше застосування отримали штемпельні преси з відкритими камерами та кривошипно-шатунними приводами штемпелів, що забезпечують мінімальне подрібнення матеріалу при пресуванні та тривалішу витримку маси під тиском, відповідно і дещо вищу якість пресованого корму (порівняно з вальцьовими пресами), а також відносно невелику енергоємність [9].

Штемпельні, або плунжерні преси здійснюють процес пресування шляхом ущільнення окремих порцій матеріалу (рис. 3). Їх виготовлять з відкритою та закритою камерою пресування. Прес із закритою камерою менш енергоємний, проте потребує подавання строго визначеної порції матеріалу, через що не знайшов широкого застосування в сільськогосподарському виробництві.



а б

Рис. 3. Схема робочих органів штемпельних пресів з відкритою (а) та заритою (б) пресувальною камерою: 1 – завантажувальне вікно; 2 – пресувальний канал; 3 – штемпель; 4 – упор.

До переваг штемпельних пресів відносяться невеликі витрати енергії, в тому числі за рахунок одноосного стиснення матеріалу, можливість отримування брикетів більшого діаметру. До недоліків відноситься висока металоємність, складність подачі сировини, низька продуктивність, зумовлена циклічністю процесу. Продуктивність штемпельних пресів також обмежується часом перебування ущільненого матеріалу в пресувальному каналі для забезпечення релаксації напружень в матеріалі.

В наш час широкого застосування в сільському господарстві набули рулонні преси (рис. 4) в основному для пресування сіна, сінажу та соломи в тюки циліндричної форми. Завдяки своїй автономності такі преси-підбиральники агрегатуються з тракторами та досить якісно ущільнюють корм та підстилку для худоби [10]. При використанні прес-підбирача підвищується якість сіна, скорочуються витрати праці, втрати сіна і тривалість сушіння, так як для пресування підбирають сіно вологістю близько 26%.

Транспортерний робочий орган преса (рис. 5) досліджував Голяновский А.В. Енергоємність процесу пресування рослинних матеріалів таким агрегатом складає 0,375 кДж. год./т, що в 2…3 рази нижче, ніж найбільш поширеним пресом з поршневим робочим органом [7].

Захоплююча здатність гладких стрічок обмежується кутом який вони створюють $2\alpha = 30°$, а для східчастих – 45°. Продуктивність такого робочого органу досить велика, тому що швидкість транспортерних стрічок можна довести до 1 м/с. Однак застосування їх в без зв’язному пресуванні обмежена, так як щільність одержаного спресованого матеріалу не перевищує 200 кг/м^3 [7].

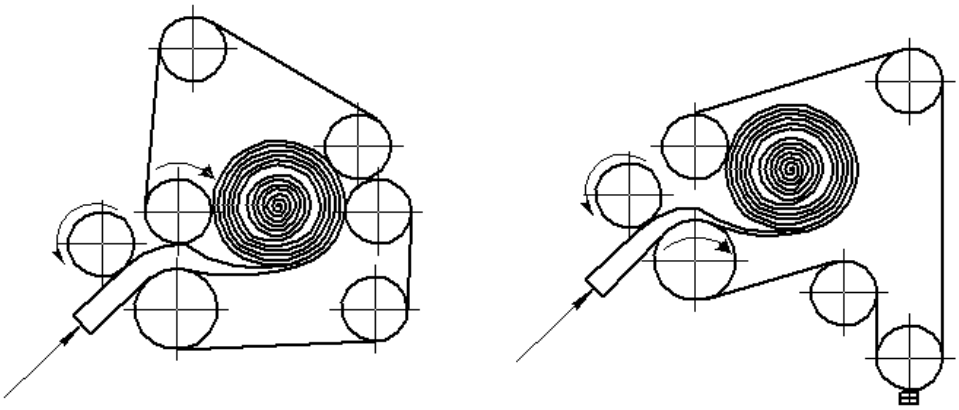


Рис. 4. Схеми робочих органіврулонних пресів.

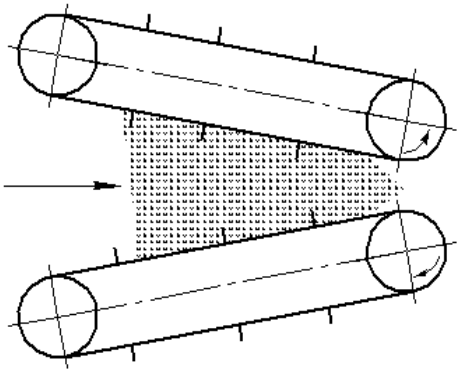


Рис. 5. Схема робочого органу транспортерного преса.

Робочі органи кожної групи технічних засобів в основному призначаються для стиснення окремого виду корму: стеблових, сіна або здрібнених концентрованих кормів. Конструкції усіх без виключення пресів мають свої переваги та недоліки. Практично для всіх пресів характерні великі габарити, а отже, велика маса, значні витрати питомої енергії, висока металоємність. Дослідження в області малогабаритних технічних засобів, для гранулювання зерновмісних сумішей, представляє великий інтерес для подальшого наукового дослідження та пошуку шляхів щодо удосконалення та підвищення ефективності роботи такого пресу зі зниженням витрат на його обслуговування.

Висновки. Із проведеного аналізу витікає, що існує декілька основних груп пресів для стиснення та брикетування кормів. Робочі органи кожної групи технічних засобів в основному призначаються для стиснення окремого виду корму: стеблових, сіна або здрібнених концентрованих кормів. Конструкції усіх без виключення пресів мають свої переваги та недоліки. Практично для всіх пресів характерні великі габарити, а отже, велика маса, значні витрати питомої енергії, висока металоємність. Дослідження в області малогабаритних технічних засобів для гранулювання зерновмісних сумішей представляє великий інтерес для подальшого наукового дослідження та пошуку шляхів щодо

удосконалення та підвищення ефективності роботи такого пресу зі зниженням витрат на його обслуговування

Література

1. Скляр О. Г. Механізація технологічних процесів у тваринництві: навч. посібник/ О. Г. Скляр, Н.І.Болтянська. – Мелітополь: Колор Принт, 2012. – 720 с.

2. Болтянская Н. И. Анализ основных направлений ресурсосбережения в животноводстве/ Н. И. Болтянская, О. В. Болтянский // Motrol: Commission of motorszation and energetycs in agriculture. – 2016. Vol.18, No.1. – С. 49-54.

3. Біоенергія в Україні – розвиток сільських територій та можливості для окремих громад: науково-методичні рекомендації / В. О. Дубровін [та ін.]. – К: НУБіП України, 2009. – 122 с.

4. Болтянська Н. І. Забезпечення високоефективного функціонування технологічного процесу приготування і роздавання кормів у тваринництві / Н. І. Болтянська // Науковий вісник ТДАТУ.– Мелітополь, 2014. – Вип. 4, т.1.– С. 16-22.

5. Болтянська Н. І. Показники оцінки ефективності застосування ресурсозберігаючих технологій в тваринництві / Н. І. Болтянська // Вісник Сумського НАУ / СНАУ. – Суми, 2016. – Вип. 10/3 (31). – С. 118-121.

6. Братішко В. В. Узгодження конструкційних параметрів матриць гвинтових грануляторів кормів за тиском та пропускною здатністю / В. В. Братішко // Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація / КНТУ. – Кіровоград, 2014. – Вип. 27. – С. 187-191.

7. Щербина В. И. Ресурсосберегающие процессы гранулирования и брикетирования кормов шестеренными прессами: дис….д-ра техн. наук : 05.20.01 / В. И. Щербина. – Зерноград, 2004. – 376 с.

8. Любецкая А. А. Гранулирование кормов. МДК.02.03. «Технология механизированных работ в животноводстве» по специальности: 35.02.07. «Механизация сельского хозяйства» [Электронный ресурс] : [Презентация] / А. А. Любецкая. – Режим доступу : http://www.informio.ru/publications/id3757/Prezentacija-Granulirovanie-kormov-MDK0203-Tehnologija-mehanizirovannyh-rabot-v-zhivotnovodstve-po-specialnosti-350207-Mehanizacija-selskogo-hozjaistva.

9. Братішко В. В. Механіко-технологічні основи приготування повнораціонних комбікормів гвинтовими грануляторами: дис... д-ра техн. наук : 05.05.11 / В. В. Братішко. – Глеваха, 2017. – 322 с.

10. Как выбрать пресс-подборщик? [Электронный ресурс] // Пропозиція : Главный журнал по вопросам агробизнеса. – 02.06.2017. – Режим доступу : https://propozitsiya.com/yak-vybraty-pres-pidbyrach.

АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРЕССОВАНИЯ КОРМОВ

Болтянская Н. И., Комар А. С.

Аннотация

В настоящее в время в нашей стране особое внимание уделяется вопросам рационального природопользования и защиты окружающей среды. Это напрямую связано с совершенствованием технологических процессов и технических средств для их реализации, а также с использованием в сельском хозяйстве органических материалов для приготовления кормов. Применение технологии сжатия кормов позволяет получать корма заданного размера, формы и необходимых физико-механических характеристик, уменьшает их потери при транспортировке, хранении и переработке, а также улучшает показатели дальнейшего использования. В статье уделено внимание развитию оборудования для прессования корма для животных, проведен анализ конструкций основных групп технических средств для прессования кормов. Проанализированы конструкции вальцовых прессов, состоящие из двух цилиндрических вальцов, которые вращаются навстречу друг другу, или четырех вальцов, движущихся в одном направлении. Их недостатки в том, что они не обеспечивают высокую степень сжатия, малопродуктивные и требуют равномерной подачи материала к вальцам, из-за чего для приготовления кормовых гранул практически не используются. Проведен анализ штемпельных прессов. К преимуществам штемпельных прессов относятся небольшие затраты энергии, в том числе за счет одноосного сжатия материала, возможность получения брикетов большего диаметра. К недостаткам относится высокая металлоемкость, сложность подачи сырья, низкая производительность, обусловленная цикличностью процесса. Производительность штемпельных прессов также ограничивается временем пребывания уплотненного материала в прессовальном канале для обеспечения релаксации напряжений в материале. Рассмотрены рулонные прессы для прессования сена, сенажа и соломы в тюки цилиндрической формы. Производительность такого рабочего органа достаточно велика, так как скорость транспортерных лент можно довести до 1 м/с. Однако применение их в безсвязном прессовании ограничена, так как плотность полученного спрессованного материала не превышает 200 кг/м^3. Определена группа прессов для дальнейшего исследования и усовершенствования их конструкции для обеспечения качественного сжатия материала и уменьшении затрат энергии.

ANALYSIS OF TECHNICAL MEANS FOR DRINKING FEES

N. Boltianska, A. Komar

Summary

At present, in our country, special attention is paid to environmental management and environmental protection. This is directly related to the improvement of technological processes and technical means for their implementation, as well as with the use in agriculture of organic materials for the preparation of feed. The use of feed compression technology allows to obtain feed of a given size, shape and the necessary physical and mechanical characteristics, reduces their losses during transportation, storage and processing, as well as improves the performance of further use. The article pays attention to the development of equipment for pressing feed for animals, analyzes the designs of the main groups of technical means for pressing feed. The designs of roller presses, consisting of two cylindrical rollers that rotate towards each other, or four rollers moving in one direction, are analyzed. Their disadvantages are that they do not provide a high degree of compression, are unproductive and require a uniform supply of material to the rolls, which is why they are practically not used for the preparation of feed pellets. The analysis of stamp presses. The advantages of stamping presses are low energy costs, including due to uniaxial compression of the material, the possibility of obtaining briquettes of larger diameter. The disadvantages include high metal consumption, the complexity of the supply of raw materials, low productivity, due to the cyclical nature of the process. The performance of stamp presses is also limited by the residence time of the compacted material in the compression channel to ensure stress relaxation in the material. We consider the roll presses for pressing hay, haulage and straw into bales of cylindrical shape. The performance of such a working body is large enough, since the speed of conveyor belts can be increased to 1 m/s. However, their use in loosely pressing is limited, since the density of the obtained pressed material does not exceed 200 kg/m^3. The group of presses was determined for further research and improvement of their design to ensure high-quality compression of the material and reduce energy costs.

УДК 621.313.33:004 DOI: 10.31388/2220-8674-2018-2-23

РАСЧЁТ МЕХАНИЧЕСКИХ И ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ В ДВИГАТЕЛЬНОМ И ГЕНЕРАТОРНОМ РЕЖИМАХ ПРИ ЧАСТОТНОМ УПРАВЛЕНИИ

Прищепов М. А., д.т.н.,
Прищепова Е. М.,
Иванов Д. М., аспирант *
Белорусский государственный аграрный технический университет
e-mail: pma.rekt@batu.edu.by

Аннотация - в статье рассмотрены вопросы, касающиеся частотно-регулируемого асинхронного электропривода. Приведены основные статические законы частотного управления (закон постоянства потокосцепления статора, закон постоянства потокосцепления цепи намагничивания, закон постоянства потокосцепления ротора). Для наиболее широко распространённых законов стабилизации потокосцепления статора, ротора, взаимоиндукции разработаны детальные алгоритмы расчёта статических характеристик АД и проведено их сравнение. Алгоритм расчёта механических и электромеханических характеристик АД при частотном регулировании для Ψ_2=const по методике Фираго Б.И. В алгоритме расчёт характеристик АД проводится на рабочем участке механической характеристике от 2 $M_н$ до -2 $M_н$, т.е. при изменении относительного момента μ от 2 до -2. Выполненные расчёты показали, что при ограничении тока статора в пределах 1…1,5 $I_{1н}$ наибольший момент развивает АД, управляемый по закону Ψ_2= const за ним идёт управление по законам Ψ_m= const и Ψ_1= const. Для этих законов построены механические и электромеханические характеристики для номинального режима работы на примере двигателя серии АИР. Разница моментов, которые развиваются незначительна. Механические характеристики АД при одинаковом ограничении тока статора в указанном пределе практически идентичны. На этом основывается вывод что, при разработке методик расчёта частотно-регулируемого асинхронного электропривода для производственных механизмов, расчёт механических и электромеханических характеристик в пределах указанного диапазона изменения тока статора может производится при любом законе стабилизации потока возбуждения АД.

Ключевые слова **– асинхронный двигатель, частотно-регулируемый электропривод, искусственные характеристики, стабилизация потока возбуждения, алгоритм расчёта.**

Постановка проблемы. Различают два основных способа управления асинхронными электроприводами, использующими

© Прищепов М. А., Прищепова Е. М., Иванов Д. М.
Научный руководитель - Прищепов М. А., д.т.н., профессор

полупроводниковые преобразователи частоты: модульное или скалярное и векторное. При этом модульное или скалярное управление в литературе, как правило, называют частотным. В настоящее время, несмотря на интенсивное развитие векторного способа управления, частотное управление довольно широко распространено, так как позволяет эффективно решать многие технические задачи. Это относится в первую очередь к приводам с малым диапазоном регулирования (диапазон регулирования скорости – не более 50) и низкими требованиями к динамике привода. Модульное или скалярное управление базируется на изменении модулей или скаляров величин, определяющих электромагнитный момент асинхронных двигателей (АД) (частоты, напряжения, токов и магнитных потоков).

Анализ последних исследований. При частотно управлении в электроприводе реализуется один из статических законов частотного управления [1,2,3,4]:

$$1)\ \frac{U_1}{f_1} = \frac{U_{1\text{Н}}}{f_{\text{Н}}} = const\ ; \tag{1}$$

$$2)\ \frac{U_1}{\sqrt{f_1}} = \frac{U_{1\text{Н}}}{\sqrt{f_{\text{Н}}}} = const\ ; \tag{2}$$

$$3)\ \frac{U_1}{{f_1}^2} = \frac{U_{1\text{Н}}}{{f_{\text{Н}}}^2} = const\ ; \tag{3}$$

4) оптимальный закон Костенко:

$$\frac{U_1}{U_{1\text{Н}}} = \frac{f_1}{f_{\text{Н}}} \cdot \sqrt{\frac{M_c}{M_{\text{Н}}}}\ ; \tag{4}$$

5) закон постоянства потокосцепления статора:

$\Psi_1 = const$ или $\frac{E_s}{f_1} = const$ или *IR* компенсации;

6) закон постоянства потокосцепления цепи намагничивания:

$\Psi_m = const$ или $\frac{d\Psi_m/dt}{f_1} = const$ или $\frac{E_1}{f_1} = const$;

7) закон постоянства потокосцепления ротора:

$\Psi_2 = const$ или $\frac{d\Psi_2/dt}{f_1} = const$ или $\frac{E'_2}{f_1} = const$;

8) закон постоянства абсолютного скольжения:

$s_a = s \cdot \alpha$=*const* или $s_a = \frac{\omega_1 - \omega}{\omega_1} \cdot \frac{\omega_1}{\omega_{1н}}$=*const*

9)минимизация тока статора $I_1 \rightarrow min$;

10) закон максимальной эффективности $\eta \rightarrow$max ($P_1 \rightarrow$ min) и другие,

где ω_1,f_1– синхронная угловая скорость электромагнитного поля и соответствующая ей частота питающего напряжения статора АД, рад/с, Гц;

U_1– значение питающего напряжения статора АД, В;

$\omega_{1Н}$, $f_Н$–номинальная угловая скорость электромагнитного поля и соответствующая ей номинальная частота питающего напряжения статора АД, Гц;

$U_{1Н}$– номинальное напряжение питания статора, В;

M_c – статический момент на рабочем валу механизма, Н·м;

$M_Н$ – номинальный момент на рабочем валу механизма при номинальной угловой скорости, Н·м;

ω – угловая скорость ротора, рад/с;

Ψ_1, Ψ_2,Ψ_m – потокосцепления, соответственно, статора, ротора, и взаимоиндукции, В·с;

E_s, E_1,E'_2 – ЭДС, соответственно, статора, взаимоиндукции и ротора, приведенная к обмотке статора, В;

$\alpha = f_1/f_Н$– относительное значение частоты питающего напряжения;

s – скольжение АД, о.е;

s_a –абсолютное скольжение АД, о.е;

I_1 –текущий ток статора, А;

P_1 –потребляемая мощность АД, Вт;

η –КПД двигателя.

Формирование закона может выполняться как в разомкнутом, так и в замкнутом контуре управления.

Область применения разомкнутых систем управления ограничивается механизмами с небольшим диапазоном регулирования скорости и механизмами с известной механической характеристикой, т.е. зависимостью статического момента M_cна рабочем валу механизма от угловой скорости ω

$M_c = f(\omega)$. В частности, жёсткое задание зависимости $U_1 = f(\omega_1)$ хорошо подходит для управления механизмами насосно-вентиляторной группы.

Если механическая характеристика нагрузки $M_c = f(\omega)$ известна, то расчёт зависимости $U_1 = f(\omega_1)$ может быть выполнен на основе статической модели АД с учётом выбранного закона частотного управления. Пока закон частотного управления не задан, задача расчёта $U_1 = f(\omega_1)$ по $M_c = f(\omega)$ решается неоднозначно.

Если механическая характеристика нагрузки заранее неизвестна (например, имеет случайный характер), то формирование выбранного закона частотного управления (за исключением закона $U_1/f_1 = U_{1\text{Н}}/f_{\text{Н}}$ =const) осуществляется в замкнутом контуре с помощью введения обратных связей по переменным двигателя, хотя и при этом динамические характеристики привода остаются невысокими.

Такими переменными двигателя могут быть ток и ЭДС статора (I_1, E_s), основной магнитный поток АД (Φ), угловая скорость ротора (ω) или абсолютное скольжение (s_a). Наиболее простым и доступным сигналом, является ток статора, именно он используется в большинстве приводов широкого применения при частотном управлении.

Из замкнутых систем частотного управления АД наиболее широкое распространение получили системы стабилизации потокосцепления: статора Ψ_1=const, взаимоиндукции Ψ_m=const, ротора Ψ_2=const [5, 6]. Каждый из этих законов частотного управления обеспечивает определённые электромеханические свойства и энергетические показатели АД.

Формулирование цели статьи. Изучить влияние закона стабилизации потока возбуждения АД на механические и электромеханические характеристики в пределах 1…1,5 $I_{1н}$ изменения тока статора.

Основные материалы исследования. Для анализа этих свойств и показателей авторами публикации были разработаны детальные алгоритмы расчёта параметров схемы замещения, механических и электромеханических характеристик АД при указанных законах стабилизации потокосцепления.

При управлении АД по закону стабилизации Ψ_1=const непрерывно устраняется или компенсируется влияние на электромагнитные процессы в АД падения напряжения на сопротивлении статораr_1схемы замещения (СЗ) АД, поэтому этот закон частотного управления так же называют законом управления с *IR*- компенсацией.

Рассматривая частотное управление АД по закону Ψ_1=const на основании общеизвестного соотношения между действующими

значениями ЭДСE, потокосцепления Ψ и угловой скоростиω$_1$ $E = \omega_1 \cdot \Psi$, можно записать пропорцию [5, 6]:

$$\frac{E_s}{\omega_1} = \frac{E_{s.\text{н}}}{\omega_{1\text{н}}} = const. \quad (5)$$

где $E_{s.\text{н}}$–номинальное значение

Из неё же можем найти и действующее значение ЭДС статора:

$$E_s = E_{s.\text{н}} \cdot \frac{\omega_1}{\omega_{1\text{н}}} = \alpha \cdot E_{s.\text{н}}. \quad (6)$$

Механическая характеристика будет выражаться параметрическим уравнением:

$$\left.\begin{array}{c} M = \dfrac{2 \cdot M_k}{\dfrac{s_a}{s_{ak}} + \dfrac{s_{ak}}{s_a}} \\ \omega = \omega_{0\text{н}} \cdot (\alpha - s_a) \end{array}\right\}, \quad (7)$$

гдеM_k – критический момент двигателя,

$$M_k = \frac{3 \cdot {E_{s.\text{н}}}^2}{2 \cdot \omega_{0\text{н}} \cdot {x'}_{\text{к.ном}}}, \text{Н} \cdot \text{м}; \quad (8)$$

$\omega_{0\text{н}}$ – синхронная угловая скорость магнитного поля статора АД при номинальной частоте переменного тока питающей сети, рад/с;

${x'}_{\text{к.ном}}$ – индуктивное номинальное сопротивление обмоток статора и ротора АД при номинальной частоте питающего напряжения для режима короткого замыкания (при неподвижном роторе), Ом;

s_a – абсолютное скольжение, $s_a = \alpha \cdot s$;

s_{ak} – абсолютное критическое скольжение

$$s_{ak} = \pm \frac{{r''}_2}{{x'}_{\text{к.ном}}}, \quad (9)$$

${r''}_2$ – активное сопротивление обмотки ротора, приведенное к обмотке статора, для Г-образной схемы замещения, Ом;

Параметрическое уравнение электромеханической характеристики$I_1=f(\omega)$ имеет вид:

$$\left.\begin{array}{c} I_1 = \dfrac{E_{s.\text{н}}}{\sqrt{{R^2}_{\text{B,A}} + \left(x_1 + X_{\text{B,A}}\right)^2}} \\ \omega = \omega_{0\text{н}} \cdot (\alpha - s_a) \end{array}\right\}, \quad (10)$$

где$R_{\text{B,A}}$ – «внутреннее» активное сопротивление АД при номинальной частоте и данном значении абсолютного скольженияs_a , Ом;

$X_{\text{В,А}}$ –«внутреннее» индуктивное сопротивление АД при номинальной частоте и данном значении абсолютного скольжения s_a, Ом;

x_1 – индуктивное сопротивление рассеяния фазы статора, Ом;

Уравнение электромеханической характеристики $I'_2=f(\omega)$:

$$\left.\begin{array}{c} I'_2 = \dfrac{E_{s.\text{н}}}{\sqrt{\left(\dfrac{r''_2}{s_a}\right) + x'^{2}_{\text{к.ном}}}} \\ \omega = \omega_{0\text{н}} \cdot (\alpha - s_a) \end{array}\right\}. \quad (11)$$

При реализации этого закона частотного управления необходимо обеспечивать на обмотке статора АД напряжение:

$$U = \alpha \cdot E_{s.\text{н}} \cdot \frac{Z'_{\text{АД}}}{\sqrt{R^2_{\text{В,А}} + \left(x_1 + X_{\text{В,А}}\right)^2}}, \quad (12)$$

где$Z'_{\text{АД}}$ – полное сопротивление цепи АД при данном абсолютном скольжении s_aи относительной частоте α, Ом.

Алгоритм расчёта характеристик АД по представленной выше методике согласно работ [5, 6] рассматривался авторами ранее в работе [7], где результаты расчёта сравнивались с аналогичными результатами полученными по методике представленной в работе [8]. При этом в обоих случаях расчёт параметров СЗ АД (r_1, r'_2, x_1, x'_2, x_μ) проводился по алгоритму приведенному в работе[9]. Имеющееся несовпадение механических и электромеханических характеристик в диапазоне угловых скоростей от критической и меньших критической угловой скорости для двигательного режима и от критической и больших критической угловой скорости для генераторного режима, рассчитанных по указанным методикам, объясняется тем, что ЭДС статора E_Sв методике [5, 6] рассчитывалась из векторной диаграммы геометрически, а в методике [8] из выражения через действующие значения её параметров.

Для частотного управления при стабилизации потокосцепления по закону $\Psi_m=const$,запишем пропорцию[5, 6]:

$$\frac{E_1}{\omega_1} = \frac{E_{1.\text{н}}}{\omega_{1\text{н}}} = const \quad (13)$$

Тогда действующее значение ЭДС взаимоиндукции:

$$E_1 = \alpha \cdot E_{1.\text{н}} \quad (14)$$

Номинальное значение ЭДС взаимоиндукции $E_{1.\text{н}}$ находим из выражения:

$$E_{1.н} = \\ = \sqrt{\left(U_н \cdot \sqrt{(1 - cos^2\varphi_н)} - I_{1н} \cdot x_1\right)^2 + (U_н \cdot cos\varphi_н - I_{1н} \cdot r_1)^2}, \quad (15)$$

где $cos\varphi_н$– номинальный коэффициент мощности, о.е;

Механическая характеристика АД при частотном управлении по закону Ψ_m=*const* определяется параметрическим уравнением (7).

Критический момент будет равен:

$$M_k = \frac{3 \cdot {E_{1.н}}^2}{2 \cdot \omega_{0н} \cdot {x'}_{2.н}}, \quad (16)$$

Где ${x'}_{2.н}$ – индуктивное сопротивление рассеяния фазы ротора СЗ АД, при номинальной частоте, Ом.

Абсолютное критическое скольжение:

$$s_{ak} = \pm \frac{{r'}_2}{{x'}_{2.н}}, \quad (17)$$

Уравнение электромеханической характеристики I_1=*f*(ω) имеет следующий вид:

$$\left.\begin{array}{c} I_1 = \dfrac{E_{1.н}}{\sqrt{{R^2}_{В,А} + {X_{В,А}}^2}} \\ \omega = \omega_{0н} \cdot (\alpha - s_a) \end{array}\right\}. \quad (18)$$

Уравнение электромеханической характеристики I'_2=*f*(ω):

$$\left.\begin{array}{c} {I'}_2 = \dfrac{E_{1.н}}{\sqrt{\left(\frac{r'_2}{s_a}\right) + {x'}_{2.н}^2}} \\ \omega = \omega_{0н} \cdot (\alpha - s_a) \end{array}\right\}. \quad (19)$$

Необходимая величина действующего значения напряжения при частотном управлении по закону Ψ_m=*const* исходя из эквивалентной СЗАД, может быть вычислена по формуле:

$$U = \alpha \cdot E_{1.н} \cdot \frac{{Z'}_{АД}}{Z_{В.А}} \quad (20)$$

Алгоритм подпрограммы вычисления параметров s_a, M, ω, $R_{B,A}$, $X_{B,A}$, $Z'_{АД}$,$Z_{B,A}$, I_1, I'_2, U в алгоритме расчёта механических и электромеханических характеристик АД при частотном регулировании для Ψ_m=*const* по методике [5,6] представлена на рисунке 1.

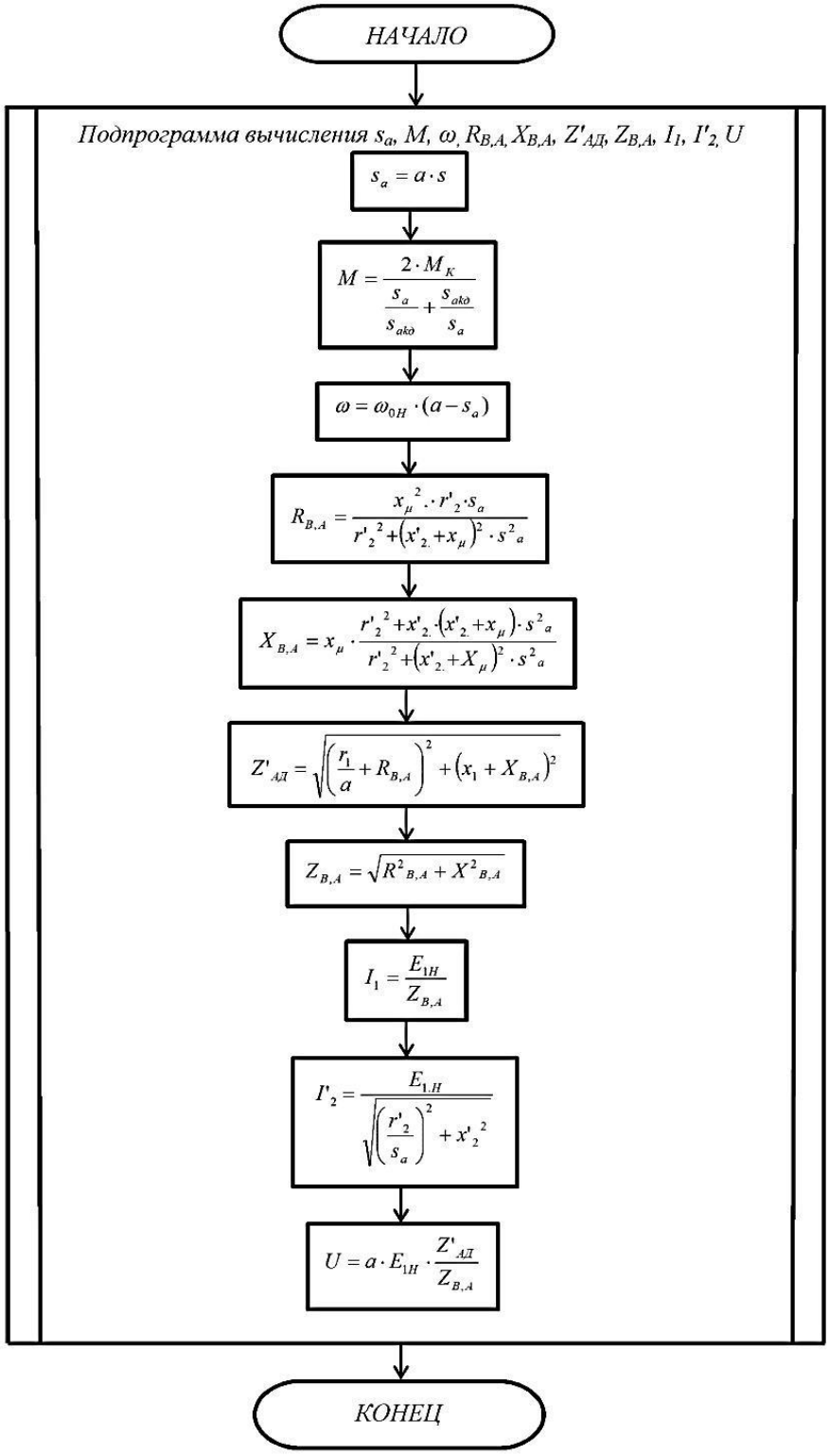


Рис. 1. Алгоритм подпрограммы вычисления параметров s_a, M, ω, $R_{B,A}$, $X_{B,A}$, $Z'_{АД}$,$Z_{B,A}$, I_1, I'_2, U в алгоритме расчёта механических и электромеханических характеристик АД при частотном регулировании для Ψ_m=const по методике [5, 6]

Указанный алгоритм расчёта механических и электромеханических характеристик АД при частотном

регулировании для Ψ_m=*const* будет аналогичен основному алгоритму расчёта, представленному на рисунке 8 при Ψ_1=*const* работы [7].

Для частотного управления АД при стабилизации потокосцепления по закону Ψ_2=*const* запишем пропорцию:

$$\frac{E'_2}{\omega_1} = \frac{E'_{2.н}}{\omega_{1н}} = const, \quad (21)$$

где E'_2– приведенное значение ЭДС, индуктированной потокосцеплением ротора, В;

$E'_{2.н}$–приведенное значение ЭДС ротора при номинальной угловой скорости $\omega_{1н} = 2\pi \cdot f_н$, В.

Тогда:

$$E'_2 = E'_{2н} \cdot \frac{\omega_1}{\omega_{1н}} = a \cdot E'_{2н}, \quad (22)$$

Принимая во внимание, что $E'_{2н} = \omega_{1н} \cdot \Psi_{2н}$.

Тогда действующее значение номинального потокосцепления ротора определим из потокосцепления взаимоиндукции $\Psi_{mн}$ при максимальной нагрузке:

$$\Psi_{2н} = \Psi_{mн} \cdot cos\varphi_2 = \Psi_{mн} \cdot \frac{s_{ак}}{\sqrt{{s_{ак}}^2 + {s_н}^2}}, \quad (23)$$

где $s_{ак} = \frac{r'_2}{x'_2}$ – абсолютное критическое скольжение, о.е.

Соответственно

$$\Psi_{mн} = \frac{E_{1.н}}{\omega_{1н}} \quad (24)$$

Значение тока статора:

$$I_1 = E'_{2н} \cdot \sqrt{{s_а}^2 \cdot \left[\frac{1}{{r'_2}^2} + \frac{1}{\left(x_\mu \cdot s_{ак}\right)^2} + \frac{2}{x_\mu \cdot s_{ак} \cdot r'_2}\right] + \frac{1}{x_\mu}} \quad (25)$$

ротора:

$$I'_2 = s_а \cdot \frac{E'_{2н}}{r'_2}. \quad (26)$$

Тогда электромагнитный момент трехфазного АД:

$$M = \frac{3 \cdot {I'_2}^2 \cdot r'_2}{\omega_0 \cdot s} = \frac{3 \cdot {I'_2}^2 \cdot r'_2}{\omega_{0н} \cdot s_а}. \quad (27)$$

Выразив из выражения приведенного тока ротора I'_2абсолютное скольжение $s_а$ и подставив его в выражение электромагнитного момента, получим:

$$M = 3 \cdot \frac{E'_{2н}}{\omega_{0н}} \cdot I'_2. \quad (28)$$

Учитывая, что$\omega_{0н} = \frac{\omega_{1н}}{p}$,а$\frac{E'_{2н}}{\omega_{1н}} = \Psi_{2н}$, получим

$$M = 3 \cdot p \cdot \Psi_{2н} \cdot I'_2 = c \cdot I'_2, \quad (29)$$

где $c = 3 \cdot p \cdot \Psi_{2н}$;

p – число пар полюсов обмотки статора.

Подставив в выражение момента *M*(28) выражение тора ротора I'_2 (26) получим:

$$M = 3 \cdot p \cdot \Psi_{2н} \cdot \frac{E'_{2н}}{r'_2} \cdot s_а = 3 \cdot p \cdot \Psi_{2н} \cdot \frac{E'_{2н}}{r'_2} \cdot \frac{\omega_0 - \omega}{\omega_{0н}} =$$

$$= 3 \cdot p \cdot \Psi_{2н} \cdot \frac{E'_{2н}}{r'_2} \cdot \frac{\omega_0 - \omega}{\omega_{1н}} \cdot p = \frac{3 \cdot (p \cdot \Psi_{2н})^2}{r'_2} \cdot (\omega_0 - \omega). \quad (30)$$

Обозначив $\beta = \frac{3 \cdot (p \cdot \Psi_{2н})^2}{r'_2}$и выразив $\omega_0 = \alpha \cdot \omega_{0н}$,тогда получим окончательное уравнение механической характеристики АД при частотном управлении по закону Ψ_2=*const*:

$$\omega = \alpha \cdot \omega_{0н} - \frac{M}{\beta} \quad (31)$$

где β – модуль жёсткости механической характеристики.

При постоянной жёсткости β, механическая характеристика АД становится линейной, аналогичной двигателю постоянного тока с независимым возбуждением (ДПТ НВ) и ограничивается режимом насыщения магнитопровода ($\approx 1{,}5 \ldots 2 \cdot M_н$).

Необходимая величина действующего значения напряжения, подаваемого на фазную обмотку статора АД при частотном управлении по закону Ψ_2=*const* рассчитывается из эквивалентной Т-образной СЗ АД по формуле:

$$U = \omega_{1н} \cdot \Psi_{2н} \cdot \frac{s_а}{r'_2} \cdot \sqrt{R^2(\alpha, s_а) + X^2(\alpha, s_\alpha)}, \quad (32)$$

где $R(\alpha, s) = \frac{r_1}{k_r} + \frac{\alpha \cdot r'_2}{k_s \cdot s_a}$ – активное сопротивление АД при данном абсолютном скольжении s_aи относительной частоте α, Ом;

$X(\alpha, s_а) = \alpha \cdot \left(x'_{к.ном} + \frac{x'_{к.ном}}{x_\mu}\right) - \frac{r_1}{x_\mu} \cdot \frac{r'_2}{s_a}$ – индуктивное сопротивление АД при данном абсолютном скольжении s_aи относительной частоте α, Ом;

$k_r = \frac{x_\mu}{x'_2 + x_\mu}$ – коэффициент магнитной связи ротора;

$k_s = \frac{x_\mu}{x_1 + x_\mu}$ – коэффициент магнитной связи статора;

$x'_{\text{к.ном}} = x_1 + x'_2$.

Алгоритм расчёта механических и электромеханических характеристик АД при частотном регулировании для $\Psi_2 = const$ по методике [5, 6] представлен на рисунке 2. В алгоритме расчёт характеристик АД проводится на рабочем участке механической характеристике от 2 $M_н$ до -2 $M_н$, т.е. при изменении относительного момента μ от 2 до -2.

На рисунке 2 приняты следующие обозначения:

P_H – номинальная мощность двигателя, кВт;

U_H – номинальное напряжение питания (фазное), В;

n_H–номинальная частота вращения, об/мин;

$cos\varphi_H$ – номинальный коэффициент мощности,о.е;

η_H – номинальный коэффициент полезного действия двигателя, %;

λ_{MAX} – кратность максимального момента к номинальному, о.е;

$\lambda_П$ – кратность пускового момента к номинальному, о.е;

λi – кратность пускового тока к номинальному, о.е;

λ_{MIN} – кратность минимального момента к номинальному, о.е;

f_H – номинальная частота переменного тока питающей сети,Гц;

r_1 – активное сопротивление обмотки статора, Ом;

r'_2 – активное сопротивление обмотки ротора, приведенное к обмотке статора, Ом;

x_1 – индуктивное сопротивление рассеяния фазы статора, Ом;

x'_2–индуктивное сопротивление рассеяния фазы ротора, приведенное к обмотке статора, Ом;

x_μ – индуктивное сопротивление ветви намагничивания, Ом;

f_1 – текущая частота переменного тока питающей сети, Гц;

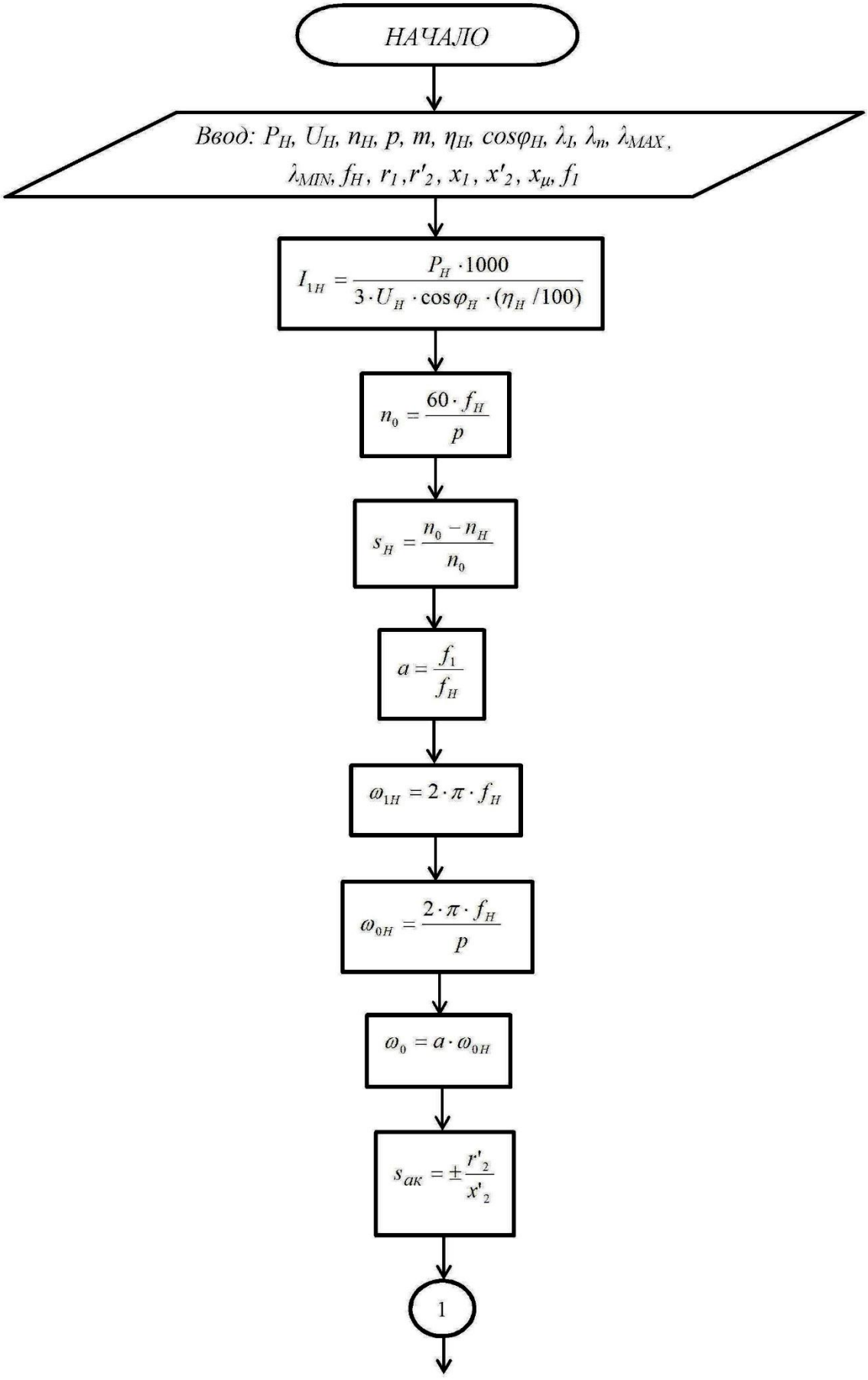
I_{1H} – номинальный фазный ток статора, А;

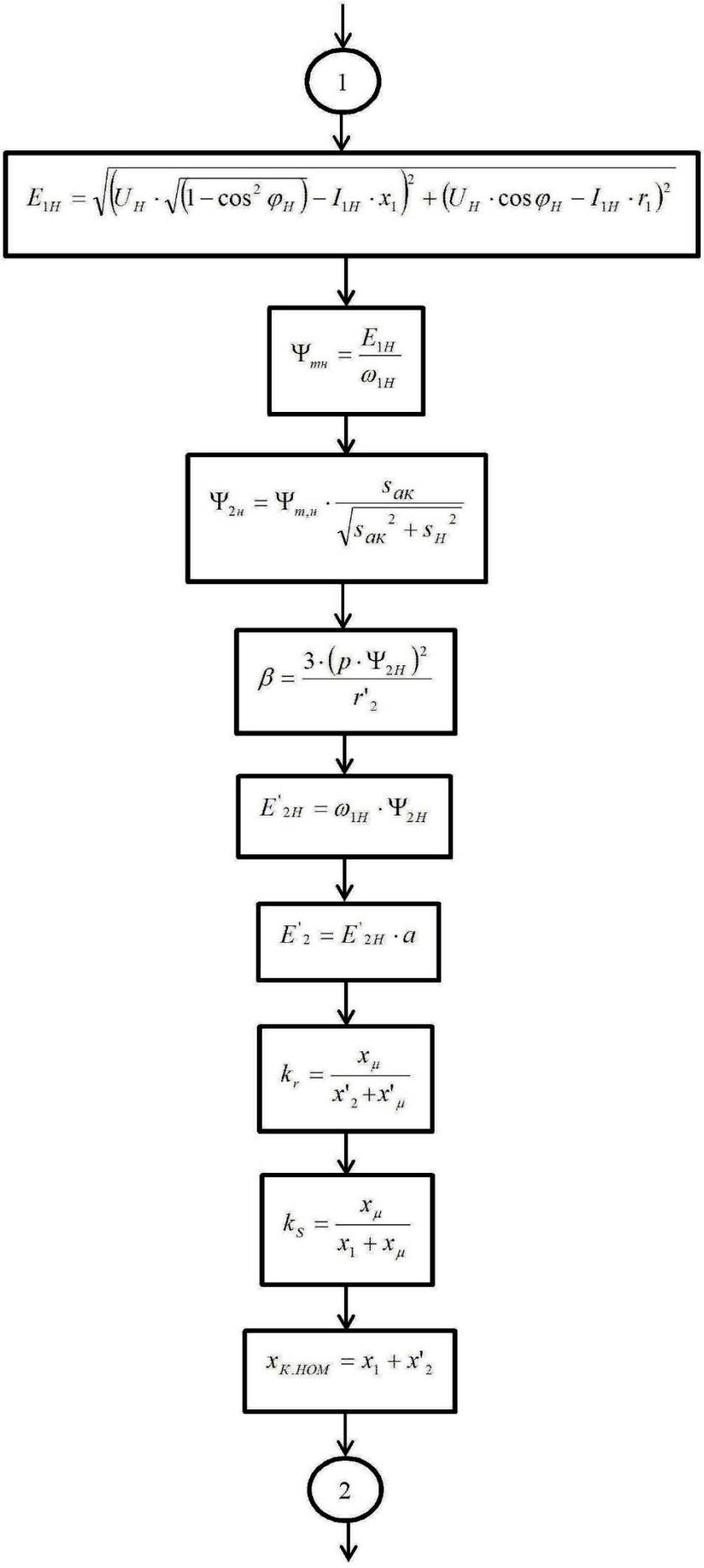
n_0 – синхронная частота вращения магнитного поля статора, мин$^{-1}$;

s_H–номинальное скольжение АД, о.е;

α – относительная частота питающего напряжения, о.е;

ω_{1H}–номинальная угловая скорость переменного тока питающей сети, рад/с;


НАЧАЛО
Ввод: P_H, U_H, n_H, p, m, η_H, $cos\varphi_H$, λ_I, λ_n, λ_{MAX}, λ_{MIN}, f_H, r_1, r'_2, x_1, x'_2, x_μ, f_1
$I_{1H} = \frac{P_H \cdot 1000}{3 \cdot U_H \cdot \cos\varphi_H \cdot (\eta_H / 100)}$
$n_0 = \frac{60 \cdot f_H}{p}$
$s_H = \frac{n_0 - n_H}{n_0}$
$a = \frac{f_1}{f_H}$
$\omega_{1H} = 2 \cdot \pi \cdot f_H$
$\omega_{0H} = \frac{2 \cdot \pi \cdot f_H}{p}$
$\omega_0 = a \cdot \omega_{0H}$
$s_{ak} = \pm \frac{r'_2}{x'_2}$
1


1
$E_{1H} = \sqrt{\left(U_H \cdot \sqrt{\left(1-\cos^2\varphi_H\right)} - I_{1H} \cdot x_1\right)^2 + \left(U_H \cdot \cos\varphi_H - I_{1H} \cdot r_1\right)^2}$
$\Psi_{mн} = \frac{E_{1H}}{\omega_{1H}}$
$\Psi_{2н} = \Psi_{m,н} \cdot \frac{s_{ак}}{\sqrt{s_{ак}^{\ 2} + s_H^{\ 2}}}$
$\beta = \frac{3 \cdot \left(p \cdot \Psi_{2H}\right)^2}{r'_2}$
$E'_{2H} = \omega_{1H} \cdot \Psi_{2H}$
$E'_2 = E'_{2H} \cdot a$
$k_r = \frac{x_\mu}{x'_2 + x'_\mu}$
$k_S = \frac{x_\mu}{x_1 + x_\mu}$
$x_{K.HOM} = x_1 + x'_2$
2

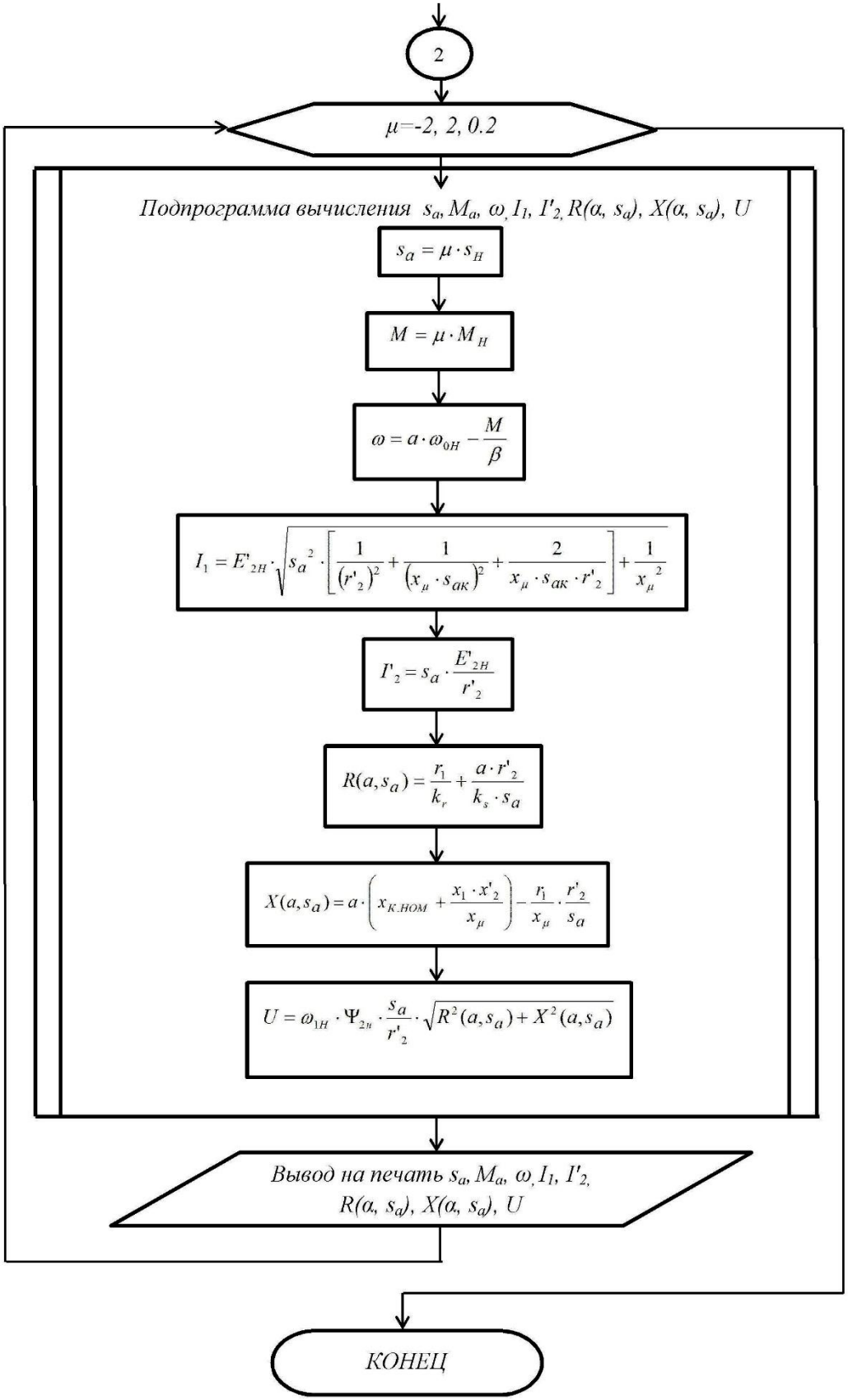


Рис.2. Алгоритм расчёта механических и электромеханических характеристик АД при частотном регулировании для Ψ_2= const по методике [5, 6]

ω_{0H} – синхронная угловая скорость АД при номинальной частоте f_H переменного тока питающей сети, рад/с;
ω_0– синхронная угловая скорость АД при текущей частотеf_1питающей сети, рад/с;
$s_{ак}$ – абсолютное критическое скольжение при законе управления Ψ_m;
E_{1H} – значение номинальной ЭДС взаимоиндукции, В;
$\Psi_{тн}$ – номинальное значение потокосцепления взаимоиндукции, В·с;
$\Psi_{2н}$ – номинальное значение потокосцепления ротора, В·с;
β – модуль жёсткости механической характеристики;
E'_{2H}– значение номинальной ЭДС, индуктируемой потокосцеплением ротора при номинальной частоте питающего напряжения, В;
E'_2 – значение ЭДС, индуктируемой потокосцеплением ротора при текущей частотеf_1питающего напряжения, В;
k_r – коэффициент магнитной связи ротора;
k_S– коэффициент магнитной связи статора;
$x_{К.НОМ}$ – индуктивное номинальное сопротивление обмоток статора и ротора АД при номинальной частоте питающего напряжения для режима короткого замыкания (при неподвижном роторе), Ом;
s_a – абсолютное скольжение;
μ – относительный момент механической характеристики АД, о.е.;
M – расчётный момент механической характеристики АД, Н·м;
ω – текущее значение угловой скорости ротора АД, $с^{-1}$.
I_1–расчётный ток статора АД электромеханической характеристики, А;
I'_2 – расчётный ток ротора, приведенный к обмотке статора, А;
$R(\alpha,s_a)$ – активное сопротивление АД при данном абсолютном скольжении s_aи относительной частоте α, Ом.
$X(\alpha,s_a)$ – индуктивное сопротивление АД при данном абсолютном скольжении s_aи относительной частоте α, Ом.
U–изменяемое напряжение питания на обмотках статора АД при частотном регулировании для Ψ_2=const, В.

Рассматривая эти законы регулирования, построим для каждого из законов механические и электромеханические характеристики для номинального режима (f_H=50Гц) на примере двигателя серии АИР с техническими характеристиками, приведенными в (табл.1).

Таблица 1

Технические характеристики электродвигателя [10]

Тип	Р, кВт	n_H, $мин^{-1}$	КПД, %	cosφ	$\lambda_i = \frac{I_П}{I_Н}$	$\lambda_п = \frac{M_П}{M_Н}$	$\lambda_{MAX} = \frac{M_К}{M_н}$	$\lambda_{MIN} = \frac{M_{MIN}}{M_н}$
АИР160S2	15	2930	88,7	0,89	7,0	2,1	3,0	2,0

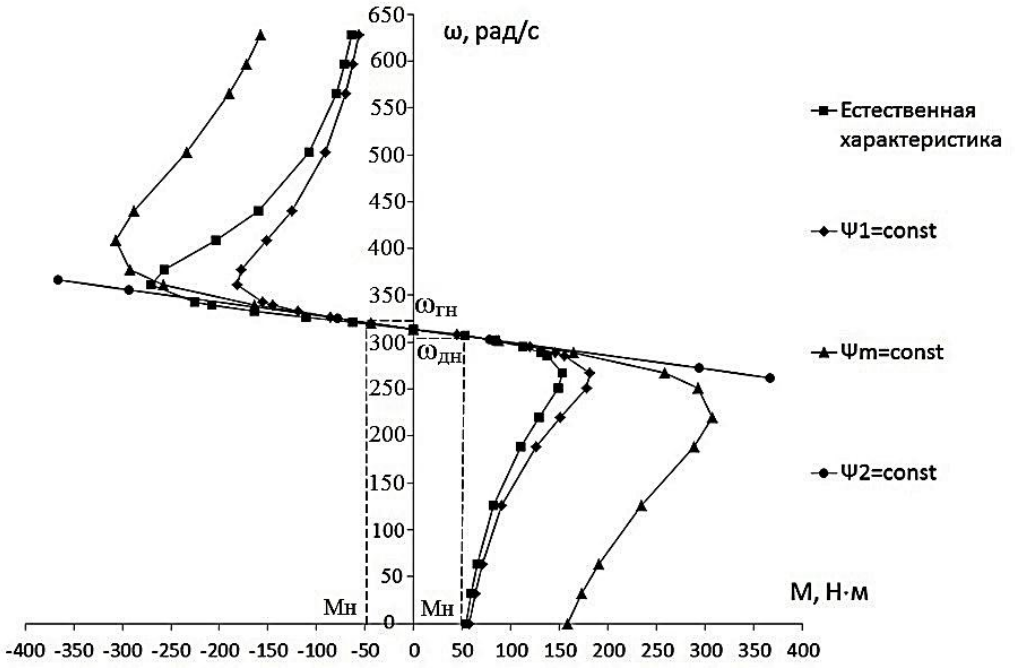


Рис. 3.Механические характеристикиM=f(ω) (естественная, Ψ_1= const, Ψ_m= const, Ψ_2= const) для двигателя АИР160S2

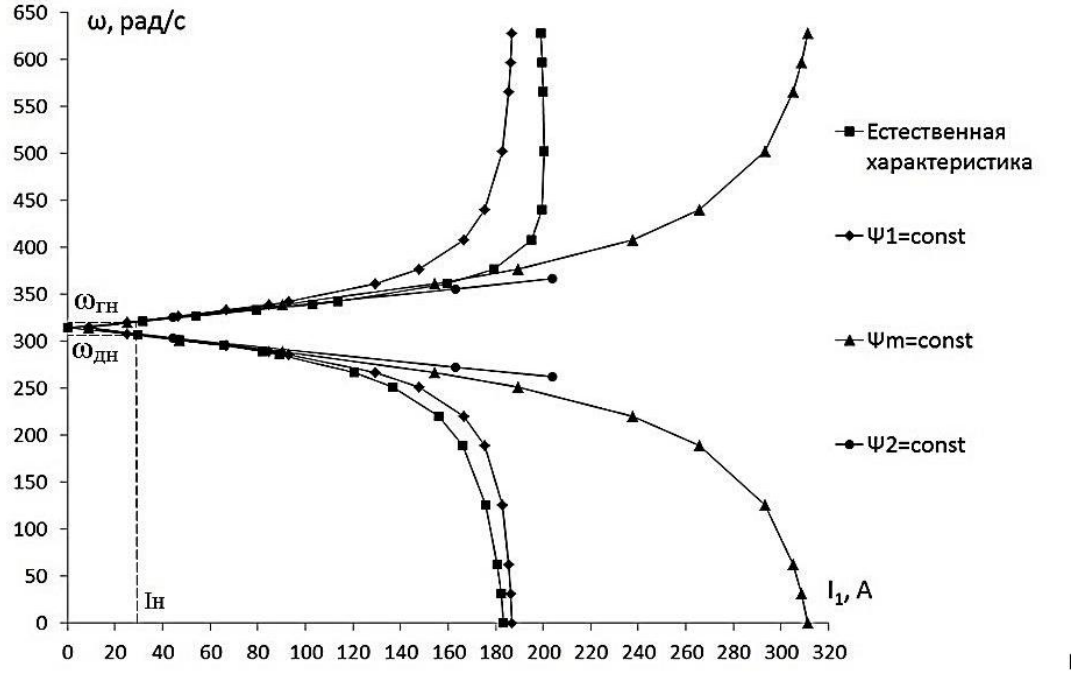


Рис.4. Электромеханические характеристики I_1=f(ω) (естественная, Ψ_1= const, Ψ_m= const, Ψ_2= const) для двигателя АИР160S2

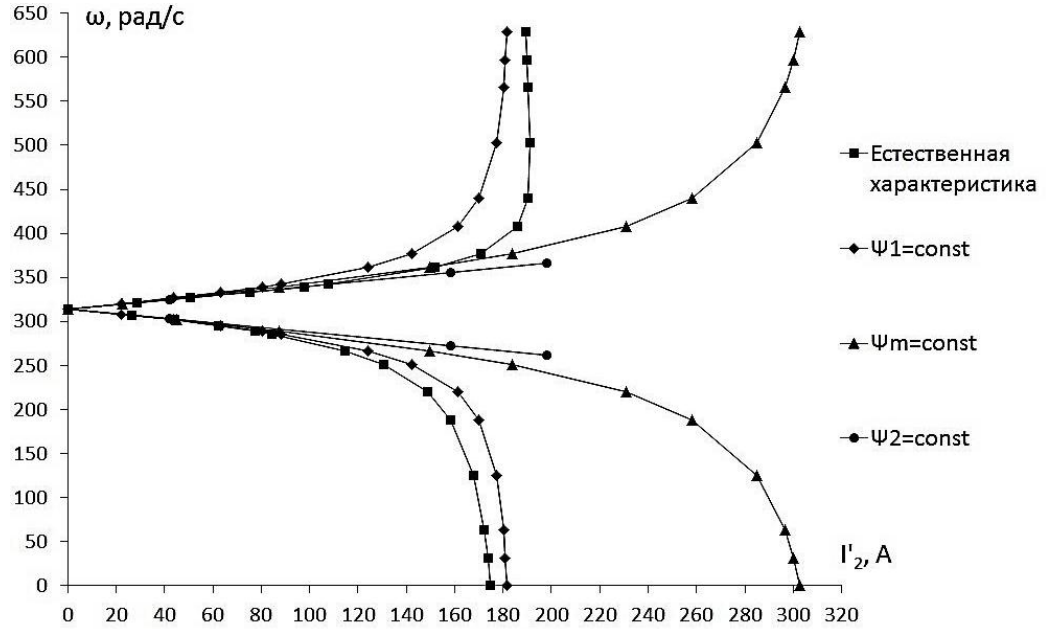


Рис. 5. Электромеханические характеристики $I'_2=f(\omega)$ (естественная, $\Psi_1=$ const, $\Psi_m=$ const, $\Psi_2=$ const) для двигателя АИР160S2

Из полученных характеристик рассчитанных и построенных при номинальной частоте сети 50Гц (рис. 3…рис. 5) видно, что критический момент АД при частотном управлении по закону $\Psi_1=const$ близок к критическому моменту двигателя на естественной характеристике, то же самое можно сказать и про токи. При законе $\Psi_m= const$критический момент значительно превышает критический момент на естественной механической характеристике. При частотном управлении по закону $\Psi_2=const$ критический момент на механической характеристике отсутствует, характеристика линейна и может строиться только для рабочей части характеристики, т.е до момента равного $1,5 \dots 2 \cdot$ Мн, так как дальнейшее увеличение момента невозможно реализовать из-за значительного увеличения тока обмоток статора.

Для того, что бы проанализировать характеристики при изменении частоты f_1 питающего напряжения U_1для двигателя АИР160S2 построим искусственные характеристики (рис. 6…рис. 8) при значениях частот напряжений обмотки статора 50,25,10 и 5 Гц.

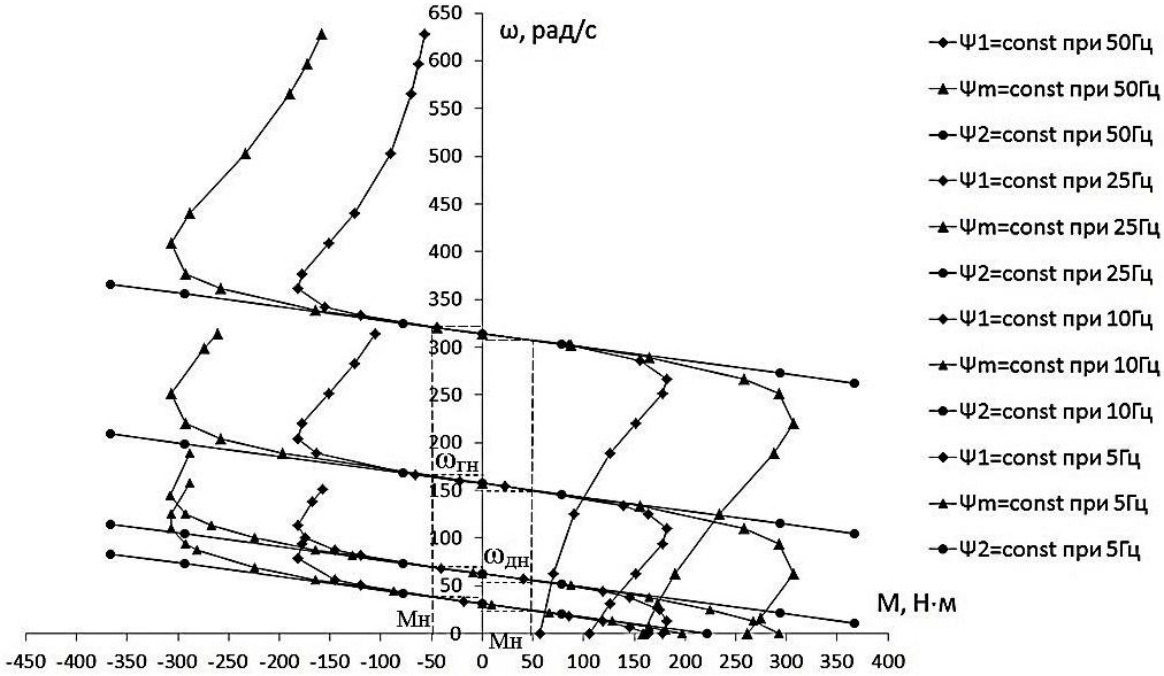


Рис. 6. Механические характеристики при разных значениях частот напряжений обмотки статораM=f(ω) (Ψ_1= const, Ψ_m= const, Ψ_2= const) для двигателя АИР160S2

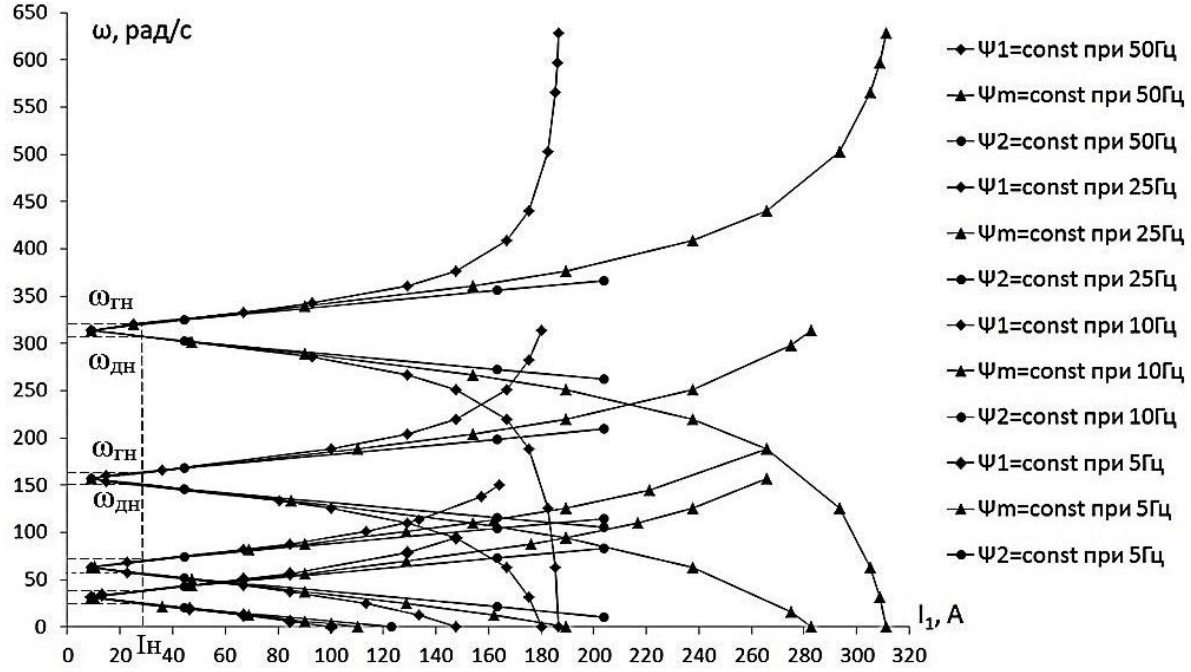


Рис. 7. Электромеханические характеристики при разных значениях частот напряжений обмотки статораI$_1$=f(ω) (Ψ_1= const, Ψ_m= const, Ψ_2= const) для двигателя АИР160S2

Как видим из полученных характеристик (рис.6…рис.8) при изменении частоты напряжения обмотки статора механические характеристики смещаются параллельно, т.е. жёсткость механических характеристик остаётся неизменной для всего диапазона

относительных частот α, поэтому все характеристики подобны (конгруэнтны). Из расчётов критических моментов выражения (8) (16) видно, что они не зависят от частоты статора и одинаковы как в двигательном, так и в генераторном режиме.

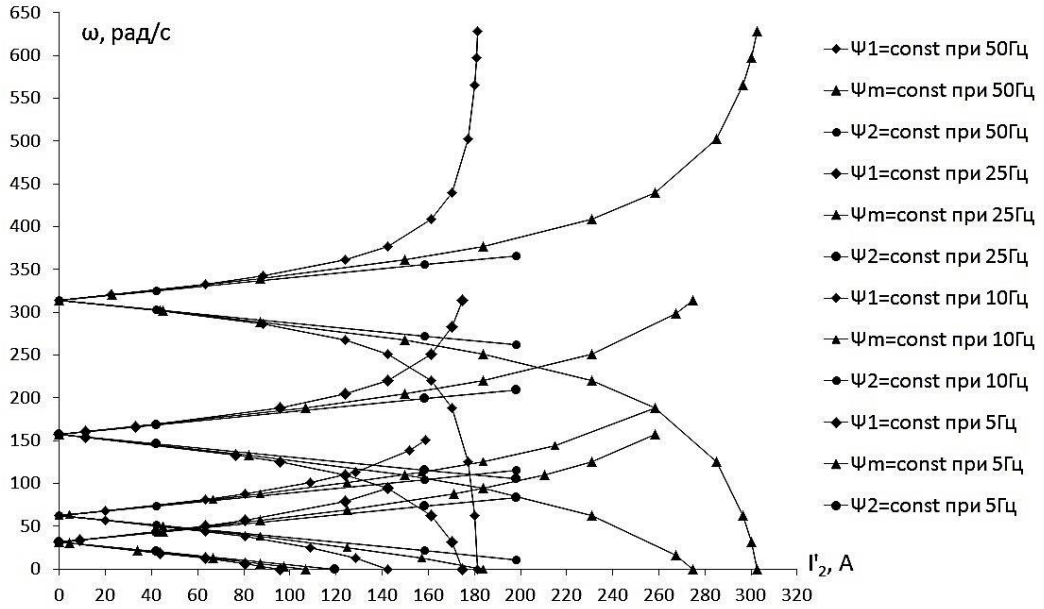


Рис.8. Электромеханические характеристики при разных значениях частот напряжений обмотки статораI'$_2$=f(ω) (Ψ_1= const, Ψ_m= const, Ψ_2= const) для двигателя АИР160S2

Выводы. Проведённые расчёты показывают, что при ограничении тока статора в приделах $1...1,5\ I_{1н}$ наибольший момент развивает АД, управляемый по закону Ψ_2= *const*за ним идёт управление по законам Ψ_m= *const* и Ψ_1= *const*, хотя следует признать, что разница в развиваемых моментах при этом незначительна. Механические характеристики АД при одинаковом ограничении тока статора в указанном пределе практически совпадают друг с другом, т.е. идентичны. Следовательно, при разработке методик расчёта частотно-регулируемого асинхронного электропривода для производственных механизмов, расчёт механических и электромеханических характеристик в пределах указанного диапазона изменения тока статора может производится при любом законе стабилизации потока возбуждения АД.

Список использованной литературы

1. Виноградов А. Б. Векторное управление электроприводами переменного тока / А. Б. Виноградов //ГОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В. И. Ленина». - Иваново, 2008. - 98 с.

2. Булгаков А. А. Частотное управление асинхронными двигателями / А. А. Булгаков. – М.: Энергоиздат, 1982. – 216 с.

3. Сабинин Ю. А. Частотно-регулируемые асинхронные электроприводы / Ю. А. Сабинин, В. Л. Грузов. – Л.: Энергоатомиздат, 1985. – 126 с.
4. Эпштейн И. И. Автоматизированный электропривод переменного тока / И. И. Эпштейн. – М.: Энергоиздат. – 1982. – 192 с.
5. Фираго Б. И. Теория электропривода / Б. И. Фираго, Л. Б. Павлячик. – М.: Техноперспектива, 2007. – 588 с..
6. Фираго Б. И / Расчёты по электроприводу производственных машин и механизмов: учебное пособие. – Минск: Техноперспектива, 2012. –639с.
7. Прищепов М. А. Расчёт статических характеристик асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором в двигательном и генераторном режимах при частотном регулировании скорости и стабилизации потока возбуждения статора/ М. А. Прищепов, Д. М. Иванов, Е. М. Прищепова // Агропанорама, 2016. - №6. – с.20-30.
8. Чернышев А. Ю., Дементьев Ю. Н., Чернышев И. А. Электропривод переменного тока: учебное пособие; Томский Политехнический Университет. - Томск: Издательство Томского Политехнического университета, 2011. - 203 с.
9. Прищепов М. А. Расчёт параметров схемы замещения асинхронных двигателей по каталожным данным и построение их естественных механических и электромеханических характеристик / М. А. Прищепов, Е. М. Прищепова, Д. М. Иванов //Агропанорама. – 2016. – №5. – С. 20-32.
10. Асинхронные двигатели каталог ОАО «Могилёвский завод «Электродвигатель» [Электронный ресурс]. –Режим доступа: http://www.mez.by. – Дата доступа: 15.01.2018г.

РОЗРАХУНОК МЕХАНІЧНИХ І ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК АСИНХРОННИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ У ДВИГУННОМУ ТА ГЕНЕРАТОРНОМУ РЕЖИМАХ ПРИ ЧАСТОТНОМУ КЕРУВАННІ

Прищепов М. О., Прищепова О. М., Іванов Д. М.

Анотація - у статті розглянуті питання, що стосуються частотно-регульованого асинхронного електроприводу. Наведено основні статичні закони частотного управління (закон сталості потокозчеплення статора, закон сталості потокозчеплення кола намагнічування, закон сталості потокозчеплення ротора). Для найбільш широко поширених законів стабілізації потокозчеплення статора, ротора, взаємоіндукції розроблені детальні алгоритми розрахунку статичних характеристик АД і проведено їх порівняння. Алгоритм розрахунку механічних і електромеханічних характеристик асинхронного двигуна при частотному регулюванні для Ψ_2=const за методикою Фіраго Б.І. В алгоритмі розрахунок

характеристик асинхронного двигуна проводиться на робочій ділянці механічної характеристики від 2 $M_н$ до -2 $M_н$, тобто при зміні відносного моменту μ от 2 до -2. Виконані розрахунки показали, що при обмеженні струму статора в межах 1…1,5 $I_{1н}$ асинхронний двигун розвиває максимальний момент при керування за законом Ψ_2= const. Наступні значення максимального моменту при законах керування Ψ_m= const та Ψ_1= const відповідно менші. Для цих законів побудовані механічні та електромеханічні характеристики для номінального режиму роботи на прикладі двигуна АИР160S2. Різниця моментів, котрі розвиваються незначна. Механічні характеристики асинхронного двигуна при однаковому обмеженні струму статора у вказаних межах практично ідентичні. На основі приведених розрахунків робиться висновок про те, що при розробці методики розрахунку частотно-регульованого асинхронного електроприводу для виробничих механізмів, розрахунок механічних і електромеханічних характеристик у межах вказаного діапазону зміни струму статора може здійснюватися при будь-якому законі стабілізації потоку збудження асинхронного двигуна.

CALCULATION OF MECHANICAL AND ELECTROMECHANICAL CHARACTERISTICS OF ASYNCHRONOUS ELECTRIC MOTORS IN MOTOR AND GENERATOR MODES AT FREQUENCY CONTROL

M. Pryshchepau, E. Pryshchepova, D. Ivanov

Summary

The article deals with questions relating to variable-frequency electric drive. The basic static laws of frequency control are listed (the law of constancy of the stator flux linkage, the law of constancy of the flux linkage of the magnetization chain, the law of constancy of the rotor flux linkage). For the most widespread laws of stabilization of the flow coupling (stator, rotor, mutual induction), detailed algorithms have been developed for calculating the static characteristics of an asynchronous motor and compared them.. Algorithm for calculating the mechanical and electromechanical characteristics of arterial pressure in frequency regulation for Ψ_2=const according to the Firago B.I. method. In the algorithm, the calculation of the characteristics of an asynchronous motor is carried out on the working section of the mechanical characteristic from 2 M_n to -2 M_n, i.e. when changing the relative moment μ from 2 to -2.. The calculations showed that when the stator current is limited to 1…1.5 I_{1n}, the asynchronous motor develops the greatest moment, which is controlled by the law Ψ_2 = const and according to the laws Ψ_m = const and Ψ_1 = const. For these laws, mechanical and electromechanical characteristics for the nominal operating mode are built using the example of an АИР160S2.. The difference in points that develop is negligible. The mechanical characteristics of the asynchronous motor with the same stator current limit in the specified limit are almost identical. Based on the data obtained, the conclusion is that when developing methods for calculating a frequency-controlled asynchronous electric drive for production mechanisms, the calculation of mechanical and electromechanical characteristics within the specified range of stator current variation can be performed with any law of stabilization of the asynchronous motor's excitation flow.

Keywords: induction motor, variable frequency drives, artificial characteristics, stabilization of the flow excitation, the calculation algorithm.

УДК 662.756.3 DOI: 10.31388/2220-8674-2018-2-24

РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ОБРОБКИ СУМІШЕВОГО БІОПАЛЬНОГО

Кушлик Р. Р., к.т.н.,
Кушлик Р. В., к.т.н.,
Назаренко І. П., д.т.н.
Таврійський державний агротехнологічний університет
Тел.: (0619)42-11-52

Анотація **–** розроблено електротехнологічний комплекс, який призначений для обробки сумішевого біопального ультразвуком і НВЧ електромагнітним полем в пропорціях 90%ДП+10%МЕРО, 80%ДП+20%МЕРО, 70%ДП+30%МЕРО з метою покращення його функціональних властивостей. На основі проведених досліджень розроблено технічні вимоги до електротехнологічного комплексу.

По функціональному призначенню комплекс складається із трьох основних частин: блоку перемикачів режимів роботи, НВЧ електромагнітного блоку, ультразвукового блоку. Основними елементами НВЧ блоку є високовольтний мережевий трансформатор, випрямляч, блок подвоєння напруги, магнетрон, антена вентилятор. Основними елементами ультразвукового блоку є ультразвуковий генератор, магнітостриктор, блок підмагнічування, трансформатор, випрямляч. В роботі приведено методику визначення параметрів обмотки магнітострикційного перетворювача для вибору до нього ультразвукового генератора, яка заключається в наступному: визначається резонансна частота для пакету з прямокутних пластин, кількість витків обмотки збудження та підмагнічування, магнітна індукція збудження, коефіцієнт електромеханічного зв'язку, площа основи камери, потужність в камері, опір навантаження, напруга на навантаженні і на генераторі.

Ключеві слова **- дизельне пальне, метиловий ефір ріпакової олії, сумішеве біопальне, електротехнологічний комплекс, ультразвук, надвисокочастотне електромагнітне поле, магнітостриктор.**

Постановка проблеми. Відсутність в Україні достатньої кількості власних запасів нафтових палив приводить до необхідності реструктуризації паливно-енергетичного комплексу [1]. Одним із напрямків в даній області є застосування сумішевого мінерально–рослинного пального, яке складається із метилового ефіру ріпакової олії (МЕРО) і дизельного пального (ДП). Одночасна обробка сумішевого біопального ультразвуком і НВЧ електромагнітним полем при високих концентраціях МЕРО, може привести до покращення його функціональних властивостей.

© Кушлик Р. Р., Кушлик Р. В., Назаренко І. П.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз установок та пристроїв для виробництва сумішевого біопального показує, що вони мають ряд серйозних недоліків. Так в роботах Бурякова А. С., Лискутіної А. П, Малахова К. С., Шматок О. І., Фокіна Р. В., Громакова А. В., Кіреєва Н. С., та інших дослідників показано, що основні із них, це: неможливість проведення безперервного процесу, велика маса та габарити, недостатньо якісне перемішування суміші, малий термін зберігання приготовленого біопального, його розшарування.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). В статті поставлена задача розробити технічні вимоги до електро-технологічного комплексу, його структурну і функційну схеми.

Основні матеріали дослідження (основна частина).

На основі проведених досліджень впливу ультразвуку і НВЧ електромагнітного поля на в'язкість і густину сумішевого біопального. розробка електротехнологічного комплексу повинна задовільняти ряду технічних вимог:

1. Забезпечити зменшення в'язкості сумішевого біопального 90%ДП+10%МЕРО, 80%ДП+20%МЕРО, 70%ДП+30%МЕРО при його обробці в електротехнологічному комплексі ультразвуком і НВЧ електромагнітним полем до значень в'язкості, які були отримані на експериментальній установці [2].

2. Передбачити індикацію електротехнологічного комплексу, блоковість конструкцій.

3. Електротехнологічний комплекс повинен забезпечити індивідуальне користування в виробничих умовах, можливість встановлення у взривонебезпечних приміщеннях.

4. Комплекс повинен мати невелику вартість, простоту в обслуговуванні і ремонті.

З метою покращення функціональних властивостей сумішевого біопального запропоновано електротехнологічний комплекс ультразвукової і НВЧ електромагнітної обробки біопального, структурна схема якого представлена на рис. 1.

По функціональному призначенню електротехнологічний комплекс складається із трьох основних частин: блоку перемикачів режимів роботи; НВЧ електромагнітного і ультразвукового блоків.



Рис. 1. Схема структурна електротехнологічного комплексу

На рис. 2 представлена схема електрична функційна електротехнологічного комплексу.

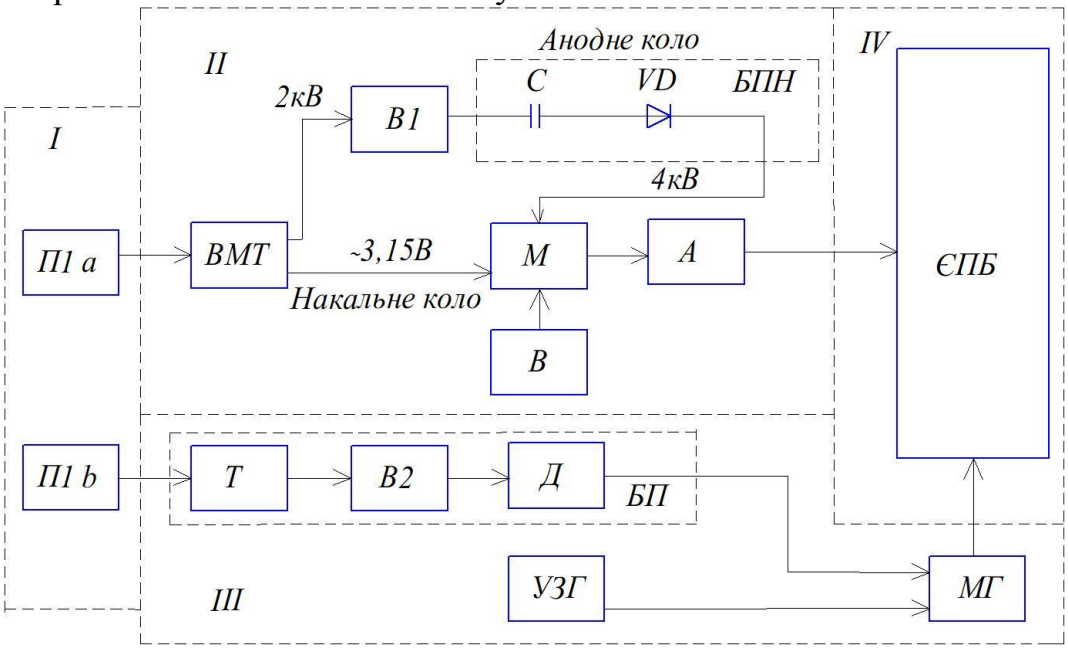


Рис. 2. Схема електрична функційна електротехнологічного комплексу. I – блок перемикачів режиму роботи;
II – НВЧ електромагнітний блок; III – ультразвуковий блок;
IV – НВЧ камера для обробки біопального; П1a,b – перемикач режимів роботи; ВМТ – високовольтний мережевий трансформатор;
В1– випрямляч; С – високовольтний конденсатор;
VD – високовольтний діод; БПН – блок подвоєння напруги;
М – магнетрон; А – антена; В – вентилятор; Т – трансформатор;
В2 – випрямляч; Д – дросель; БП – блок підмагнічування;
УЗГ – ультразвуковий генератор; МГ – магнітостриктор;
ЄПБ - ємність для обробки біопального.

НВЧ електромагнітний блок включає в себе високовольтний трансформатор 1, до первинної обмотки якого підводиться змінна напруга 220В. З однієї із вторинних обмоток знімається напруга 3,15В, яка підводиться до розжарювальної обмотки магнетрона.

З другої вторинної обмотки високовольтного трансформатора ВМТ через високовольтний конденсатор С і високовольтний діод VD знімається постійна напруга 4 кВ, яка призначена для живлення анода магнетрона. Струм анода невеликий і складає до 300 мА.

Високовольтний конденсатор С має вбудований резистор, який служить для розряду конденсатора після вимкнення НВЧ пристрою. Високовольтний діод VD є комбінованим елементом і складається з цілої низки послідовно включених діодів. Це дозволяє складеному діоду працювати з високою напругою.

Головним елементом НВЧ електромагнітного блоку є магнетрон М. Це особлива вакуумна лампа, що генерує надвисокочастотне випромінювання. Камера для обробки сумішевого біопального виготовлена з металу, яка покрита фарбою "під емаль".

Електронно–акустичний блок III включає в себе ультразвуковий генератор УЗГ і блок підмагнічування БП до складу якого входяь трансформатор напруги Т, випрямляч В2 і дроссель Д, які підключені до магнітостриктора МГ.

Завданням розрахунку потужності ультразвукового генератора є визначення параметрів обмотки магнітострикційного перетворювача і вибір до нього ультразвукового генератора.

На рис.3. представлено форму і розмір двох стержньового пакету магнітострикційного перетворювача ПМС.

Методика розрахунку. Резонансна частота (частота ультразвуку) для пакету з прямокутних пластин визначається, як

$$f = \frac{C}{2h}, \qquad (1)$$

де С - швидкість ультразвуку для пакету магнітострикційного перетворювача, м/с

Кількість витків обмотки збудження та підмагнічування розраховується по наступній формулі:

$$n = \frac{H_0 \cdot e}{I}, \qquad (2)$$

Визначаємо магнітну індукцію збудження:

$$B = \frac{U_н}{4{,}44 \cdot f \cdot S \cdot n}, \qquad (3)$$

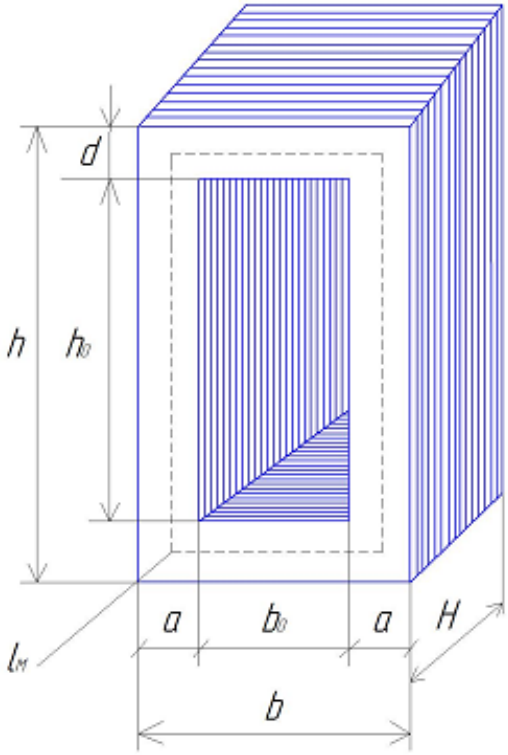


Рис. 3. Форма і розмір двох стержньового пакету магнітострикційного перетворювача ПМС: a, h_0 – ширина і активна довжина магнітострикційних стержнів, b_0 – ширина вікна, h, b, H – висота, ширина і товщина пакету, a – ширина накладки, $l_м$ – довжина середньої лінії магнітного поля в пакеті

Визначаємо коефіцієнт електромеханічного зв'язку

$$\varphi = \frac{\lambda_м}{\omega \cdot n}, \tag{4}$$

Визначаємо площу основи камери

$$S = K\frac{П \cdot t}{l}, \tag{5}$$

де К – коефіцієнт ефективного об'єму камери;

П – продуктивність, $\frac{м^3}{хв}$;

t – час знаходження зразка в камері (час обробки);

l – висота камери обробки, см.

Визначаємо потужність в камері

$$P = S \cdot I, \tag{6}$$

Опір навантаження, який приведений до електричних величин

$$Z_{EH} = \frac{Z_H^!}{\varphi^2}, \quad (7)$$

де $Z^1_н$ - акустичний опір навантаження.

Визначаємо напругу на навантаженні

$$U = \sqrt{P \cdot Z_{EH}}, \quad (8)$$

Визначаємо напругу на генераторі при $\eta_{MA} = 50\%$

$$U_Г = 2 \cdot U \quad (9)$$

Висновки. Недоліком практично всіх існуючих технологій обробки сумішевого біопального є використання ємнісних апаратів з перемішуючими пристроями, у яких неможлива суттєва інтенсифікація тепломасообмінних процесів. Для отримання якісного біодизельного пального розроблено схеми електричні структурну і функційну електротехнологічного комплексу, визначено параметри обмотки магнітострикційного перетворювача.

Електротехнологічний комплекс дозволяє проводити обробку сумішевого біопального ультразвуком і НВЧ електромагнітним полем з метою покращення функціональних властивостей біопального.

Література

1. Семенов В. Г. Производство и применение биодизельного топлива в Украине / В. Г. Семенов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2007. – № 5. – С. 7-8.

2. Research into effect of ultrasonic, electromagnetic and mechanical treatment of blended biodiesel fuel on viscosity / R. Kushlyk, I. Nazarenko, R. Kushlyk, V. Nadykto // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2017. – № 2/1 (86). – С. 34-41.

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ОБРАБОТКИ СМЕСЕВОГО БИОТОПЛИВА

Кушлык Р. Р., Кушлык Р. В., Назаренко И. П.

Аннотация

Разработан электротехнологический комплекс, который предназначен для обработки смесевого биотоплива ультразвуком и СВЧ электромагнитным полем в пропорциях 90%ДП+10%МЕРО, 80%ДП+20%МЕРО, 70%ДП+30%МЕРО с целью улучшения его функциональных свойств. На основе проведенных исследований разработаны технические требования к электротехнологическому комплексу. По функциональному назначению электротехнологический комплекс состоит из трех основных частей: блока переключателей режимов работы, СВЧ электромагнитного блока, ультразвукового блока. Основными элементами СВЧ

блока есть высоковольтный сетевой трансформатор, выпрямитель, блок удваивания напряжения, магнетрон, антенна, вентилятор. Основными элементами ультразвукового блока являются ультразвуковой генератор, магнитостриктор, блок подмагничевания, трансформатор, выпрямитель. В работе приведена методика определения параметров обмотки магнитострикционного преобразователя для выбора к нему ультразвукового генератора, которая заключается в следующем: определяется резонансная частота для пакета из прямоугольных пластин, количество витков обмотки возбуждения и подмагничевания, магнитная индукция возбуждения, коэффициент электромеханической связи, площадь основы камеры, мощность в камере, сопротивление нагрузки, напряжение на нагрузке и на генераторе.

DEVELOPMENT ELECTRO-TECHNOLOGICAL COMPLEX FOR TREATMENT OF THE BLENDERIZED BIOPROPELLANT

R. Kushlyk, R. Kushlyk, I. Nazarenko

Summary

An electro-technological complex that is intended for treatment of blenderized biofuel an ultrasound and mikrowate elektromagnetik by the electromagnetic field in the proportions of 90% DF +10%MERO is worked out, 80%DF+20%MERO, 70% DF +30%MERO with the purpose of improvement of his functional properties. On the basis of undertaken studies technical requirements are worked out to the electro-technological complex. On the functional setting an electro-technological complex consists of three basic parts: block of switches of office hours, super-high-frequency electromagnetic block, ultrasonic block. By basic elements super-high-frequency block there is a high-voltage network transformer, rectifier, block of doubling of tension, magnetron, aerial, ventilator. The basic elements of ultrasonic block are an ultrasonic generator, magnetostrictor, block of, to magnetize, transformer, rectifier. Methodology over of determination of parameters of puttee of magnetostriction transformer is in-process brought for a choice to him ultrasonic generator, that consists in the following: resonant frequency is determined for a package from rectangular plastins, amount of coils of puttee of excitation and to magnetize, magnetic induction of excitation, coefficient of electromechanics connection, area of basis of chamber, power in a chamber, resistance of loading, tension on loading and on a generator.

Keywords: diesel fuel, rapeseed oil methyl ester, blended biofuel, electrotechnical complex, ultrasound, ultrahigh-frequency electromagnetic field, magnetostrictor.

УДК 631.234:628.8 DOI: 10.31388/2220-8674-2018-2-25

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ТА КЕРУВАННЯ МІКРОКЛІМАТОМ У ТЕПЛИЦІ

Діордієв В. Т., д.т.н.,
Кашкарьов А. О., к.т.н.,
Діордієв О. О.
Таврійський державний агротехнологічний університет
E-mail: diovlatr@ukr.net
Тел.: +38(067)-761-57-21

Анотація **–**У статті вирішується проблема прийняття рішень у задачах моніторингу та керування температурно-вологісним режимом споруди закритого ґрунту на основі стаціонарно встановлених датчиків. Виділено два принципи моніторингу розподілених параметрів мікроклімату у спорудах закритого ґрунту: на основі точкових вимірювань стаціонарно встановленими датчиками, на основі мобільних електротехнічних вимірювальних комплексів. Акцентована увага на ролі інформаційних технологій для визначення поточних та прогнозних значень контрольованих параметрів мікроклімату методами математичного моделювання. Аналіз доробку вітчизняних і закордонних вчених дозволив запропонувати систему моніторингу та управління параметрами мікроклімату, яка реалізує два принципи управління: децентралізований та централізований. Збір даних базується на статистичній оцінці математичного очікування вибірки показань датчиків, які вимірюють однотипні параметри, але мають різне розташування. Реалізація прийняття рішення спирається програмований-логічний контролер або комп'ютером на основі обробки даних про значення температури (вологості) - у кожній із умовних зон об'єкту. Критерієм вибору регулювальних дій є отримання значення дисперсії. Значення критерію визначається з урахуванням особливостей споруди закритого ґрунту та технологічного процесу: матеріал укриття, внутрішній об'єм, етап технологічного процесу, спосіб реалізації опалення.

Ключові слова **– мікроклімат, теплиця, автоматична система керування, розподілені дані, Arduino.**

Постановка проблеми. Врожайність тепличних культур суттєво залежить від параметрів мікроклімату, який на ранніх етапах розвитку рослин може суттєво їх пошкодити та сприяти розвитку хвороб [1]. Тому створення оптимального мікроклімату у теплицях, парниках та інших спорудах закритого ґрунтує необхідною умовою для забезпечення високої якості врожаю[2]. Крім того, дотримання параметрів мікроклімату має вагомий вплив на строк експлуатації будівель і технологічного обладнання, забезпечуються умови праці

© Діордієв В.Т., Кашкарьов А.О., Діордієв О.О.

обслуговуючого персоналу. Але при розробці систем мікроклімату слід враховувати притаманні їм певні особливості[1, 3]:

1) залежність основних параметрів (температури, вологості, швидкості руху повітря і т.п.) від зовнішніх та внутрішніх впливів, які змінюються як на протязі доби, так і в різні періоди року;

2) наявність технологічного зв'язку систем мікроклімату із біологічними об'єктами.

3) розосередженість у широких межах параметрів, які контролюються і регулюються як по об'єму, так і у часі.

Наведені особливості знаходять своє відображення у формуванні концепції та структури сучасної автоматичної системи керування (АСК)параметрами температурно-вологісного режиму [3].

Тому, враховуючи складність процесу оптимізації мікроклімату, обумовлену наявністю багатьох збурюючих впливів і необхідністю безперервного контролю і управління об'єктом, ефективне функціонування таких систем можливо лише при їх автоматизації.

Аналіз останніх досліджень. Сьогодні можна виділити два принципи моніторингу розподілених параметрів мікроклімату у спорудах закритого ґрунту: на основі точкових вимірювань стаціонарно встановленими датчиками [2], на основі мобільних електротехнічних вимірювальних комплексів [4]. Також слід акцентувати увагу на впровадженні інформаційних технологій для отримання визначення поточних та прогнозних значень контрольованих параметрів мікроклімату методами математичного моделювання [5].

У результаті аналізу доробку вітчизняних[1, 2, 5] і закордонних [4] вчених, нами запропонована система моніторингу та управління параметрами мікроклімату, яка реалізує два принципи управління: децентралізований та централізований. Оскільки така АСК має спрощену структуру, то її можна використати для моніторингу і управління мікрокліматом у тепличних господарствах сімейного типу (рис. 1).



Рис.1. АСК мікрокліматом. Схема структурно-функціональна.

Формулювання цілей статті. Розробка алгоритму прийняття рішень у задачах керування та моніторингу за температурно-вологісним режимом споруди закритого ґрунту на основі стаціонарно встановлених датчиків.

Основні матеріали дослідження. Принцип керування обирається автоматично програмованим-логічним контролером або комп'ютером на основі обробки даних про значення температури (вологості) - у кожній із умовних зон приміщення. Критерієм вибору способу регулювання є отримання значення дисперсії (D^2), що визначається по одній з формул [6]:

$$D^2 = \frac{1}{N-1}\sum_{i=1}^{N}\left(T_i - \overline{T}\right)^2, \text{ або } D^2 = \frac{1}{N-1}\left[\sum_{i=1}^{N} T_i^2 - N\cdot\overline{T}^2\right],$$

де **N** - число зон приміщення (у нашому випадку **N**=5);

$\mathbf{T_i}$, **T** - значення температури відповідно у кожній з зон та в середньому по приміщенню.

Критеріальне значення визначається з урахуванням особливостей споруди закритого ґрунту: матеріал укриття, внутрішній об'єм, етап технологічного процесу, спосіб реалізації опалення. Вибір принципу управління здійснюється комп'ютером за певним алгоритмом (рис. 1). Такий підхід дозволяє формалізувати задачі моніторингу на базі бюджетних засобів автоматизації (Arduino, TexasInstruments, ST).

Розроблена АСК мікрокліматом на базі Arduino здійснює моніторинг температури і вологості за допомогою вимірювальних перетворювачів в кожній із п'яти умовних зон приміщення. Система відображає стан та дозволяє імітації управління системи опалення, вентиляції і зволоження.

Приймаємо, що система опалення складається з електрокалорифера. Система вентиляції містить 10 витяжних і один нагнітальний вентилятор. При перевищенні допустимих значень параметрів система переходить в аварійний режим.

Автоматизована система моніторингу і управління мікрокліматом призначена для дискретного контролю вологості і температури в різних точках приміщення, оперативної обробки одержаної інформації і формування керуючих впливів на об'єкт з метою підтримання оптимального мікроклімату. Лабораторна установка складається з п'яти основних модулів, найменування і функціонування схеми з'єднання яких представлені на рис. 2.

Імітатор АСК мікрокліматом використовується для налагодження стенду та відображення стану таких елементів системи: електрокалорифер, нагрівачі, вентилятори, форсунки зволоження, робота датчиків температури та вологості (рис. 3).

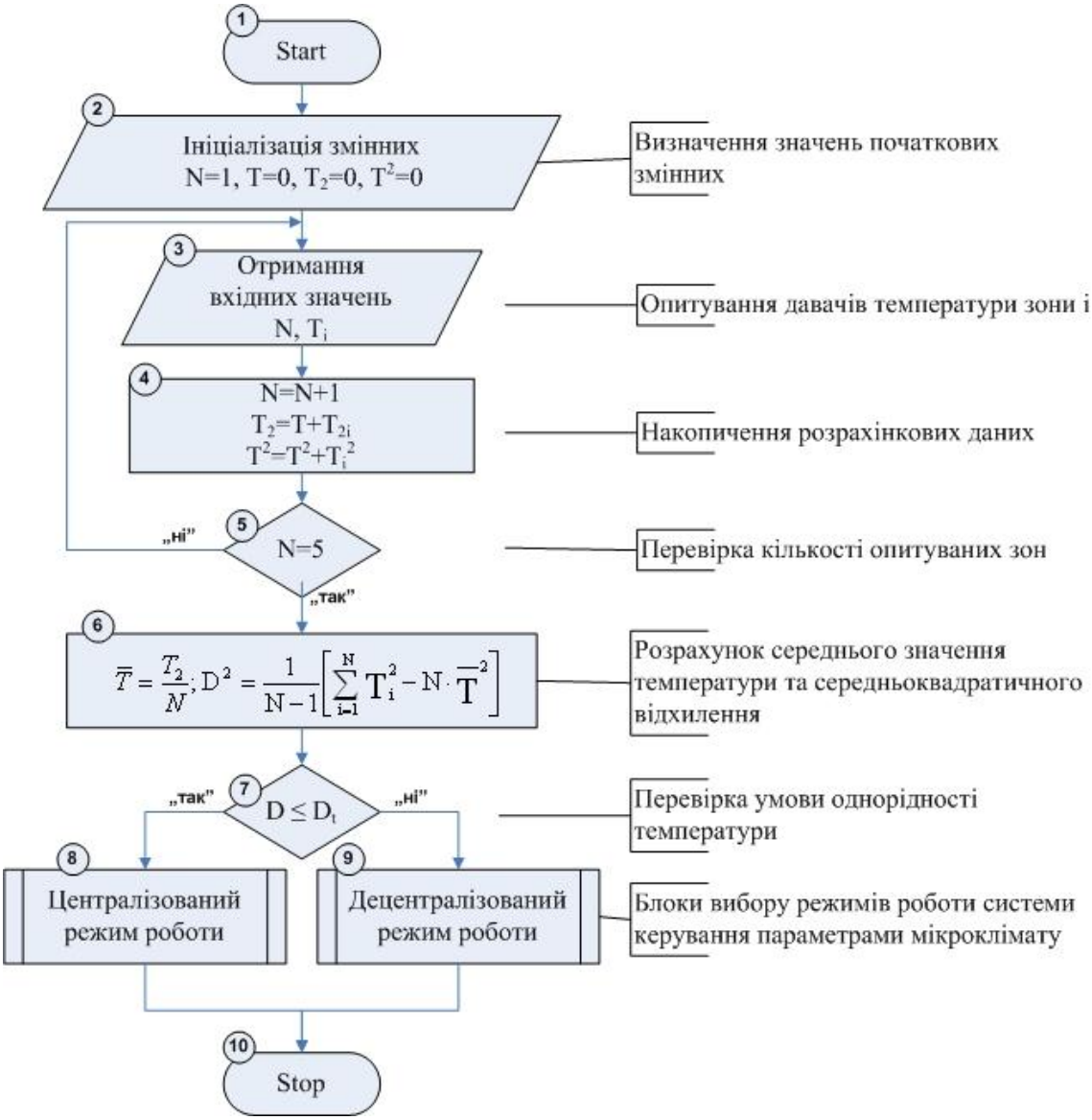


Рис. 2. Блок-схема алгоритму обґрунтування вибору принципу управління мікрокліматом

Імітатор виготовлений у вигляді закінченого функціонального блоку. На його панелі управління розміщені потенціометри, які імітують роботу датчиків температури і вологості в зонах приміщення, а також дозволяють задати початкові значення параметрів мікроклімату та моделювати різні ситуації у ході роботи системи (рис. 3). На цій панелі управління є система сигналізації виконана у вигляді трьох світлодіодів, що показують централізований, децентралізований та аварійний режими роботи. При децентралізованому режимі управління приміщення умовно розбивається на 5 секторів перегородками, позначеними зеленими світлодіодами. Також за допомогою світлодіодів показується робота силового електрообладнання і послідовність опитування датчиків температури та вологості.

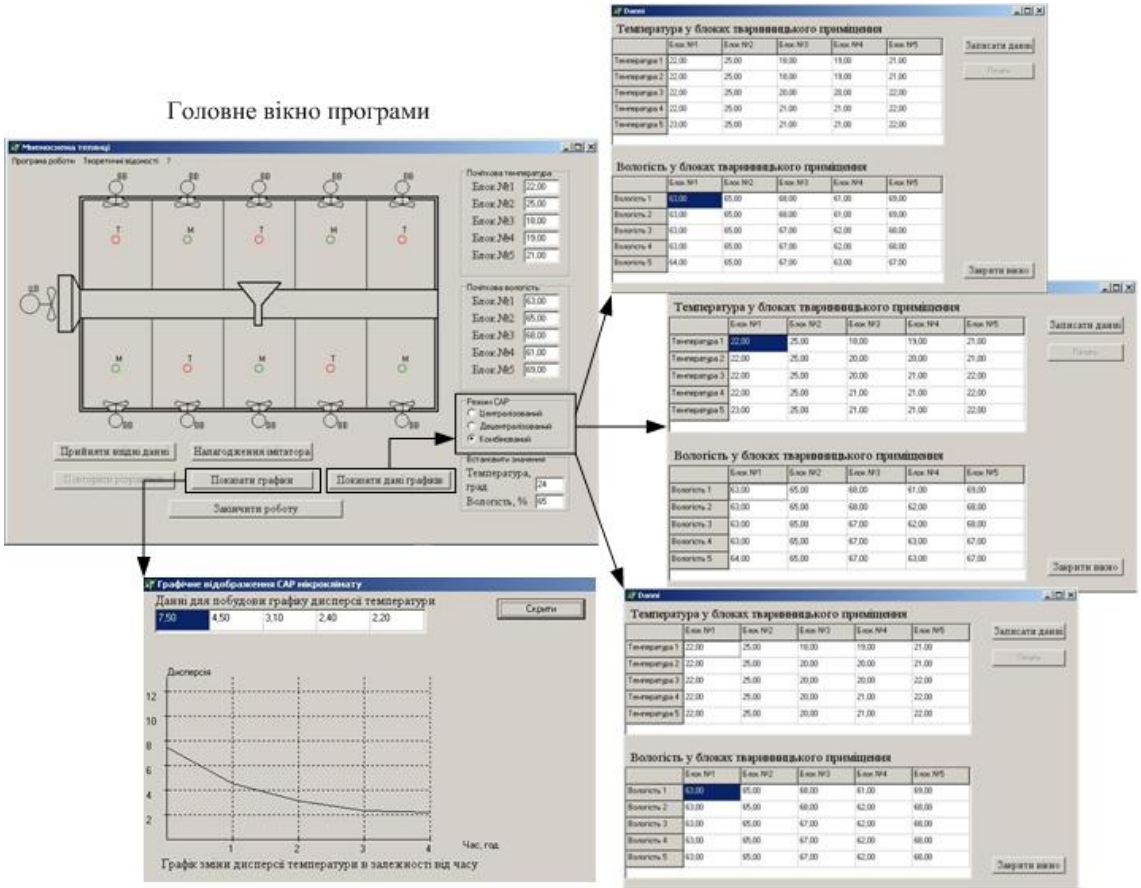


Рис. 3. Робоче вікно програми по налагодженню АСК

Роботою імітатора керує електротехнічний комплекс на основі Arduino (рис. 4), програмне забезпечення якого дозволяє реалізувати функціонування АСУ мікрокліматом у наступних режимах: централізованому, децентралізованому, аварійному.

Оператор за допомогою регуляторів на панелі управління імітатора АСК мікрокліматом має змогу моделювати різноманітні температурні та вологісні режими в приміщенні.

Основними засобами відображення інформації про функціонування автоматизованого об’єкту є імітатор, дисплей і кольоровий графічний термінал (КГТ). Друк даних, передбачених програмою управління об’єктом здійснюється за допомогою принтера та виводиться у файл формату Wordta Excel. Зв’язок з Arduino здійснюється через COM-порт.

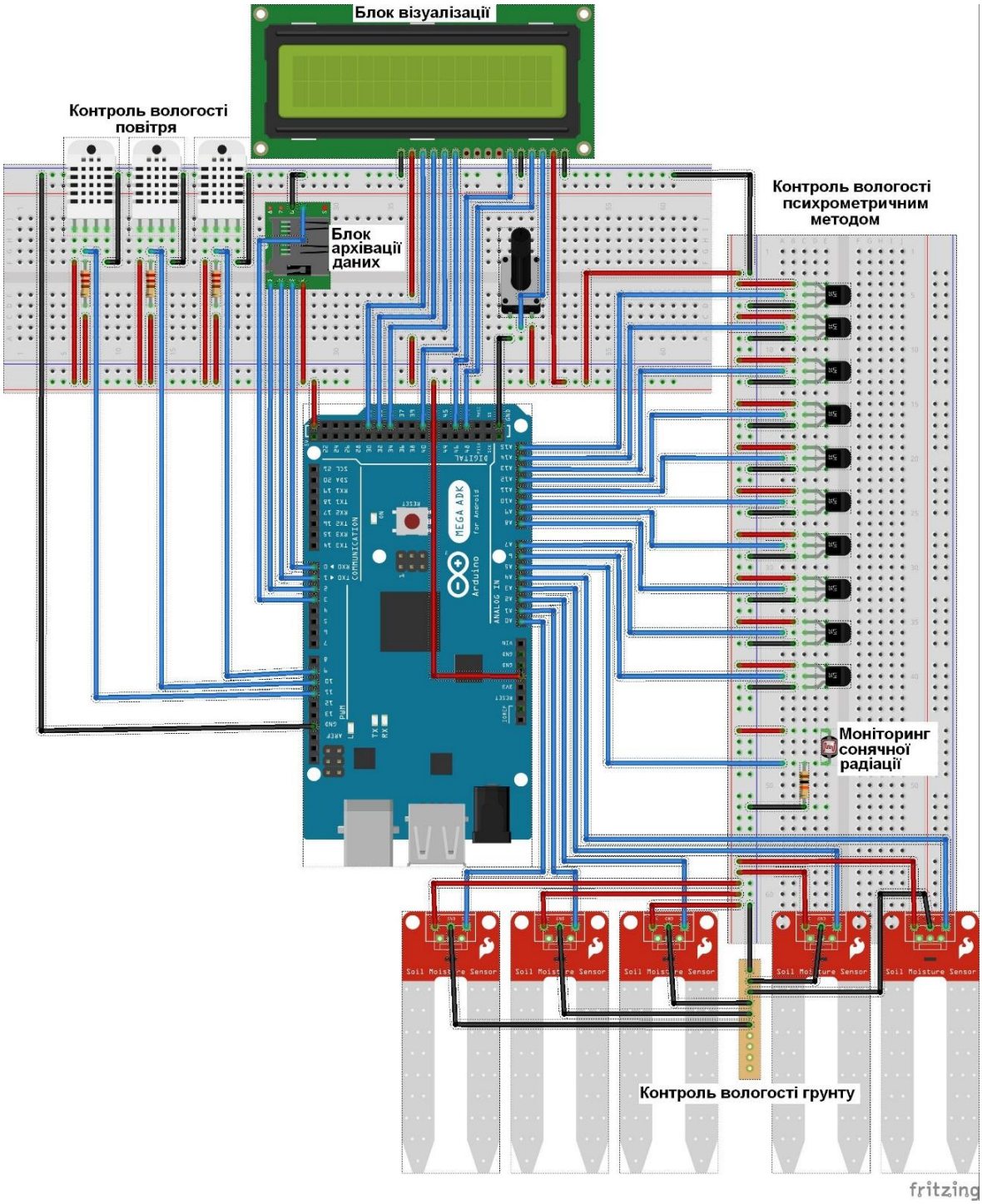


Рис. 4. Система моніторингу розподілених параметрів мікроклімату теплиці на базі Arduino

Вмикання лабораторної установки у мережу здійснити у такий послідовності: комп’ютер, завантаження програми, імітатор АСК, подається живлення на Arduino. При завантаженні програми на екрані монітору з’явиться діалогове вікно, за яким виконується лабораторна робота (рис.2).

Для встановлення потрібних значень температури і вологості у кожній з п’яти зон приміщення, за допомогою відповідних задатчиків, розташованих на панелі управління імітатора, встановити необхідні значення температури і вологості у кожній з п’яти зон приміщення.

Наприклад, з врахуванням вище допустимих діапазонів коливань параметрів мікроклімату, після погодження з викладачем, встановити наступні, наведені у таблиці 1, значення температури і вологості за зонами.

Для знаходження значення дисперсії необхідно натиснути кнопку “Показати графіки”. На моніторі з’явиться вікно на якому буде відображено значення дисперсії температури та побудований графік залежності значення дисперсії температури від часу.

Для одержання результатів моделювання, необхідно натиснути “Показати данні”.

Після обробки програми одержати роздрук з програмованого контролера і побудувати залежності

$$T_i=f(t), \quad W_i=f(t), \quad N_i\%=f(t),$$

де T_i, W_i - поточні значення стосовно температури і вологості з п’яти зон приміщення (надаються в роздруці);

N_i - відсоток потужності, що використовується двигунів вентиляторів (записати з екрана мікроЕОМ);

t - поточне значення часу (зчитується з таймеру дисплея або вимірюється циклами опитування датчиків).

Збір даних базується на статистичній оцінці математичного очікування вибірки показань датчиків, які вимірюють однотипні параметри, але мають різне розташування.

Висновки. Реалізація прийняття рішення спирається програмований-логічний контролер або комп’ютером на основі обробки даних про значення температури (вологості) - у кожній із умовних зон об’єкту. Критерієм вибору регулювальних дій є отримання значення дисперсії. Критеріальне значення визначається з урахуванням особливостей споруди закритого ґрунту: матеріал укриття, внутрішній об’єм, етап технологічного процесу, спосіб реалізації опалення.

Література

1. Бородин И. Ф. Автоматизация технологических процессов / И. Ф. Бородин, Ю. А. Судник. – М.: КолосС, 2004. – 344 с.

2. Решетюк В. М. Вимірювальний електротехнічний комплекс для моніторингу параметрів біометричного стану рослини та мікроклімату в теплиці / В. М. Решетюк, Т. І. Лендєл, Б. В. Куляк // Вісник Харківського національного технічного університету

сільського господарства імені Петра Василенка / ХНТУСГ ім. П. Василенка. – Харків, 2016. – Вип. 176. – С. 51-53.

3. Діордієв В. Т. Автоматизація процесів виробництва комбікормів в умовах реформованих господарств АПК : навчальний посібник/ В. Т. Діордієв. – Сімферополь: Доля, 2004. – 138 с.

4. Martinovic, G., Simon J. (2014). Greenhouse microclimatic environment controlled by a mobile measuring station.*NJAS – Wageningen Journal of Life Sciences,70-71*, 61-70. doi.org/10.1016/j.njas.2014.05.007

5. Сабо А. Г. Імітаційне моделювання роботи енергоощадної САУ опроміненням рослин [Електронний ресурс] / А. Г. Сабо, О. М. Речина // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету / ТДАТУ. – Мелітополь, 2017. – Вип. 7, т. 1. – С. 212-218. – Режим доступу: http://nauka.tsatu.edu.ua/e-journals-tdatu/V7T1.html

6. Опря А. Т. Математична статистика / А. Т. Опря. – К.:Урожай, 1994. – 208 с.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ МИКРОКЛИМАТОМ В ТЕПЛИЦЕ

Диордиев В. Т., Кашкарёв А. А., Диордиев А. А.

Аннотация

В статье рассмотрена проблема принятия решений в задачах мониторинга и управления температурно-влажностным режимом сооружения закрытого грунта на основе стационарно установленных датчиков. Выделены два принципа мониторинга распределенных параметров микроклимата в сооружениях закрытого грунта: на основе точечных измерений стационарно установленными датчиками, на основе мобильных электротехнических измерительных комплексов. Акцентировано внимание на роли информационных технологий для определения текущих и прогнозных значений контролируемых параметров микроклимата методами математического моделирования. Анализ работ отечественных и зарубежных ученых позволил предложить систему мониторинга и управления параметрами микроклимата на основе бюджетных средств автоматизации, которая реализует два принципа управления: децентрализованный и централизованный. Сбор данных базируется на статистической оценке математического ожидания выборки показаний датчиков, которые измеряют однотипные параметры, но имеют различное расположение. Реализация принятия решения опирается на программируемый логический контроллер или компьютер на основе обработки данных о значении температуры (влажности) - в каждой из условных зон объекта. Критерием выбора регулировочных действий является получение значения дисперсии. Критериальное значение определяется с учетом особенностей сооружения закрытого грунта: материал укрытия, внутренний объем этап технологического процесса, способ реализации отопления.

AUTOMATED MONITORING AND CONTROL SYSTEM FOR MICROCLIMATE OF THE GREENHOUSE

V. Diordiiev, A. Kashkarov, A. Diordiiev

Summary

The article deals with the problem of decision making in the tasks of monitoring and controlling the temperature and humidity conditions of a greenhouse based on permanently installed sensors. Two principles of monitoring the distributed parameters of the microclimate in greenhouses are highlighted: on the basis of point measurements by permanently installed sensors, on the basis of mobile electrical measuring systems. Attention is focused on the role of information technology to determine the current and predicted values of the monitored microclimate parameters using mathematical modeling methods. Analysis of the work of domestic and foreign scientists has allowed to offer a system for monitoring and managing microclimate parameters based on budgetary automation tools, which implements two management principles: decentralized and centralized. Data collection is based on a statistical evaluation of the expectation of a sample of sensor readings, which measure parameters of the same type, but have different locations. Decision making is based on a programmable logic controller or a computer based on processing data about the temperature (humidity) value - in each of the object's conditional zones. The criterion for choosing adjustment actions is to obtain the value of the variance. The criterion value is determined taking into account the peculiarities of the construction of a greenhouse: the shelter material, the internal volume of the process stage, the method of heating.

Keywords: microclimate, greenhouse, automatic control system, distributed data, Arduino.

УДК 631.171:681.3 DOI: 10.31388/2220-8674-2018-2-26

ЛОКАЛЬНА СИСТЕМА ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА НА ОСНОВІ СТЕРЕОЗОРУ

Кашкарьов А. О. , к.т.н.
Таврійський державний агротехнологічний університет
E-mail: anton.kashkarov@tsatu.edu.ua

Анотація – проаналізовано актуальність систем точного землеробства в сучасних умовах сільськогосподарських підприємств України. На підставі аналізу структури землі сільськогосподарських підприємств України акцентована увага на підприємствах площею від 20 до 500 га, які станом на 2017 рік складають 51,7% підприємств, що здійснюють сільськогосподарську діяльність у галузі рослинництва. Ці підприємства вимагають дешевих інженерних рішень, які реалізують елементи точного землеробства. У результаті аналізу ринкових пропозицій систем точного землеробства, прикладів впровадження прецизійного сільського господарства, наукових та популярних джерел інформації, зосереджена увага на системах машинного спостереження - стереозір. Створення автономних комплексів технічних засобів для реалізації технології машинного зору дозволить: спростити та зменшити вартість впровадження технологій точного землеробства на дрібних підприємствах; локалізувати обчислювальні потужності на мобільному сільськогосподарському обладнанні; забезпечити поетапну реалізацію (автономне визначення ситуації, централізований моніторинг, облік врожайності та палива, моніторинг роботи персоналу). У статті наведено алгоритм визначення позиції спостерігача (машино-тракторного агрегату) з використанням реперних точок відхилення, адаптованих до умов сільськогосподарських підприємств, площа яких сягає 500 га, а також для умов закритого ґрунту. Послідовність визначення відстані до спостерігача на основі стереозору наступна: створення реєстру реперних точок; визначення відстані від спостерігача до принаймні двох реперних точок (відстань до камер спостереження; відстань до середини стереопарної бази); визначення координат спостерігача. Подальша робота спрямована на визначення вимог до мапи поля, що обґрунтовує параметри реєстру реперних точок залежно від поля та умов точності позиціонування.

Ключові слова - **точне землеробство, стереозір, визначення положення, мапа, відкритий ґрунт, закритий ґрунт.**

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Агропромисловий комплекс вимагає бюджетних та ефективних рішень, які сприяють підвищенню рентабельності бізнесу – системи точного землеробства (ТЗ). За допомогою спеціального обладнання поліпшується точність і підвищується ефективність виконаних робіт [1]. Економічний ефект від впровадження ТЗ настає завдяки економії природних і промислових ресурсів, а також ефективного використання робітників і техніки

© Кашкарьов А. О.

[2, 3]. ТЗ опосередковано позитивно впливає на ґрунтову родючість і сприяє екологічній чистоті продукції.

ТЗ реалізується за допомогою сучасних технологій – супутникових даних, дронів, курсовказівників або зі звичайними приладами GPS, на підставі яких формуються контури і площі полів, детальні ортофотоплани, матриці рельєфу, контролюється траєкторії руху машино-тракторних агрегатів [1]. Ряд особливостей сучасного ТЗ зумовлює його використання у великих господарствах, які сплачують роботу висококваліфікованих кадрів. Компанія SmartFarming [1] у переліку своїх клієнтів здебільшого має господарства із земельним банком більше 10 000 га (за даними державної служби статистики України таких підприємств станом на 2017 рік 166 або 0,4% від загальної кількості сільськогосподарських підприємств [4]). Слід відзначити, що сільськогосподарські підприємства з площею від 20 га до 500 га складають 51,7 % [4], такі підприємства вимагають більш дешевих рішень, які реалізують елементи ТЗ.

Основними рушійними факторами ТЗ стали [1, 2]: надійні і високопродуктивні засоби механізації; стрімке поширення електроніки та інформаційних технологій; наявність цивільного доступу до технічних засобів та програмного забезпечення глобальних систем позиціонування.

Поширені способи реалізації ТЗ та завдання базуються на використанні технічних засобів, які мають достатньо високу вартість та мають певні особливість при впровадженні у роботу господарства (додатково впроваджується хмарне зберігання даних, програмне забезпечення для багатокористувацького доступу до даних) [2, 3]. За даними сайтів з продажу такого обладнання (prom.ua, olx.ua, agrometer.com.ua) вартість, станом на вересень 2018 рік, мінімальної системи заміру поля складає 7,5 тис. грн. (не враховуються вимоги до надійності обладнання). Система більш повної функціональної комплектації - від 15тис.грн. При визначенні вартості обслуговування необхідно враховувати вартість сервісу використання GPS. Саме тому, використання елементів ТЗ в умовах України [1] поширене серед крупних товаровиробників із великим парком сільгосптехніки, які працюють в умовах відкритого ґрунту. Перспективи розширення ринку збуту такої системи полягають спрямованості на дрібні підприємства, та адаптацію до робіти у відкритому та закритому ґрунтах, що суттєво розширює ринок збуту технічних засобів та програмних продуктів. Отже, постає завдання розробки локальної системи точного землеробства для дрібного товаровиробника.

Формулювання цілей статті. Обґрунтувати спосіб визначення положення мобільної техніки в умовах дрібних виробників продукції рослинництва, за умови мінімізації витрат на обслуговування системи

ТЗ, шляхом скорочення витрат на доступу до системи глобального позиціонування, а також технічну та інформаційну локалізацію.

Виклад основного. Серед відомих способів визначення положення об'єктів можна виділити: на основі GSM, радіолокаційні станції, системи машинного зору. У результаті аналізу ринкових пропозицій для впровадження, наукових та науково-популярних джерел, акцентовано увагу на системах машинного зору (МЗ).

Вивчення стану питання дозволяє розглядати можливість позиціонування робочих машин на основі роботи однієї [5, 6], двох та більше камер відеоспостереження (web-камера, IP-камера, екшн-камера) [5, 7, 8, 9]. Відомі роботи, які підкреслюють доцільність та перспективність МЗ у розв'язані задач позиціонування сільськогосподарської техніки на полях [10]. Напрацювання закордонних вчених мають практичні результати для використання МЗ в умовах відкритого ґрунту: визначення перепон на траєкторії руху тракторного засобу [9, 11]; визначення параметрів якості роботи розкидача добрив [12]; якість проростання рядів та їх ідентифікація для автопілоту [13]; оцінка стану рослин [14] та ін.

У бінокулярній системі відстань L між камерами постійна (рис. 1) [5, 14]. Цю відому величину можна використати для визначення відстані та координат спостерігача, що відповідає задачам автономної навігації та картографування мобільних роботів [7, 13]. На рис. 1 схематично показана бінокулярна система, яка містить камери 1 та 2 з паралельною оптичною віссю та однаковими фокусними відстанями F_1 та F_2, які, у певних випадках, можуть відрізнятись.

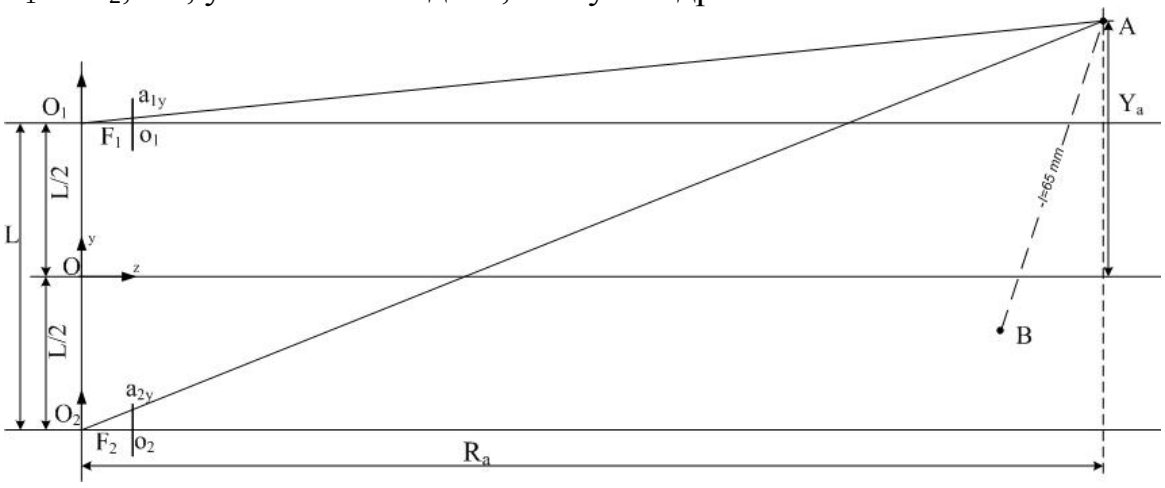


Рис. 1. Схема бінокулярного визначення відстані

Припустимо, на матрицях камер 1 та 2 отримані зображення $\bar{a}_1 = (a_{1x}, a_{1y})$ та $\bar{a}_2 = (a_{2x}, a_{2y})$ точки А. З-за різного положення камер у просторі отриманні зображення точки А мають різні положення.

Для визначення відстані по віссі Y, використовуємо додаткове позначення t_{a1} та t_{a2} – тангенс кута сприйняття точки А матрицями ка-

мер 1 та 2 відповідно по віссі Y. Визначаємо ці тангенси з геометричної подоби трикутників при виконанні пропорцій [5]:

$$\begin{cases} t_{1y} = \dfrac{o_1 a_{1y}}{F_1} = \dfrac{O_1 A}{R} = \dfrac{y_a - L/2}{R} \\ t_{2y} = \dfrac{o_2 a_{2y}}{F_2} = \dfrac{O_2 A}{R} = \dfrac{y_a + L/2}{R} \end{cases} \quad (1)$$

Рішення даної системи має вигляд [5]

$$y_A = \frac{L \cdot (t_{1y} + t_{2y})}{2 \cdot (t_{2y} - t_{1y})} \quad (2)$$

$$R = \frac{L}{t_{2y} - t_{1y}} \quad (3)$$

З отриманих даних можна визначити координату x_a

$$x_a = R \frac{o_1 a_{1x}}{F_1} = R \frac{o_2 a_{2x}}{F_2} \quad (4)$$

Спосіб визначення відстані можна представити через визначення кутів трикутника (рис. 2), сторони якого відповідають відстані до об'єкту та між камерами спостереження [5], в основі якого також буде система рівнянь (1).

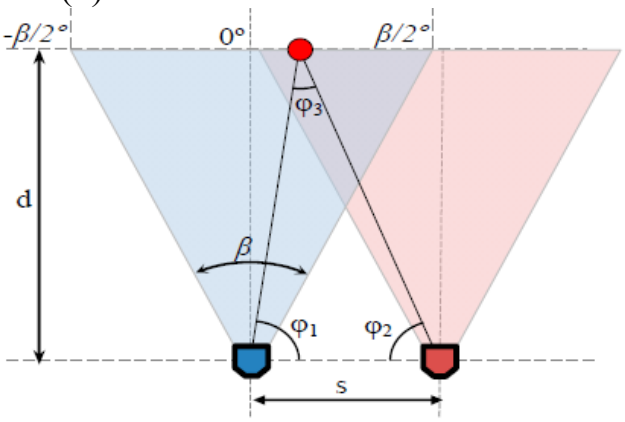


Рис. 2. Схематичне представлення визначення відстані до об'єкту на основі системи стереозору

$$d = \left| \frac{s \cdot \sin\varphi_1 \cdot \sin\varphi_2}{\sin\varphi_3} \right| \quad (5)$$

де d – відстань до об'єкта;

φ_1, φ_2 – відповідні кути між базою камер та відрізками між центром камери та об'єктом;

φ_3 – кут, який утворюється відрізками відстані від об’єкту до камер спостереження.

Визначення багатовимірних показників відстані, за допомогою яких можливо визначити і параметри об’єкта спостереження або рельєф поля, можливо за допомогою вектору положення у вигляді [15]

$$\vec{\rho} = \begin{bmatrix} \rho_x \\ \rho_y \\ \rho_z \end{bmatrix} \approx \begin{bmatrix} \rho_m^x \\ \rho_m^y \\ \rho_m^z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Delta\rho_x \\ \Delta\rho_y \\ \Delta\rho_z \end{bmatrix} = \vec{\rho}_m + \Delta\vec{\rho} \qquad (6)$$

де $\vec{\rho}_m$ - вектор перетворень вимірювань;

$\Delta\vec{\rho}$ - вектор адитивної помилки.

Відповідно до поставленого завдання, отримання інформації про положення точки А не надає можливість визначення координат спостерігача (рис. 3). Для цього, за аналогічним принципом визначимо відстань до точки В.

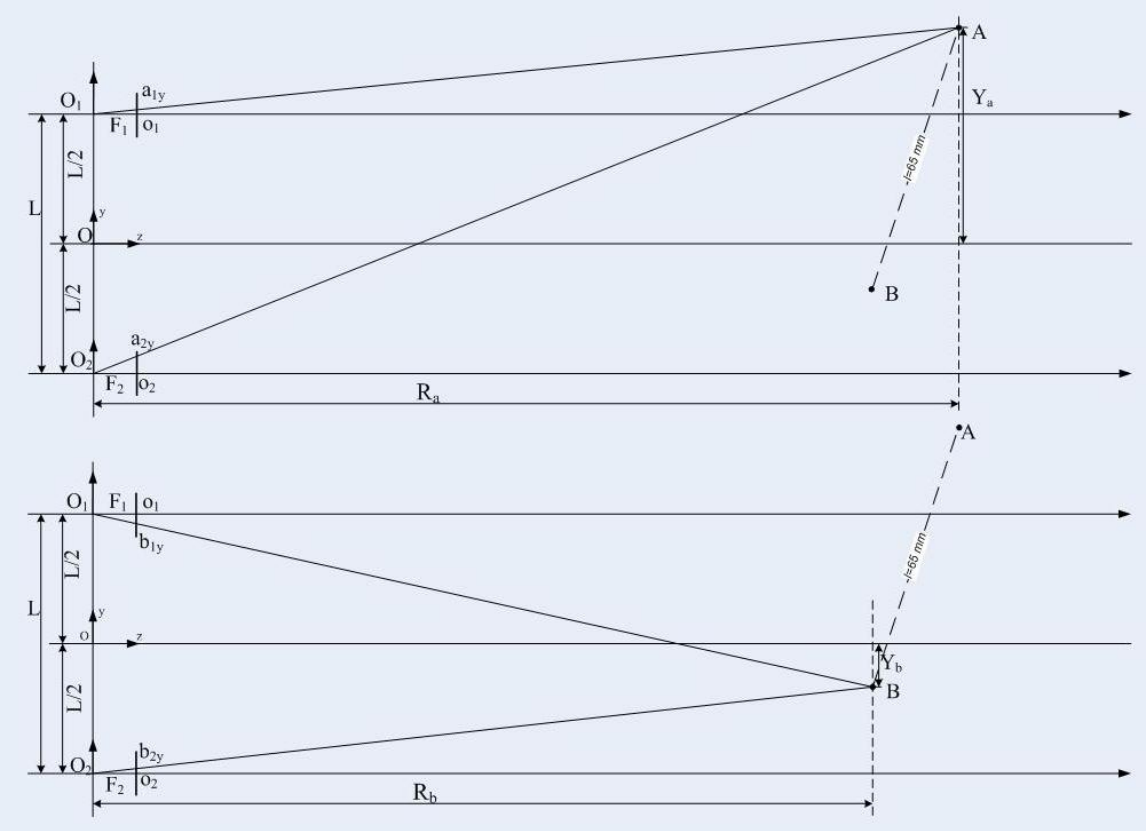


Рис. 3. Схема визначення відстані між двома точками

Для визначення координат точки О (спостерігача) необхідно визначити довжину ОА та ОВ – медіан відповідних трикутників. За відомими формулами їх довжина визначається за виразами:

$$R_{OA} = OA = \frac{1}{2}\sqrt{2(O_1A)^2 + 2(O_2A)^2 - L^2} \quad (7)$$

$$R_{OB} = OB = \frac{1}{2}\sqrt{2(O_1B)^2 + 2(O_2B)^2 - L^2} \quad (8)$$

Визначимо значення відстаней O_1A, O_2A, O_1B та O_2B

$$O_1A = \frac{R_a}{\cos\left(arctg\dfrac{F_1}{o_1a_{1y}}\right)} \quad (9)$$

При відомих координатах на мапі точок A(r_a, y_a) та B(r_b, y_b), задача визначення координат точки О (спостерігача) зводиться до визначення координат вершини трикутника з відомими відстанями ОА та ОВ. Що можливо при розв'язання системи рівнянь

$$\begin{cases} R_{OA} = \sqrt{(r_a - r_o)^2 + (y_a - y_o)^2} \\ R_{OB} = \sqrt{(r_b - r_o)^2 + (y_b - y_o)^2} \end{cases} \quad (10)$$

Виконаємо перетворення

$$\begin{cases} R_{OA}^2 = r_a^2 - 2\cdot r_a \cdot r_0 + r_0^2 + y_a^2 - 2\cdot y_a \cdot y_0 + y_0^2 \\ R_{OB}^2 = r_b^2 - 2\cdot r_b \cdot r_0 + r_0^2 + y_b^2 - 2\cdot y_b \cdot y_0 + y_0^2 \end{cases} \quad (11)$$

На рис. 4 наведена імітаційна модель розв'язання системи рівнянь з використанням Simulink. Роботу моделі та точність розрахунків перевіряємо на прикладі рис. 5. Припускаємо, що точка А та В мають статичні координати (рис. 5). Точка має умовно невідомі координати O(r_o, y_o). Відстані $R`_a$ та $R`_b$ визначаються за властивостями прямих, які відображаються у параметрі «довжина» (рис. 5). Отриманні значення координат, які відображені в модулях Display r_0 та y_0 (рис. 4) відображають місцезнаходження точки «О» - дійсне положення спостерігача.

Слід зазначити, що представлена методика визначення положення за опорними точками може бути використана в умовах закритого ґрунту, що дозволить розширити інформативність мобільних роботів та спростити їх навігацію у теплиці.

Висновки. Створення комплексів технічних засобів для реалізації технології МЗ дозволить розв'язати поставлені завдання, а саме: спростити та знизити собівартість впровадження систем ТЗ, локалізувати обчислювальну потужність на мобільній техніці, забезпечити поетапне впровадження (автономне визначення положення; централізоване спостереження; облік врожайності та палива; контроль роботи

персоналу). Розроблений алгоритм визначення положення з використанням мапи опорних точок адаптований до умов дрібного виробника.

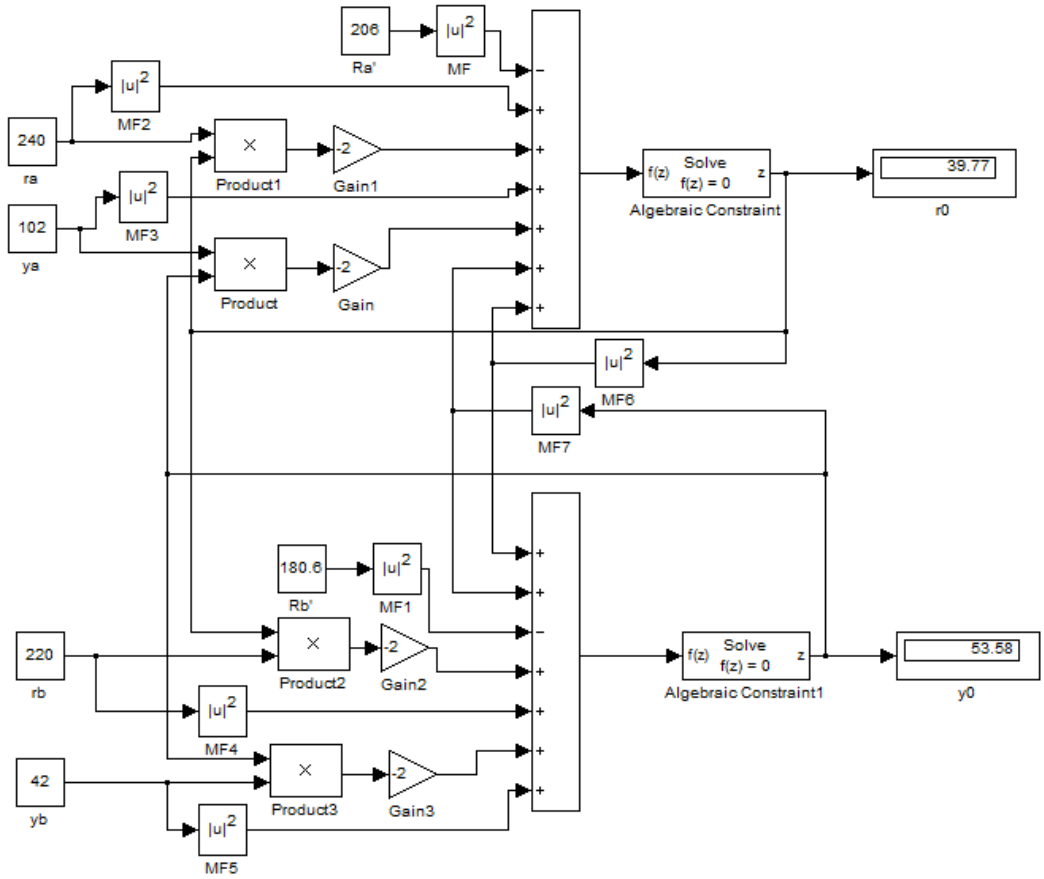


Рис. 4. Імітаційна модель розв'язання системи рівнянь (11) визначення координат спостерігача з використанням Simulink

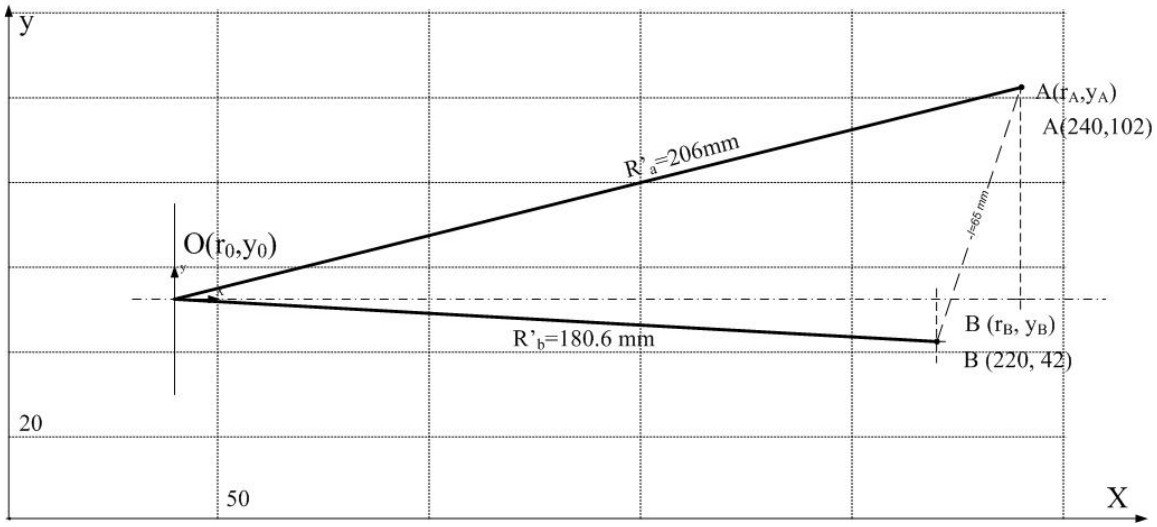


Рис. 5. Схема визначення координат спостерігача у декартовій системі координат

Методика визначення положення спостерігача на основі стереозору:

1. Створення мапи опорних точок;
2. Визначення відстані спостерігача до щонайменше двох опорних точок:
    a. відстань до камер спостереження;
    b. відстань до середньої точки бази;
3. Визначення координати спостерігача.

Слід зазначити, що представлена методика визначення положення за опорними точками може бути використана в умовах закритого ґрунту, що дозволить розширити інформативність мобільних роботів та спростити їх навігацію у теплиці.

Подальша робота спрямована на визначення вимог до мапи поля, обґрунтування розміру бази камер в залежності від мапи опорних точок та вимоги до точності визначення положення.

Література

1. SmartFarming. Офіційна сторінка [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://smartfarming.ua.

2. Броварець О. Клас інформаційно-технічних систем локального оперативного моніторингу [Електронний ресурс] / О. Броварець // Агробізнес сьогодні. – 2018. – 28 серпня. – Режим доступу: http://agro-business.com.ua

3. Циганенко М. Система точного землеробства економить ваші гроші / М. Циганенко, М. Макаренко, М. Макаренко // Пропозиція. – 2017. – № 5. – С. 56-60.

4. Сільське господарство України. Статистичний збірник. 2017 рік. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/publ7_u.htm

5. Саитова Я. А. Точность распознавания расстояний до объектов в системах технического зрения / Я. А. Саитова, Н. И. Гданский // Известия ВолгГТУ. – 2014. – С. 174-177.

6. Стрельцов О. В. Методы определения расстояния до препятствия при движении мобильного робота / О. В. Стрельцов, А. О. Даниленко // Праці Одеського політехнічного університету. – Вип. 2(41). – Одеса, 2013. – С. 238-241.

7. Font, D., Pallejà, T., Tresanchez, M., Runcan, D., Moreno, J., Martínez, D., … Palacín, J. (2014). A Proposal for Automatic Fruit Harvesting by Combining a Low Cost Stereovision Camera and a Robotic Arm. *Sensors, 14*(7), 11557-11579. https:/ doi:10.3390/s140711557

8. Faisal, M., Mathkour, H., Alsulaiman, M., & Zuair, M. (2016). Multi-sensors multi-baseline mapping system for mobile robot using stereovision camera and laser-range device. *Advances in Mechanical Engineering*, *8*(6), 1–18. https:/ doi:10.1177/1687814016654634.

9. Reina, G., & Milella, A. (2012). Towards Autonomous Agriculture: Automatic Ground Detection Using Trinocular Stereovision. *Sensor, 12*, 12405-12423. https:/ doi:10.3390/s120912405.

10. Личман Г. И. Применение систем технического зрения в точном земледелии [Электронный ресурс] / Г. И. Личман, И. Г. Смирнов, А. И. Беленков // Нивы России. – 2017. – № 4 (148). – Режим доступа: http://svetich.info.

11. Steen, K. A., Therkildsen, O. R., Green, O., & Karstoft, H. (2015). Detection of Bird Nests during Mechanical Weeding by Incremental Background Modeling and Visual Saliency. *Sensors*, *15*(3), 5096-5111. https://doi.org/10.3390/s150305096.

12. Cool, S. R., Pieters, J. G., Seatovic, D., Mertens, K. C., Nuyttens, D., Van De Gucht, T. C., & Vangeyte, J. (2017). Development of a Stereovision-Based Technique to Measure the Spread Patterns of Granular Fertilizer Spreaders. *Sensors*, *17*, 1396-1403. https:// doi:10.3390/s17061396.

13. Pajares, G., García-Santillán, I., Campos, Ye., Montalvo, M., Guerrero, J. M., Emmi, L., … Gonzalez-de-Santos, P. (2016). Machine-Vision Systems Selection for Agricultural Vehicles: A Guide *J. Imaging*, *2*(34). https:// doi:10.3390/jimaging2040034

14. Kise, M., & Zhang, Q. (2008). Creating a panoramic field image using multi-spectral stereovision system. *Computers and electronics in agriculture, 60*(1), 67–75. https:// doi:10.1016/j.compag.2007.07.002

15. Shtark, T., & Gurfil, P. (2017). Tracking a Non-Cooperative Target Using Real-Time Stereovision-Based Control: An Experimental Study. *Sensors, 17*(4), 735. https:// doi:10.3390/s17040735

ЛОКАЛЬНАЯ СИСТЕМА ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ НА ОСНОВЕ СТЕРЕОЗРЕНИЯ

Кашкарёв А. А.

Аннотация

Проанализирована актуальность систем точного земледелия в современных условиях сельскохозяйственных предприятий Украины. На основании анализа структуры земель сельскохозяйственных предприятий принято решение рассматривать на предприятия Украины с площадью от 20 до 500 га (по состоянию на 2017 год, таких предприятий, осуществляющих сельскохозяйственную деятельность в сфере растениеводства, 51,7 %). Этим предприятиям требуются дешевые решения, которые реализуют элементы точного земледелия. В результате анализа предложений рынка, примеров внедрения точного земледелия, научных и популярных источников информации, в статье акцентировано внимание на системах машинного зрения - стереозрение. Разработка комплексов технических средств для реализации технологии машинного зрения позволит: упростить и удешевить внедрение технологий точного земледелия на малых предприятиях; локализовать вычислительные мощности на мобильной технике; обеспечить поэтапное внедрение (автономную работу; централизованный мониторинг; учет урожайности и

расхода топлива; контроль работы персонала). В статье показан алгоритм определения местоположения наблюдателя (машинно-тракторного агрегата) с использованием карты реперных точек. Алгоритм адаптирован к условиям сельскохозяйственных предприятий, площадь которых составляет до 500 га, а также можно использовать для тепличных хозяйств. Представлен метод определения расстояния до наблюдателя на основе стереозвука: создание карты реперных точек; определение расстояния от наблюдателя по меньшей мере к двум опорным точкам (расстояние до камер наблюдения; расстояние до средней точки основания стереопары); определение координат наблюдателя. Дальнейшая работа направлена на определение требований к полевой карте, обоснование размеров базы камеры в зависимости от карты реперных точек на поле и условий точности позиционирования.

LOCAL SYSTEMS OF PRECISION AGRICULTURE BASED ON STEREOVISION

A. Kashkarov

Summary

Analyzed the relevance of precision farming systems in the modern conditions of agricultural enterprises of Ukraine. Based on the analysis of land of agricultural enterprises structure accented attention to enterprises with an area of 20 hectares to 500 hectares. They constitute 51.7% of enterprises that carry out agricultural activities in the field of crop production. These enterprises require a cheap engineering solutions that implement elements of precision farming. An analysis of the market proposals for the implementation of precision agriculture, scientific and popular sources of information, focusing on machine vision systems – stereovision. The creation of complexes of technical means for the implementation of machine vision technology will allow: to simplify and reduce the cost of introducing precision farming technologies; localize computing power on mobile agricultural equipment; provide a phased implementation (autonomous determination of the situation; centralized monitoring; accounting of crop yields and fuel; monitoring the work of the staff). The article shows the algorithm determining the position of the observer (vehicle-tractor unit) using reference point map that is adapted to the conditions of the agricultural enterprises, area which cater to 500 m, and for greenhouse facilities. A method for determining the distance to the observer based on stereo vision is presented: the creation of a map of reference points; determining the distance from the observer to at least two reference points (distance to the surveillance cameras; the distance to the midpoint of the stereo pair base); determining the coordinates of the observer. Further work is aimed at determining the requirements for the field map, justifying the size of the camera base, depending on the map of control points on the field and conditions for the accuracy of positioning.

Keywords: precision farming, stereos, location, map, open ground, closed soil.

УДК 621.316.36 DOI: 10.31388/2220-8674-2018-2-27

ВИЗНАЧЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧА НА ОСНОВІ АНАЛОГА ЛЯМБДА-ДІОДА ЗА ДОПОМОГОЮ ВОЛЬТ-АМПЕРНИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Попова І. О., к.т.н.,
Курашкін С. Ф., к.т.н.
Таврійський державний агротехнологічний університет
E-mail: etem@tsatu.edu.ua

Анотація – Під час розробки нових пристроїв діагностування і захисту силового електрообладнання застосовується лямбда-діод – пристрій з від'ємним диференційним опором, тобто негатрон. Схеми з лямбда-діодами мають малі втрати енергії, високу термостабільність, значну і стабільну амплітуду вихідного сигналу. Недоліком є складність регулювання природньої вольт-амперної характеристики (ВАХ). Для його усунення розроблений аналог лямбда-діоду (АЛД) на базі дискретних польових транзисторів. З ростом прикладеної напруги зростає також струм АЛД і при деякій напрузі він досягає максимального значення, а потім зменшується аж до 0. У роботі досліджено способи регулювання ширини ВАХ і межі їх змін для подальшого застосування отриманих даних під час розробки пристроїв захисту. Змінюючи напругу, що подається до АЛД були отримані природні ВАХ при відсутності дільників напруги, а також штучні ВАХ у разі включення між затворами і стоками польових транзисторів АЛД дільників напруги. Було встановлено, що ширина ВАХ залежить від співвідношення між опорами дільників – це є перевагою АЛД при індивідуальному підстроюванні ВАХ для конкретного випадку. Також було досліджено ВАХ АЛД у разі встановлення позисторів у плечі дільників напруги. Було встановлено, що зі збільшенням температури середовища, ділянка з негативним диференціальним опором зміщується вправо по відношенню до природної ВАХ, збільшується ширина основи ВАХ і зростає напруга запирання. Таким чином можна зробити висновок про спроможність змінювати ВАХ АЛД в широких межах у залежності від технічного завдання на розробку первинного перетворювача на базі АЛД. Аналог можна застосовувати в якості перетворювача неелектричних величин в електричні, оскільки ширина основи збільшується майже в 4 рази, що дозволяє контролювати декілька об'єктів одночасно.

Ключові слова **- лямбда-діод, польовий транзистор, біполярний транзистор, комплементарна пара, енергоефективність, терморезистор, негатрон.**

Постановка проблеми. Перспективним ключовим напівпровідниковим елементом, який може застосовуватися під час розробки нових пристроїв діагностування і захисту силового електрообладнання є лямбда-діод. Він являє собою пристрій,

© Попова І. О., Курашкін С. Ф.

конструкція якого складається з комплементарної пари польових транзисторів, включених за визначеною схемою [1] і відноситься до групи елементів, що мають від'ємний диференційний опір в певному режимі роботи – негатронів.

Електронні схеми з лямбда-діодами мають малі втрати енергії, високу температурну стабільність, значну і стабільну амплітуду вихідного сигналу. Оскільки лімбда-діод має характеристику перемикача – ділянка, відповідаюча закритому стану поширюється на доволі велику напругу, тому такий пристрій може бути використаний у широкому класі схем захисту. Головним недоліком лямбда-діода є те, що регулювати або збільшувати ширину його вольт-амперної характеристики (ВАХ) можливо лише в межах природньої ВАХ.

Аналіз останніх досліджень. Оскільки серійне виробництво лямбда-діодів відсутнє був розроблений аналог лямбда-діоду (АЛД) на базі дискретних польових (рис. 1, а) і біполярних транзисторів (рис. 1, б), що утворюють комплементарну пару [2, 4]. Також досліджується комбінована схема з використанням польового *n*-канального і біполярного *p-n-p* транзистора (рис. 1, в), що дає змогу отримати більш широку ВАХ. Умовне позначення лімбда-діода наведено на (рис. 1, г).

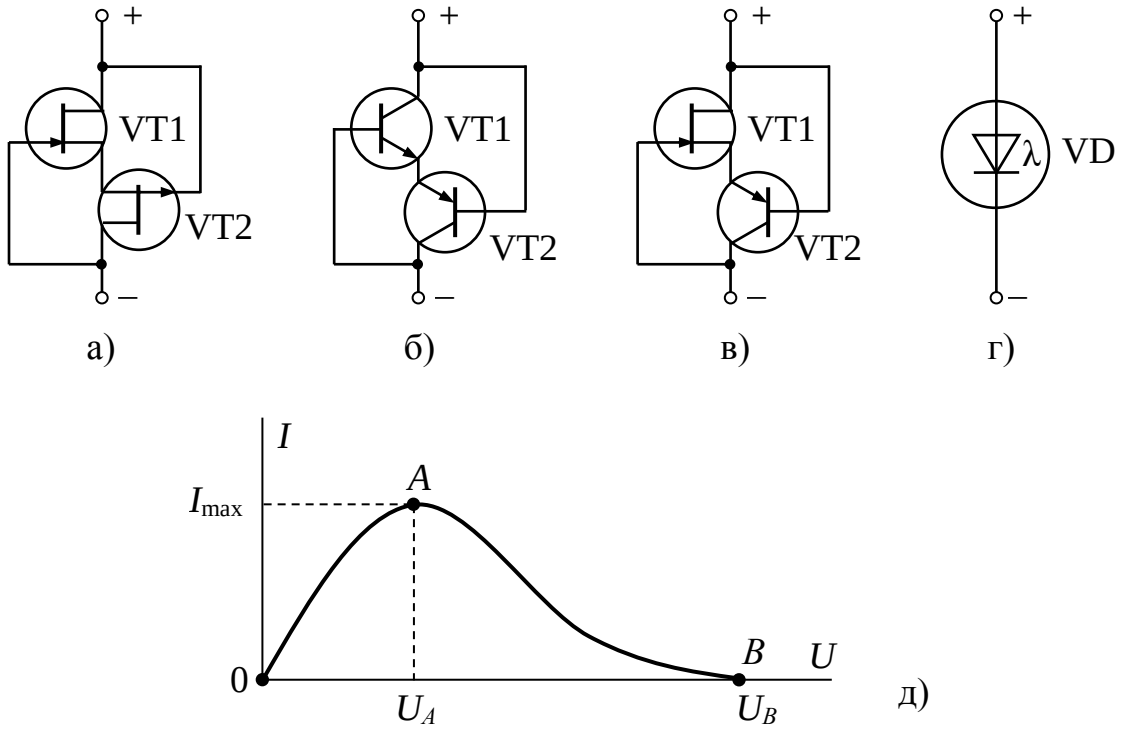


Рис. 1. Аналог лямбда-діода і його ВАХ

ВАХ АЛД (рис. 1, д) має ділянку ОА з позитивним і ділянку АВ з негативним диференційним опором. З ростом прикладеної напруги зростає також струм АЛД і при деякій напрузі U_A він досягає максимального значення I_{max}, а потім зменшується. При напрузі U_B транзистори закриваються, АЛД не проводить струм і залишається у закритому стані.

Якщо між затворами і стоками польових транзисторів (рис. 1, а) включити дільники напруги (рис. 2), параметри ВАХ АЛД можуть бути змінені.

Формулювання цілей статті. зняти ВАХ АЛД з різними комплементарними парами польових транзисторів, дослідити способи регулювання ВАХ і межі їх змін для подальшого використання отриманих даних під час розробки пристроїв захисту силового електрообладнання.

Основна частина. Отримання ВАХ проводилося за класичною методикою. Змінюючи напругу, що подається до АЛД від 0 до 10 В були отримані природні ВАХ, за які прийняли залежність *I=f(U)* за умовою R1 = R3 = 0 та R2 = R4 = ∞. Результати експерименту наведені в таблиці 1.

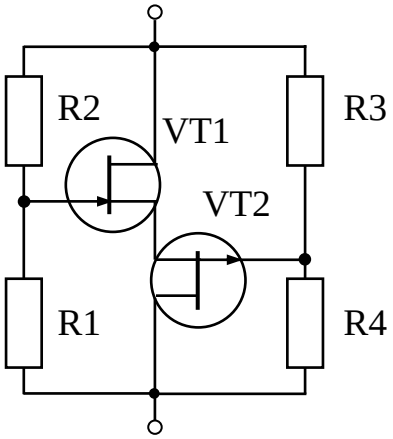


Рис. 2. Схема АЛД з дільниками напруги

Таблиця 1

Результати експериментальних досліджень природних ВАХ АЛД

Комплементарна пара	U_A, *В*	U_B, *В*	I_{max}, *мА*
КП303Г-КП103Л	0,90	3,00	1,60
КП303Б-КП103М	0,85	2,90	1,55
КП303Е-КП103М	0,95	3,25	1,70

З отриманих даних можна побачити, що величини U_A, U_B, I_{max} одного порядку, незважаючи на тип комплементарної пари

транзисторів, тому для подальшого дослідження можна обрати пару КП303Г-КП103Л.

Зміна ширини ВАХ АЛД можлива за умови наступного співвідношення між опорами дільників [3]:

$$K = \frac{R1}{R2} \approx \frac{R4}{R3}. \quad (1)$$

Перевагою АЛД є можливість зміни ширини ВАХ індивідуальним підбором співвідношення *K*.

Так, при збільшенні опорів резисторів R2, R3 від 0 до 100 кОм і незмінних опорах R1 = R4 = 150 кОм = const, струм I_{max} збільшується від 1,55 до 3,4 мА (рис. 3).

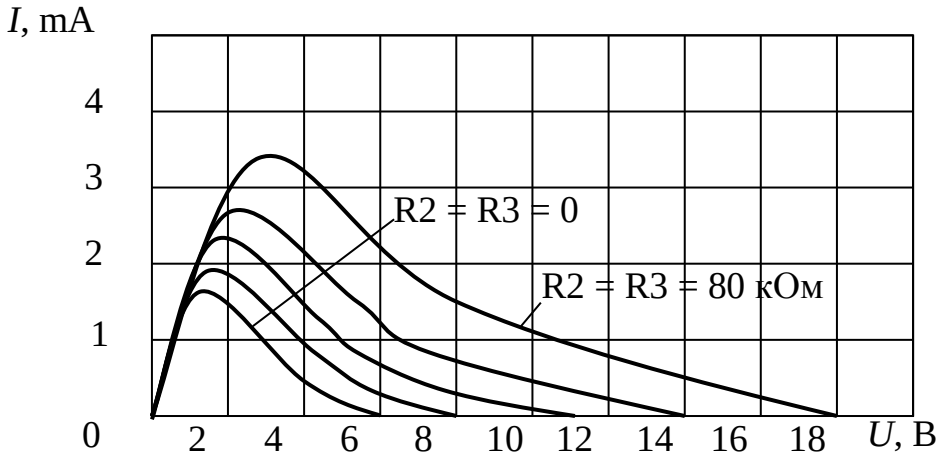


Рис. 3. ВАХ АЛД при R2 = R3 = var, R1 = R4 = 150 кОм

Збільшення опорів R2, R3 приводить до зростання напруги запирання АЛД U_B від 6 до 20 В. Причому, чим менше значення приймає співвідношення *K*, тим ширше основа ВАХ.

При збільшенні опорів резисторів R1, R4 від 150 до 500 кОм і R2 = R3 = 100 кОм = const, зменшується I_{max} (рис. 4), а ВАХ наближається до природної. Однак зниження опорів резисторів R1, R4 до величини менше 150 кОм унеможливлює закриття АЛД.

Якщо замість резисторів R2 і R3 встановити позистори СТ14-1Б (рис. 5), зі збільшенням температури середовища, в якому вони знаходяться, ділянка з негативним диференціальним опором зміщується вправо по відношенню до природної ВАХ, збільшується ширина основи ВАХ і зростає напруга запирання U_B (рис. 5).

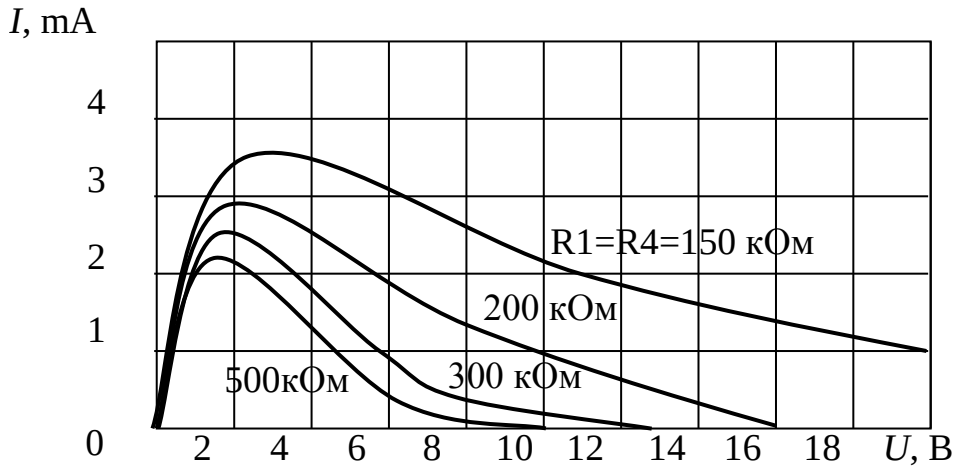


Рис. 4. ВАХ АЛД при R1 = R4 = var, R2 = R3 = 100 кОм

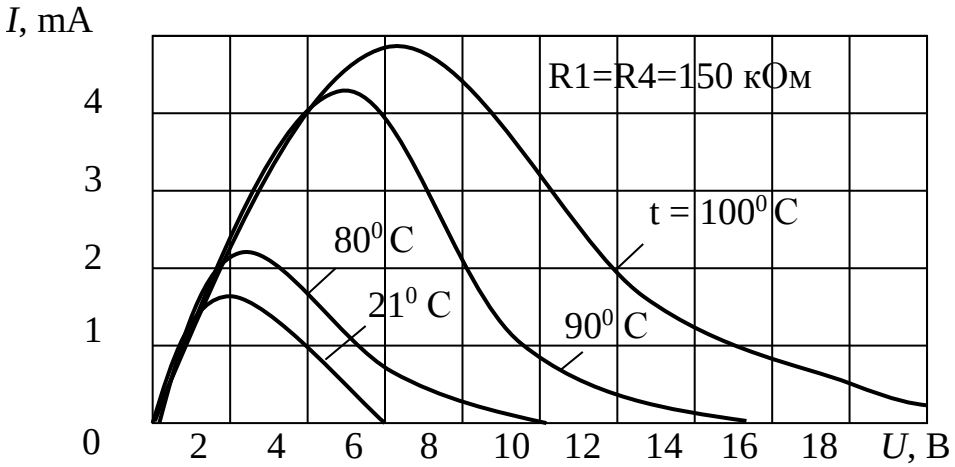


Рис. 5. ВАХ АЛД з позисторами R2, R3

Так, якщо температура позисторів 21°С – напруга запирання АЛД дорівнює 6 В, а при збільшенні їх температури до 100°С напруга запирання АЛД збільшиться до 22 В. При заміні позисторів на термістори зміщення ВАХ буде протилежним, тобто ширина ВАХ буде зменшуватися, відносно природної.

Однак, слід відмітити, що позистори мають ряд переваг перед термісторами: у позисторів температурний коефіцієнт опору α = 15-50%/ºС, в той час як у термісторів α = 4-8%/ºС. Тому у позисторів менша похибка під час зростання температури і є можливість контролю одночасно декількох об’єктів.

Замість резисторів R2 і R3 можна використовувати інші нелінійні резистори, які змінюють свій опір під впливом зовнішніх факторів: гігристори, фоторезистори тощо [5].

Висновки. Отримані ВАХ аналогу лямбда-діоду дозволяють зробити висновок про спроможність їх змінювати в широких межах у залежності від технічного завдання на розробку первинного перетворювача на базі АЛД. Також слід відмітити, що АЛД є енергоекономічним перетворювачем, оскільки у закритому стані споживає не більше 1,5 мА. Аналог можна застосовувати в якості перетворювача неелектричних величин в електричні оскільки ширина основи збільшується майже в 4 рази, що дозволяє контролювати декілька об'єктів одночасно.

Література

1. Kano, G. (1975). The lambda diode: versatile negative-resistance device. *Electronics*, *48* (13), 105-109.
2. Chua, L. O., Yu, J., Yu, Y. (1985). Bipolar-JFET-MOSFET Negative Resistance Devices. *IEEE. Transactions on Circuits and Systems*, *1,* 46-61.
3. Попова І. О. Можливості виконання енергоекономічних пристроїв на базі аналога лямбда-діода для АПК / І. О. Попова, А. В. Жарков // Вісник Сумського національного аграрного університету / СНАУ. – Суми, 2016. – Вип. 10/1 (29). – С. 163-167. – (Механізація та автоматизація виробничих процесів).
4. Курашкін С. Ф. Експериментальне дослідження аналогу лямбда-діода на біполярних транзисторах / С. Ф. Курашкін, І. О. Попова, А. Я. Чураков // Праці Таврійської державної агротехнічної академії / ТДАТА. – Мелітополь, 2007. – Вип. 45. – С. 40-44.
5. Жарков В. Я. Застосування аналогу лямбда-діода для діагностики та захисту електрообладнання від анормальних режимів роботи / В. Я. Жарков, І. О. Попова // Науковий вісник НАУ. – К.: 1999.– Вип. 19. – С. 205–207.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ НА ОСНОВЕ АНАЛОГА ЛЯМБДА-ДИОДА С ПОМОЩЬЮ ВОЛЬТАМПЕРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

Попова И. А., Курашкин С. Ф.

Аннотация

При разработке новых устройств диагностирования и защиты силового электрооборудования применяется лямбда-диод – полупроводниковый прибор з отрицательным дифференциальным сопротивлением, т.е. негатрон. Схемы з лямбда-диодами имеют небольшие потери энергии, высокую термостабильность, значительную и стабильную амплитуду выходного сигнала. Недостатком является сложность регулирования естественной вольтамперной характеристики (ВАХ). Для его устранения разработан аналог лямбда-диода (АЛД) на базе дискретных полевых транзисторов. С ростом приложенного напряжения растет ток АЛД и при некотором напряжении он достигает максимального значения, а затем уменьшается до 0. В работе исследованы способы регулирования ширины ВАХ и

границы их изменений. Изменяя напряжение, подаваемое на АЛД были получены природные ВАХ при отсутствии делителей напряжения, а также искусственные ВАХ при включении между затворами и стоками полевых транзисторов АЛД делителей напряжения. Было установлено, что ширина ВАХ зависит от соотношения между сопротивлениями делителей, что является преимущество АЛД при индивидуальной подстройке ВАХ под конкретную задачу. Также были исследованы ВАХ АЛД в случае установки позисторов в плечи делителей – было установлено, что с увеличением температуры, участок с отрицательным дифференциальным сопротивлением смещается вправо по отношению к естественной ВАХ, увеличивается ширина основания ВАХ и растет напряжение запирания. Можно сделать вывод о способности изменять ВАХ АЛД в широких пределах в зависимости от технического задания на разработку первичного преобразователя на базе АЛД. Аналог можно применять в качестве преобразователя неэлектрических величин в электрические поскольку ширина основания увеличивается почти в 4 раза, что позволяет контролировать несколько объектов одновременно.

CONVERTER OPPORTUNITIES DETERMINATION BASED ON LYAMBDA-DIODE ANALOGUE BY VOLT-AMPS DIAGRAMS

I. Popova, S. Kurashkin

Summary

The scientific work is devoted to research the primary converter characteristics and its capabilities are based on lambda-diode analogue which is used to monitoring diagnostic parameters in electrical equipment protection devices. The advantage of the lambda-diode is possibility to obtain volt-amps diagram with a negative-resistance section, they have low energy losses, high temperature stability, significant and stable output signal amplitude. But the disadvantage is impossibility to regulate or increase the width of its natural volt-amps diagram, so their analogs based on different circuitry principles are used. In this research were consider a lambda-diode analogue based on FET-transistor, which makes it possible to vary the width of the volt-amps diagram with negative resistance. This property can be used in electronic circuits designed to protect power electrical equipment. The task is to research volt-amps diagram the different complementary transistors pairs of analogue have and to determine their parameters and limits to use as a primary converter. Based on researching results of different transistors types it is determined the type of transistor practically does not affect the parameters of the volt-amps diagram. There was defined a relationship between resistance of voltage divider and influence on width the negative resistance section of volt-amps diagram. The obtained volt-amps diagrams of the lambda-diode analogue make it possible to conclude they are able to vary widely, depending on development specification are required to primary converter. The lambda-diode analogue can be used as a converter of non-electric quantities into electrical ones, since the base of VA-diagram width increases by almost 4 times, that allows to control several objects simultaneously.

Keywords: lambda diode, field transistor, bipolar transistor, complementary pair, energy efficiency, thermistor, negatron.

УДК 621.317.38 DOI: 10.31388/2220-8674-2018-2-28

РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

Лисенко О. В., к.т.н.
Таврійський державний агротехнологічний університет
Тел. (0619) 42-11-74

Анотація **–** Робота присвячена розрахунку параметрів математичної моделі споживання електричної енергії. Враховуючи відмінності середніх потужностей на різних рівнях агрегування даних були розглянуті коефіцієнти варіації потужності C_v як відносні величини. Для коректного моделювання процесу розглянуті складові варіацій потужності протягом місяця, що містять СКВ для місячного набору даних та їх міждобові і середньодобові компоненти. На відміну від енергосистем більшого масштабу, добові варіації споживання окремих громад мають більший розмах, проте мають виражене відносне зменшення в зимові місяці. Був розглянутий розподіл стрибків потужності за одиницю часу як вираження поточних флуктуацій. Середня величина стрибків потужності ОЕС становить 2,5-3,0% від середньомісячної потужності, а максимальні значення сягають 7-8%. Середня величина стрибків потужності для одного н.п. становила 3-5%, а максимальні значення сягали 10-14% від середньомісячної потужності. Загалом показники окремих споживачів мають більшу варіативність порівняно з крупною енергосистемою.

Ключові слова **– споживання електричної енергії, математичне моделювання, коефіцієнт варіації, розподіл стрибків потужності.**

Постановка проблеми. Останнім часом у світі відбуваються зміни в підходах до формування енергетичної політики держав. Здійснюється перехід від застарілої моделі функціонування енергетичного сектора, в якій домінували великі виробники енергії, викопне паливо, неефективні мережі, недосконала конкуренція на ринках природного газу, вугілля, електроенергії, до нової моделі, в якій створюється конкурентне середовище, вирівнюються можливості для розвитку ринку та мінімізується домінування одного виду виробництва енергії. Разом з цим віддається перевага підвищенню енергоефективності та використанню енергії відновлюваних і альтернативних джерел енергії, таких як енергія вітру і сонця. Це ставить перед Україною нові економічні та технологічні виклики, але одночасно відкриває нові можливості для пошуку і впровадження інноваційних розробок в області виробництва, трансформації,

© Лисенко О. В.

постачання та споживання енергії [1].

Впровадження відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) та їх інтегрування до енергосистеми різних рівнів супроводжується потребами в додатковому узгодженні режимів генерування та споживання електроенергії. Надходження таких видів енергії, як вітрова та сонячна, суттєво залежить від погодних факторів і є по суті некерованим процесом (можна лише обмежити робочу потужність встановленого обладнання). Разом з тим споживання також містить елементи випадковості, особливо коли мова йде про велику кількість однакових чи різнотипних споживачів [2]. Отже, при значному рівні впровадження ВДЕ може загостритися проблема забезпечення енергетичного балансу. Мова про використання вітрової та сонячної енергії для живлення окремих груп споживачів (населених пунктів, груп населених пунктів, місцевих підприємств), енергосистем різного рівня. Зокрема, для південного регіону (території Запорізької обл.) виконано ряд досліджень щодо режимів надходження вітрової та сонячної енергії [3-5].

Аналіз останніх досліджень. Математична модель енергетичного балансу як результуючого випадкового процесу потребує знання особливостей процесу.

У вітчизняних та зарубіжних роботах аналіз наявних даних базується на методиці статистичного аналізу [6-7], а моделювання процесу часто проводять з використанням штучних нейронних мереж [8-9].

Так в роботі [10] проведено аналіз методів встановлення «стандарту» енергоспоживання для побудови системи контролю та планування електроспоживання. У [11] проведено дослідження та моделювання прогнозування електричних навантажень в реальному масштабі часу з урахуванням його фрактального характеру, що базується на нейромережевих технологіях моделі процесу енергоспоживання. Проведений аналіз добових графіків електроспоживання сільськогосподарського виробництва, який показав, що процес споживання електричної енергії представляє собою адитивну суміш постійної регулярної складової і стаціонарного імовірного процесу. Отримана модель процесу електроспоживання у вигляді дробно-раціональної спектральної щільності. Її параметри мало залежать від сезону, чим забезпечується можливість побудови оптимальної системи оперативного прогнозування в умовах невизначеності для найбільш тяжких технологічних умов.

Робота [6] присвячена емпірічному аналізу споживання електроенергії на Кіпрі. Використовуючи щорічні дані за період з 1960 по 2004 рік, було проведено дослідження споживання

електроенергії в житлово-комунальному господарстві та секторі послуг, які є найбільш швидко зростаючими споживачами електроенергії на острові, та її взаємодії з доходами, цінами та погодою. Аналіз проводився за допомогою методів аналізу часових рядів, таких як коректні тести з блокуванням та без структурного розриву рівнів, коінтеграційних тестів, векторних корекцій помилок, тестів Грейнджера і функцій імпульсної відповіді.

В [7] представлені три методи моделювання для прогнозування споживання електроенергії. Окрім традиційного регресійного аналізу, розглядається дерево рішень та нейронні мережі. Показано, що з появою методу інтелектуального аналізу даних для прогнозного моделювання можна побудувати різні типи моделей на єдиній платформі: впроваджувати різні методи моделювання, оцінювати продуктивність різних моделей і вибрати найбільш підходящу модель для майбутнього прогнозування.

Таким чином наявність моделі дозволяє розглядати різноманітні конфігурації енергосистем як в частині генеруючих потужностей, так і щодо різних варіантів об’єднань споживачів.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). За наявними даними про споживання електричної енергії різноманітними групами споживачів провести розрахунок параметрів математичної моделі споживання електричної енергії за графіками навантажень, що дозволить виявити можливості узгодження генерації енергії ВДЕ зі її споживанням.

Основна частина. Для отримання гарантовано стаціонарних процесів виконується декомпозиція часового ряду з виділенням осередненої складової, середньомісячних значень та поточних флуктуацій. В рамках даного дослідження важливим фактором є поточна мінливість рівня споживання. Враховуючи відмінності середніх потужностей на різних рівнях агрегування даних (від окремих н.п. до ОЕС), розглянемо коефіцієнти варіації потужності C_v як відносні величини (відношення середньоквадратичного відхилення до середнього значення). Для коректного моделювання процесу розглянемо складові варіацій потужності протягом місяця, що містять СКВ для місячного набору даних та їх міждобові і середньодобові компоненти. В табл. 1-3 наведено відповідні показники для кількох останніх років.

Дані за 2017 рік є неповними, проте дають уявлення про характер варіативності. І хоч абсолютні значення впали на 20% порівняно з 2013 роком, характер мінливості змінюється незначно (рис. 1), що обгрунтовує стабільність нормованих процесів.

Таблиця 1.

Середньомісячні потужності ОЕС та їх варіативність

Місяць	2013 р.				2017 р.			
	Потуж-ність, МВт	Коефіцієнти варіації C_v			Потуж-ність, МВт	Коефіцієнти варіації C_v.		
		місячна	між-добова	добова		місячна	між-добова	добова
Січень	23539	0,103	0,045	0,093	19542	0,103	0,050	0,090
Лютий	23070	0,095	0,030	0,090	19453	0,105	0,060	0,086
Березень	22595	0,093	0,036	0,086	16736	0,088	0,030	0,082
Квітень	19969	0,107	0,068	0,083	15577	0,104	0,058	0,086
Травень	17880	0,100	0,046	0,089	14366	0,091	0,031	0,086
Червень	18486	0,097	0,038	0,089	14602	0,093	0,034	0,086
Липень	18831	0,097	0,029	0,092	14848	0,099	0,042	0,089
Серпень	18853	0,103	0,038	0,095	15431	0,104	0,047	0,093
Вересень	19096	0,110	0,044	0,101	14904	0,095	0,027	0,091
Жовтень	21073	0,107	0,042	0,098	16709	0,110	0,056	0,095
Листопад	21609	0,116	0,050	0,104				
Грудень	23719	0,109	0,039	0,102				
Середнє	20727	0,103	0,042	0,094				

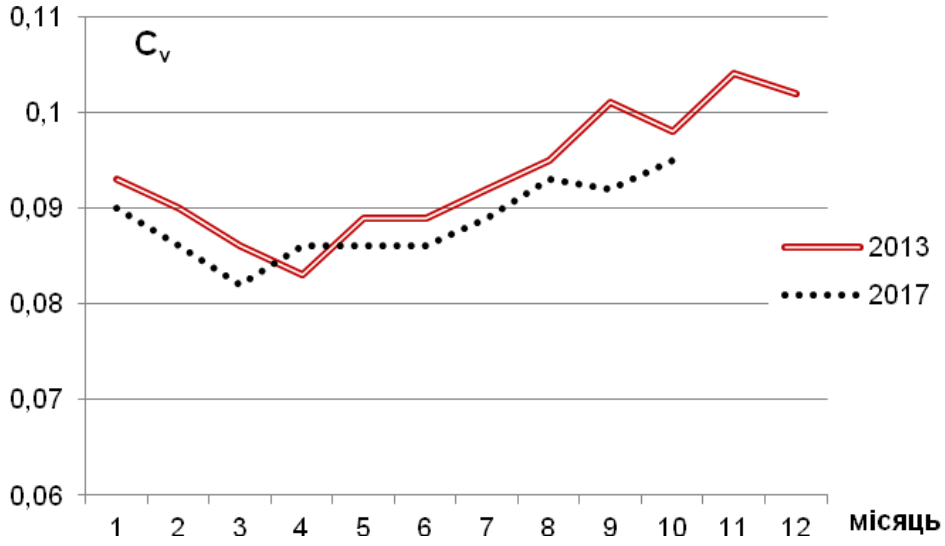


Рис. 1 Середньодобова складова варіації рівнів споживання ОЕС

Наскільки стабільними є показники споживання від року до року, розглянемо на прикладі регіональної Дніпровської енергосистеми, за даними НЕК «Укренерго» [12] для кількох суміжних років (табл. 2).

Таблиця 2.

Коефіцієнти варіації поточної потужності ДнЕС

Місяць	2013 р.			2014 р.			2015 р.		
	Потуж., МВт	C_v, місяч.	C_v, добова	Потуж., МВт	C_v, місяч.	C_v, добова	Потуж., МВт	C_v, місяч.	C_v, добова
Січень	5752	0,050	0,037	5621	0,084	0,044	5606	0,043	0,036
Лютий	5689	0,039	0,034	5807	0,060	0,037	5565	0,046	0,035
Березень	5689	0,042	0,032	5380	0,051	0,033	5228	0,038	0,031
Квітень	5231	0,052	0,027	5211	0,053	0,032	4966	0,055	0,031
Травень	4902	0,050	0,030	4991	0,041	0,035	4634	0,036	0,030
Червень	5062	0,043	0,033	5100	0,043	0,036	4767	0,038	0,032
Липень	5023	0,042	0,038	5144	0,042	0,040	4737	0,041	0,036
Серпень	5055	0,047	0,040	5099	0,049	0,039	4685	0,043	0,038
Вересень	5102	0,049	0,040	5040	0,045	0,038	4728	0,038	0,034
Жовтень	5410	0,055	0,040	5439	0,057	0,036	5185	0,048	0,035
Листопад	5489	0,054	0,044	5823	0,058	0,044	5367	0,043	0,038
Грудень	5775	0,055	0,043	5837	0,036	0,032	5339	0,053	0,039
Середнє	5348	0,048	0,037	5374	0,052	0,037	5067	0,044	0,035

Отже, коефіцієнти варіації зберігають певну стабільність від року до року, а впродовж одного року спостерігається локальне зростання варіативності при зміні пір року (у квітні та жовтні), і зимові показники дещо вищі від літніх. Відносно середнього ці відмінності незначні, проте розгляд показників посезонно все ж виглядає виправданим. Завищені дані місячної варіації в січні 2014 р. (рис. 2) пояснюються поступовим зростанням споживаної потужності від 5,0 ГВт на початку місяця до 6,4 ГВт в кінці, а наступного місяця спад до середнього рівня. Причиною було аномальне падіння температури (в Запоріжжі від +8°С до -25°С); в інший час коливання потужності не такі значні. Натомість середньодобові варіації більш стабільні (рис. 3).

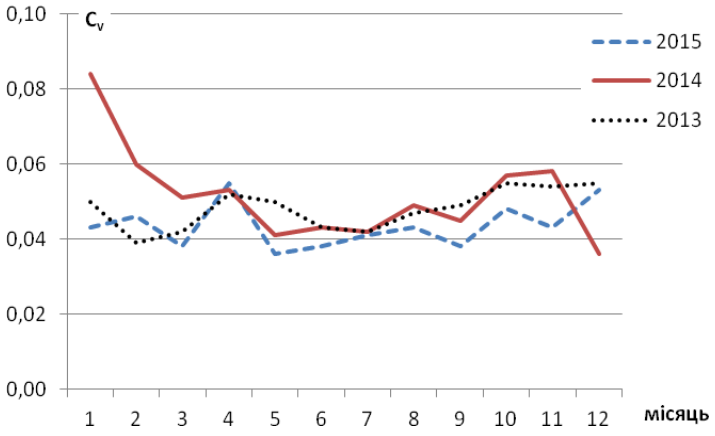


Рис. 2. Варіація рівнів споживання ДнЕС помісячно

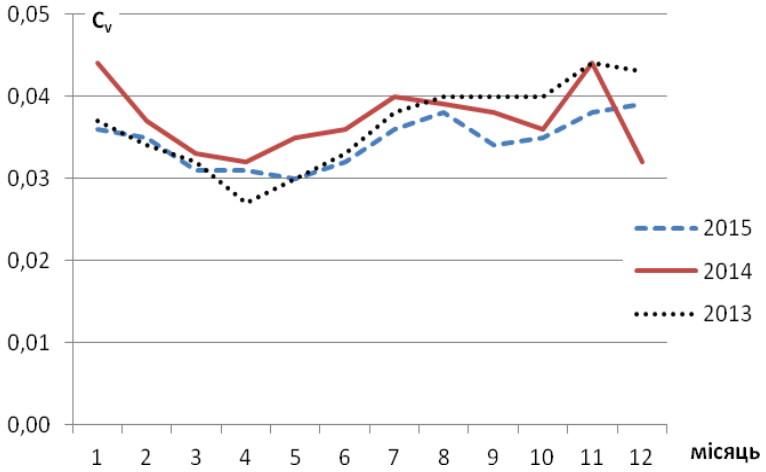


Рис. 3. Середньодобова складова варіації рівнів споживання ДнЕС

На відміну від варіації місячних наборів даних (рис. 2), для добової варіативності спостерігається більш виражений річний хід (рис. 3), з більшим розкидом значень в зимові місяці, хоча така поведінка не є детермінованою і містить помітну (особливо на прикладі 2014 р.) випадкову складову. При цьому поведінка коефіцієнта варіації добових значень якісно не повторює зміну середньомісячної потужності (рис. 4), тобто варіативність не має вираженої залежності від рівня споживання.

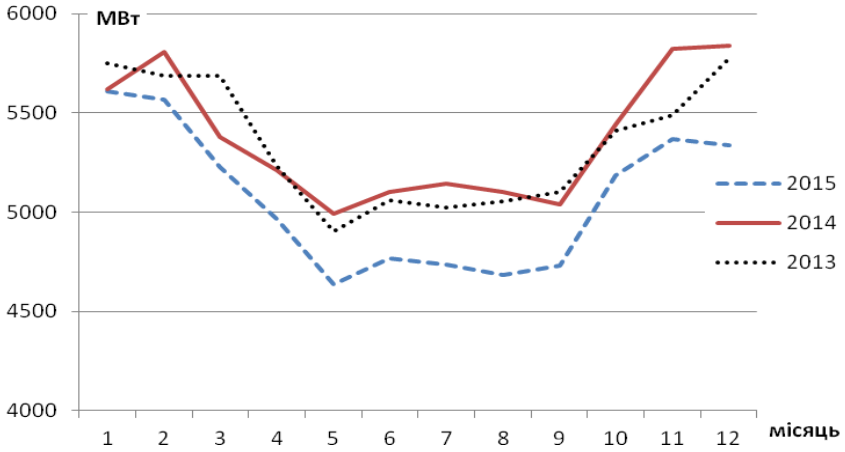


Рис. 4. Середньомісячні рівні споживання ДнЕС

Якісно подібна поведінка варіації добових значень потужності регіональної енергосистеми ДнЕС подібна до об'єднаної електроенергетичної системи України (рис. 1), хоча величина коефіцієнтів варіації для ОЕС більша. Для окремого населеного пункту розмах варіацій ще більший (в табл. 3 наведено дані за один з останніх років), при цьому якісно добова варіативність зростає у міжсезоння та зберігає певну постійність в зимовий та літній періоди (рис. 5).

Таблиця 3.

Коефіцієнти варіації поточної потужності населених пунктів

Місяць	н.п. Мордвинівка Т1				н.п. Терпіння Т1			
	Потуж-ність, кВт	Коефіцієнти варіації C_v			Потуж-ність, МВт	Коефіцієнти варіації C_v		
		місячна	між-добова	добова		місячна	між-добова	добова
Січень	1072	0,210	0,076	0,196	1757	0,191	0,084	0,171
Лютий	868	0,242	0,078	0,229	1579	0,237	0,139	0,192
Березень	763	0,296	0,138	0,262	1462	0,241	0,129	0,204
Квітень	695	0,276	0,069	0,268	1504	0,216	0,086	0,198
Травень	631	0,255	0,052	0,250	1363	0,269	0,161	0,216
Червень	685	0,272	0,121	0,242	1384	0,301	0,190	0,234
Липень	678	0,264	0,084	0,251	1621	0,234	0,074	0,222
Серпень	690	0,274	0,077	0,262	1608	0,240	0,104	0,216
Вересень	637	0,303	0,061	0,297	1476	0,255	0,110	0,230
Жовтень	769	0,264	0,104	0,243	1526	0,245	0,129	0,208
Листопад	848	0,235	0,044	0,231	1507	0,216	0,101	0,191
Грудень	920	0,226	0,066	0,216	1710	0,216	0,105	0,189
Середнє	771	0,259	0,081	0,245	1541	0,239	0,118	0,206

Для групи населених пунктів рівень сукупної варіативності дещо нижчий, ніж для одиночних н.п. (табл.4). Графічно ця особливість відображена на рис. 5.

Таблиця 4

Середньомісячні потужності та їх стандартні відхилення для групи н.п.

Місяці року	C_v			Потуж-ність, кВт	СКВ		
	місячне	між-добове	добове		місячне	між-добове	добове
січень	0,175	0,065	0,162	5020	877	328	813
квітень	0,196	0,054	0,188	3858	756	210	726
липень	0,195	0,054	0,187	3928	765	212	735
листопад	0,192	0,059	0,182	4350	834	256	794
середнє	0,190	0,058	0,180	4205	808	252	767

На відміну від енергосистем більшого масштабу (рис.1, 3), добові варіації споживання окремих громад (рис. 5) мають більший розмах, проте мають виражене відносне зменшення (стабілізацію споживання) в зимові місяці.

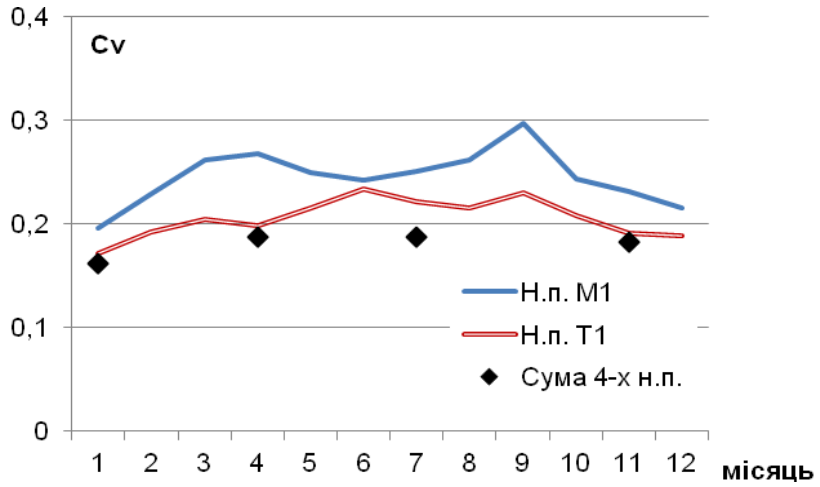


Рис. 5. Середньодобова складова варіації рівнів споживання н.п.

Загалом показники варіації споживаної потужності змінюються несуттєво впродовж року, що дозволяє говорити про принаймні посезонну стаціонарність процесів споживання електроенергії.

Крім варіативної складової, яка характеризує кількість імовірних значень випадкової величини (процесу), важливим показником є градієнтна складова, або темп поточних змін [3]. Числовим вираженням цього показника може слугувати розподіл стрибків потужності за одиницю часу як вираження поточних флуктуацій. Можна окремо розглядати позитивні зміни (зростання) та від'ємні (спад потужності). Характеристиками динаміки процесу є максимальні стрибки, середні по модулю значення, середньоквадратичні відхилення або коефіцієнти варіації як їх відносні значення, функції розподілу, тощо. Щодо максимальних (по модулю) значень важливо оцінити їх довірчий інтервал. Для оцінки використовують довірчі ймовірності 99% (симетричне відсіювання 1% значень як недостовірних), 95% (практичного рівня надійності) та інші, залежно від практичних потреб. Приклади числових характеристик реальної динамічності процесу та максимальні значення стрибків потужності при довірчих ймовірностях 99% та 95% наведено в табл. 5-7.

Середня величина стрибків потужності (табл. 5) становить 2,5-3,0% від середньомісячної потужності, а максимальні значення сягають 7-8%. Щільність розподілу стрибків має ознаки симетрії.

Середня величина стрибків потужності (табл. 6) становить 1,6-2,0% від середньомісячної потужності, а максимальні значення сягають 5-6%.

Таблиця 5.

Стрибки потужності ОЕС за 1 год. (МВт)

Місяць	Макс. ріст		Макс. спад		Середній стрибок	СКВ	Середня потужність
	99%	95%	99%	95%			
січень	1550	1300	1240	1020	474	596	19542
квітень	1530	1270	1310	1200	460	617	15577
липень	1260	950	1400	1170	382	510	14848
жовтень	1500	1320	1250	1070	443	601	16615
середнє	1460	1210	1300	1115	440	581	16645

Таблиця 6.

Стрибки потужності ДнЕС за 1 год. (МВт)

Місяць	Макс. ріст		Макс. спад		Середній стрибок	СКВ	Середня потужність
	99%	95%	99%	95%			
січень	350	260	290	235	97	122	5606
квітень	330	240	295	230	96	119	4966
липень	300	245	340	275	96	124	4737
жовтень	310	230	260	210	85	107	5185
середнє	323	244	296	238	94	118	5124

Таблиця 7.

Стрибки потужності н.п. за 0,5 год. (кВт)

ПС	Місяць	Макс. ріст		Макс. спад		Середній стрибок	СКВ	Середня потужність
		99%	95%	99%	95%			
1 н.п.	січень	110	83	90	75	32,7	41	1069
	квітень	132	95	130	100	34,6	61	695
	липень	85	61	130	101	29,0	44	679
	жовтень	133	96	105	85	34,2	47	775
	середнє	115	84	114	90	32,6	48	805
4 н.п	січень	710	530	700	580	210	272	7869
	квітень	490	380	480	385	143	185	3858
	липень	395	320	520	400	141	184	3928
	жовтень*	410	315	375	280	115	147	3175
	середнє	501	386	519	411	152	197	4708

* Дані за жовтень неповні.

Середня величина стрибків потужності для одного н.п. становила 3-5%, а максимальні значення сягали 10-14% від середньомісячної потужності. Для групи н.п. відповідні показники: середня величина 2,5-3,5% від середньомісячної потужності, а максимальні значення 9-11%. Загалом показники окремих споживачів мають більшу варіативність порівняно з крупною енергосистемою.

Висновки. Врахування означених факторів варіативності та

стаціонарності дозволить сформувати адекватні математичні моделі роботи енергосистеми при різних масштабах об’єднання споживачів. Як свідчить виконане дослідження, таке моделювання допустиме на різних часових горизонтах та з різною дискретністю даних.

Література

1. Нова енергетична стратегія України до 2035 року: «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність» : проект [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/doccatalog/list?currDir=50358

2. Кузнєцов М. П. Моделювання параметрів роботи енергосистеми, які носять випадковий характер / М. П. Кузнєцов // Відновлювана енергетика. – 2012. – № 3. – С. 5–9.

3. Кузнєцов М. П. Оцінка градієнтів генеруючої потужності вітроенергетичних установок / М. П. Кузнєцов, О. В. Лисенко // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету / ТДАТУ. – Мелітополь, 2017. – Вип. 7, т. 1. – С. 3-10.

4. Кузнєцов М. П. Оцінка характеристик вітрового режиму півдня України для потреб вітроенергетики / М. П. Кузнєцов, О. В. Лисенко // Науковий вісник НУБіП України. – К., 2017. – № 261. – С. 195-202. – (Техніка та енергетика АПК).

5. Кузнецов Н. П. Вероятностные аспекты использования возобновляемых источников энергии на пустующих и непригодных для сельского хозяйства территориях / Н. П. Кузнецов, О. В. Лисенко // Proceedings of the III International Scientific and Practical Conference "Topical researches of the World Science" (June 28, 2017, Dubai, UAE) – С. 45-51.

6. Nelson, W. B. (2009). *Accelerated testing: statistical models, test plans, and data analysis*. New York: John Wiley & Sons.

7. Schabenberger, O., & Gotway, C. A. (2017). *Statistical methods for spatial data analysis.* Boca Raton, Florida: CRC Press.

8. Ramsey, F., & Schafer, D. (2012). *The statistical sleuth: a course in methods of data analysis*. Cengage Learning.

9. Черненко П. О. Моделювання і прогнозування електроспоживання та експериментальних значень електричного навантаження енергооб'єднання / П. О. Черненко, О. В. Мартинюк, А. І. Заславський // Енергетика та електрифікація. – 2009. – № 11. – С. 24-34.

10. Находов В. Ф. Вибір методів математичного моделювання процесів енергоспоживання в системах оперативного контролю енергоефективності / В. Ф. Находов, Д. О. Іванько, А. В. Головко // Енергетика: економіка, технології, екологія. – 2013. – Спецвипуск. – С. 20-27.

11. Шуллє Ю. А. Прогнозування електричних навантажень з використанням R/S-аналізу часових рядів / Ю. А. Шуллє // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2011. – С. 53-56.

12. ДП НЕК «Укренерго» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://ua.energy

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Лысенко О. В.

Аннотация

Работа посвящена расчету параметров математической модели потребления электрической энергии. Учитывая различия средних мощностей на разных уровнях агрегирования данных были рассмотрены коэффициенты вариации мощности Cv как относительные величины. Для корректного моделирования процесса рассмотрены составляющие вариаций мощности в течение месяца, содержащих СКВ для месячного набора данных и их межсуточные и среднесуточные компоненты. В общем показатели отдельных потребителей имеют большую вариативность по сравнению с крупной энергосистемой.

GEOMETRICAL SIMULATION OF RADIAL HEAT CHANGE BETWEEN A PLUME AND BUILDINGS

O. Lysenko

Summary

The paper is devoted to the calculation of the parameters of the electric power consumption mathematical model. Taking into account the differences in average values on different levels of data aggregation, the coefficients of variation of power C_v as relative values were considered. For the correct modeling of the process, components of power variations within a month that contain standard deviation for a monthly data set and their daily and intermediate components are considered. Unlike larger systems, the daily variations in the consumption of certain communities are larger, but have a pronounced relative decline in the winter months. The split of power jumps per unit time was considered as the expression of current fluctuations. The average value of the integrated power system jets is 2.5-3.0% of the average monthly power, and the maximum values reach 7-8%. Average power jump for one settlement was 3-5%, and the maximum values reached 10-14% of the average monthly capacity. In general, the indices of individual consumers have a greater variation than a large power system.

Keywords: power consumption, mathematical modeling, variation coefficient, power split distribution.

УДК 631.17:621.316 DOI: 10.31388/2220-8674-2018-2-29

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ В СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Лисенко О. В., к.т.н.
Таврійський державний агротехнологічний університет
Тел. (0619) 42-11-74

Анотація **–** робота присвячена використанню відновлюваних джерел енергії в сільськогосподарському виробництві. Проведений аналітичний аналіз використання відновлювальних джерел енергії для підвищення якості електроенергії в сільськогосподарському виробництві. Виконано оцінку можливого рівня збитків від низької якості електричної енергії на сучасних об’єктах АПК та проведений аналіз існуючих технологій використання відновлюваних джерел енергії. Електропостачання сільськогосподарських підприємств та інших невеликих об'єктів АПК, з точки зору електроспоживання об'єктів може бути здійснено за різними альтернативними варіантами: через мережу об’єднаної енергосистеми; комбіноване та автономне. Найбільш доступними видами відновлюваної енергії для малих споживачів є енергія сонячного випромінювання, вітру і біопалива. З огляду на значну зонально-кліматичну особливість відновлюваних джерел енергії, дослідження їх використання слід проводити для конкретних кліматичних зон, прагнучи при цьому до максимальних узагальнень отриманих результатів.

Ключові слова **– якість електропостачання, відновлювані джерела енергії, збитки, сільськогосподарське виробництво.**

Постановка проблеми. Відхилення показників якості електроенергії від нормованих значень призводить до негативних наслідків – наносяться збитки від порушення нормального ходу технологічних процесів, скорочується строк служби електрообладнання, зростають витрати і втрати електроенергії, виникають аварійні ситуації [1].

Починаючи з 50-х років, електрифікація сільського господарства України здійснювалася високими темпами. Розвиток державних енергосистем і приєднання до них сільських електричних мереж дозволили охопити централізованим електропостачанням близько 99 % господарств і завершити важливий етап електрифікації - забезпечення електроенергією споживачів у сільській місцевості. У

© Лисенко О. В.

зоні децентралізованого електропостачання залишилися лише окремі господарства, розташовані переважно в західних районах країни й віддалені на значну відстань від мереж енергосистем. Побудовані в цей період сільські електричні мережі здебільшого в цей час відробили свій ресурс і вимагають заміни або реконструкції. Ситуація значно погіршилася у зв'язку з різким скороченням обсягів будівництва й реконструкції сільських розподільних електричних мереж в останні роки, починаючи з 2013 року, пов'язаним з фактичною відсутністю фінансування із централізованих державних джерел і нестачею коштів місцевих бюджетів і енергетичних підприємств [2].

Енергоефективність кожного об’єкта агропромислового комплексу (АПК) сприяє розвитку інфраструктупи АПК в цілому. Створюення матеріально-технічних умов для ефективного використання виробничого потенціалу АПК зменшує собівартість готової продукції. Інтенсифікація сільськогосподарського виробництва на пряму залежить від обслуговуючих галузей, підвищуються вимоги до якості обслуговування.

Аналіз останніх досліджень. Проблемам якості електричної енергії та надійності електропостачання сільськогосподарських споживачів присвячена велика кількість робіт, де розглядаються технічні та організаційні шляхи її підвищення [1, 3].

Так в роботі [4] наведено результати досліджень впливу відхилення показників якості електроенергії на технологічні процеси на зернотоках, у спорудах захищеного грунту, овоче- та фруктосховищах. Проведений аналіз у роботі [5] розкриває вплив відхилення напруги і частоти струму на технологічну складову збитку в тваринництві та наведено методику визначення технологічної складової збитку при відхиленні показників якості електроенергії від номінального значення. Вирішенню питання незадовільної надійності електропостачання сільськогосподаських об’єктів присвячена робота [6]. У [7] проведений аналіз реструктуризації сільського господарства для використання електроенергії, наданої відновлюваними джерелами енергії.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою роботи є проведення аналітичного аналізу використання відновлювальних джерел енергії для підвищення якості електроенергії в сільськогосподарському виробництві. Оцінити можливий рівень збитків від низької якості електричної енергії на сучасних об’ктах АПК та провести аналіз існуючих технологій використання відновлюваних джерел енергії.

Основна частина. У сільському господарстві споживачі електроенергії розосереджені на значній території, а потужності їх порівняно невеликі. Це зумовлює деякі особливості електропостачання. Сільські електричні мережі здебільшого протяжні і мають невелику потужність.

Навантаження низьковольтних мереж сільських населених пунктів коливається від 3 до 8 кВт/км і становить у середньому 5 кВт/км, що значно менше, ніж навантаження мереж навіть невеликих міст, де воно становить 10–60 кВт/км. Тому електропостачання виробничих підприємств і населених пунктів у сільській місцевості відрізняється від електропостачання промисловості і великих міст. Подача електроенергії до великої кількості порівняно малопотужних об'єктів, розосереджених на значній території призводить до великої протяжності мереж (у розрахунку на одиницю потужності споживача). Цей показник у багато разів перевищує цю величину в інших галузях народного господарства, а вартість електропостачання у сільському господарстві становить до 75% загальної вартості електроенергії, враховуючи витрати на придбання робочих машин. [8]

Рівень збитку в сільському господарстві в значній мірі залежить від виду підприємства і його розмірів. За рівнем електроспоживання й складності електрообладнання великі тваринницькі комплекси та птахоферми відповідають промисловим підприємствам.

Крім того, погіршення якості електроенергії призводить також до порушення нормальної роботи сільськогосподарських споживачів.

Тут важливим показником якості напруги є її відхилення. Особливо чутливі до відхилень напруги освітлювальні установки. У сільськогосподарському виробництві знайшло широке застосування ультрафіолетове опромінення тварин і птахів, що дозволяє збільшити несучість курей-несучок, знизити захворюваність і падіж тварин, збільшити середньодобові прирости. При зниженні напруги помітно зменшується світловий потік, а при його підвищенні підвищується доза опромінення, різко знижується термін служби ламп, і відбувається перевитрата електроенергії [9, 10].

Порушення режиму електропостачання й збитки викликають також неповнофазні режими, які можуть виводити з ладу електрообладнання. Відомі випадки масового виходу з ладу електродвигунів.

В АПК, у міру підвищення рівня індустріалізації виробництва сільськогосподарської продукції, збиток від перерв в електропостачанні і зниження якості напруги неухильно зростає. Особливо це проявляється при електропостачанні споживачів першої категорії, до яких відносяться: комплекси з виробництва молока на

400 і більше голів; комплекси з вирощування і відгодівлі 12 тис. і більше свиней; 5 тис. і більше голів великої рогатої худоби; птахофабрики з виробництва яєць на 100 тис. і більше курей-несучок; птахофабрики м'ясного напряму на 1 млн. і більше курчат і т.д. [9].

Електропостачання сільськогосподарських підприємств та інших невеликих об'єктів АПК, з точки зору електроспоживання об'єктів може бути здійснено за різними альтернативними варіантами (рис.1).

Централізоване електропостачання має наступні явні переваги:

- висока якість напруги;
- висока надійність електропостачання;
- гарантія обслуговування лінії електропередачі кваліфікованим персоналом.

Однак собівартість одержуваної при цьому електроенергії для віддалених об'єктів АПК виявляється надмірно високою, що обумовлено наступними причинами:

- підприємства змушені оплачувати проектування і будівництво лінії електропередачі, включаючи обладнання точки приєднання до системи і знижувальну (10/0,4 кВ) трансформаторну підстанцію.
- тарифи на електроенергію збільшуються швидше, ніж ціни закупки на продукцію;

Крім того, завдяки їхньому низькому навантаженню (до 10 кВт) досить невиправданими виявляються трансформаторні підстанції, розраховані на більш високе навантаження.

Для розглянутих об'єктів більш прийнятними виявляються варіанти комбінованого або автономного електропостачання. Паливні електростанції, бензинові або дизельні, в даний час є основними засобами автономного електропостачання. Вони давно пройшли стадію дослідного виробництва, і їх серійний випуск налагоджений вітчизняними підприємствами і зарубіжними компаніями в великому діапазоні потужностей.

Світовий досвід свідчить про підвищення останнім часом інтересу до застосування в сільському господарстві нетрадиційних (відновлюваних) джерел електроенергії (ВДЕ), якими є ВЕС і фотоелектричні станції на сонячних батареях (ФЕС). Це пов'язано з цілим комплексом причин, основними з яких є:

- зростаючий збиток від перерв в електропостачанні споживачів від центральних джерел електроенергії;
- зростаючий тариф на електроенергію від центральних енергосистем;
- обмеженість природних запасів, палива;

- зростання проблеми забруднення навколишнього середовища (негативні екологічні наслідки традиційної енергетики).

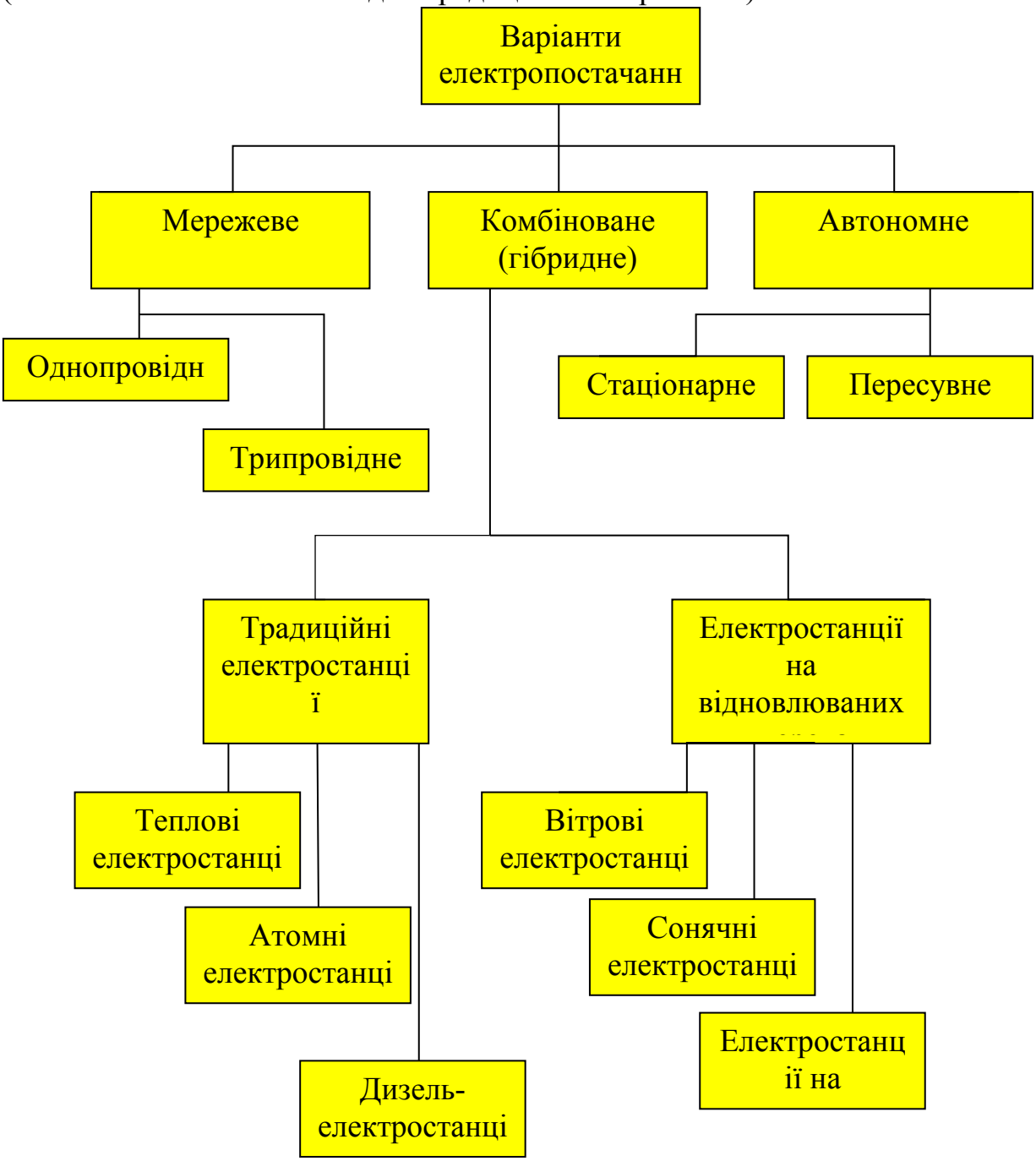


Рис. 1. Варіанти електропостачання

Застосуванню ВДЕ сприяє той факт, що значно вдосконалена їх конструкція і покращилися експлуатаційно-технічні характеристики генераторів і узгоджувальних пристроїв при спільній роботі із зовнішньою мережею. Найбільш доступними видами відновлюваної енергії для малих споживачів є енергія сонячного випромінювання, вітру і біопалива. Однак, не дивлячись на те, що за кордоном вже з

середини двадцятого століття випускаються досить конкурентоспроможні перетворювачі цих видів енергії в електроенергію, а в цьому столітті за кордоном відбувається небувалий сплеск досліджень по підвищенню їх ефективності. На Україні немає виробників конкурентоспроможних електростанцій на поновлюваних джерелах енергії, а частка їх використання в десятки і сотні разів нижче, ніж в розвинених країнах.

Широкі перспективи розкриваються перед ВДЕ при використанні їх в якості додаткових (резервних) джерел електроенергії сільськогосподарських споживачів.

Сучасні ВЕС ефективно працюють при швидкостях вітру 3 + 25 м / с. Крім того, ВЕС ефективно використовуються в регіонах із середньою річною швидкістю вітру 3 + 5 м / с. Аналіз річного числа годин ефективного використання ВЕС, показує, що в середньому для більшості районів це число доходить до 2000 год.

Донедавна однією з основних причин, що стримувала застосування ВЕС була низька якість вироблюваної електроенергії, що обумовлена нерівномірністю вітрового потоку. Це призводить до значної зміни частоти обертання вітроколеса, і відповідно до коливань напруги, частоти електроенергії, що генерується і потужності, що віддається в цілому.

Економічність малої вітроенергетики в сільському господарстві підвищується при переході на використання в ВЕС типових проектів і уніфікованих вузлів, а також при застосуванні компактного серійного вітро- і електроенергетичного обладнання.

З урахуванням конструктивних і експлуатаційно-технічних характеристик, доцільно створювати ВЕС з невеликими габаритами вітроколеса, а підвищення встановленої потужності ВЕС отримувати за рахунок включення на паралельну роботу конструктивних типових рішень ВЕС.

Застосування електростанцій, що перетворюють енергію сонця в електричну енергію, є перспективним напрямком, оскільки в даний час зменшилася вартість фотоелементів і, в перспективі, очікується її значне зменшення [7]. Як відомо, 1 м^2 сонячних батарей, виробляє близько 1 кВт електроенергії постійного струму при сонячної середньої активності. Для перетворення електроенергії в змінний струм застосовуються статичні перетворювачі - інвертори. Середньомісячна температура повітря з квітня по жовтень в південних регіонах України знаходиться в межах від + 9 ° до + 23С і хмарності в ті ж місяці від 47% до 56% Висновки. Формулюються висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямку.

Однак, не дивлячись на відновлення досліджень щодо застосування ВДЕ, такі системи електропостачання на їх основі удосконалюються повільно. Це багато в чому пояснюється тим, що дослідження, в основному, проводилися і проводяться в напрямку розвантаження великих енергетичних систем, тобто, для розвантаження паливних електростанцій і ТЕЦ в централізованій системі електропостачання. Великі вітроелектростанції та сонячні електростанції мають великий термін окупності (зниження тарифів на електроенергію не спостерігалося протягом усіх успішних впроваджень відповідних установок), відповідно, їх менш потужні аналоги не можуть бути ефективними і при комбінованому і автономному використанні. Крім того комбіновані і автономні електростанції працюють в інших умовах, що істотно відрізняються від умов системного використання, отже, методики формування мережевих електростанцій на поновлюваних джерелах енергії не можуть бути застосовані без істотних змін для проектування комбінованих і автономних систем електропостачання.

За кордоном такі системи електропостачання працюють в умовах, що значно відрізняються від українських. По-перше, зарубіжні автономні об'єкти мають в кілька разів більшу встановлену потужність електроприймачів. По-друге, в розвинених країнах надлишок виробленої електроенергії власники автономних електростанцій можуть продавати в мережу енергетичних компаній. По-третє, розвинені країни розвивають відновлювальну енергетику і з урахуванням розширення ринку її реалізації.

Висновки. Світовий інтерес до поновлюваних джерел енергії дозволяє припустити великі перспективи їх використання.

Природні і кліматичні умови південних регіонів України, зокрема Запорізької області, одного з основних сільськогосподарських регіонів країни, сприяють широкому й ефективному впровадженню ВЕС та ФЕС.

Таким чином актуальним стає вдосконалення невеликих електростанцій на відновлювальних джерелах енергії, які працюватимуть в комбінованих або автономних системах електропостачання. Це в свою чергу вимагає наукового аналізу енергетичних установок на основі ВДЕ і умов їх роботи. З огляду на значну зонально-кліматичну особливість поновлюваних джерел енергії, такі дослідження слід проводити для конкретних кліматичних зон, однак, прагнучі при цьому до максимальних узагальнень отриманих результатів.

Література

1. Вплив якості електроенергії на функціонування споживачів у сільському господарстві / Д. Г. Войтюк [та ін.] // Електрифікація та автоматизація сільського господарства. – 2004. – №1 (6). – С. 3–12.

2. Єгорова О. Ю. Комплексне забезпечення надійності і якості електропостачання у сільських розподільних мережах / О. Ю. Єгорова // Енергетика та комп'ютерно-інтегровані технології в АПК. – 2016. – № 2. – С. 41-43.

3. Gustafson, R. J. (1988). *Fundamentals of electricity for agriculture*. St. Joseph, Michigan.

4. Савченко В. В. Вплив якості електричної енергії на технологічні процеси в рослинництві / В. В. Савченко, О. Ю. Синявський // Енергетика і автоматика. – 2015. – № 2. – С. 47-54.

5. Синявський О. Ю. Вплив відхилення показників якості електроенергії на технологічну складову збитку в тваринництві / О. Ю. Синявський, В. В. Савченко // Енергетика та автоматика. – 2016. – № 1. – С. 59-67.

6. Добровольська Л. Н. Проблеми надійності електропостачання сільськогосподарських об'єктів / Л. Н. Добровольська, М. В. Романюк, Д. С. Собчук // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – Харків, 2015. – № 164. – С. 56-57.

7. Bardi, U., Asmar, T. El, & Lavacchi, A. (2013). Turning electricity into food: the role of renewable energy in the future of agriculture. *Journal of cleaner production*, *53*, 224-231.

8. Козирський В. В. Електропостачання агропромислового комплексу : підручник / В. В. Козирський, В. В. Каплун, С. М. Волошин. – К. :Аграрна освіта, 2011. – 448 с.

9. Будзко И. А. Электроснабжение сельского хозяйства / И. А. Будзко, Т. Б. Лещинская, В. И. Сукманов. – М.: Колос, 2000. – 536 с. – (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений).

10. Система планово-предупредительного ремонта и технического обслуживания электрооборудования сельскохозяйственных предприятий. – М.: Агропромиздат, 1987. – 191 с.

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Лысенко О. В.

Аннотация

Работа посвящена использованию возобновляемых источников энергии в сельскохозяйственном производстве. Проведен аналитический анализ использования возобновляемых источников энергии для повышения качества электроэнергии в сельскохозяйственном производстве. Выполнена оценка возможного уровня убытков от низкого качества электрической энергии на современных объектах АПК и проведен анализ существующих технологий использования возобновляемых источников энергии. Электроснабжение сельскохозяйственных предприятий и других небольших объектов АПК, с точки зрения электропотребления объектов, может быть осуществлено по разным альтернативными вариантами: через сеть объединенной энергосистемы; комбинированное и автономное. Наиболее доступными видами возобновляемой энергии для малых потребителей является энергия солнечного излучения, ветра и биотоплива. Учитывая значительную зонально-климатическую особенность возобновляемых источников энергии, исследования возможности их использования следует проводить для конкретных климатических зон.

ANALYSIS OF USE RENEWABLE ENERGY SOURCES FOR INCREASING THE QUALITY OF ELECTRICAL SUPPLY IN AGRICULTURAL PRODUCTION

O. Lysenko

Summary

This paper is devoted to the use of renewable energy sources in agricultural production. An analytical analysis of the use of renewable energy sources for improving the quality of electricity in agricultural production has been carried out. The estimation of the possible level of losses from the low quality of electric energy on the modern objects of the agroindustrial complex and an analysis of the existing technologies of the use of renewable energy sources has been carried out. Electricity supply of agricultural enterprises and other small objects of agrarian and industrial complex, from the point of view of electric power consumption can be carried out on various alternative variants: through the network of the power system; hybrid and autonomous. The most affordable types of renewable energy for small consumers are the energy of solar radiation, wind and biofuels. Given the significant zonal-climatic feature of renewable energy, research on their use should be carried out for specific climatic zones, however, while seeking to maximize the generalization of the results.

УДК 699.866:697.986 DOI: 10.31388/2220-8674-2018-2-30

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЇ ТРУБОПРОВОДІВ

Стручаєв М. І., к.т.н.,
Стьопін Ю. О., к.т.н.,
Гулевський В. Б., к.т.н.,
Постол Ю. О., к.т.н.,
Левченко Д. В., інженер
Таврійський державний агротехнологічний університет
E-mail: usun105@gmail.com

Анотація – стаття присвячена дослідженню теплоізоляції трубопроводів, відбиваюча поверхня яких влаштована різними способами, запропонована методика розрахунку та конструкція компактних теплоізоляційних елементів на прикладі зменшення втрат енергії в трубопроводах для нагрітої рідини. Приведені експериментальні дані дослідження ефективності теплоізоляції сталевих повітряних трубопроводів. Метою дослідження є встановлення можливості підвищення ефективності теплоізоляції трубопроводів шляхом визначення її оптимального розташування. Для досягнення цієї мети поставлені такі завдання: запропонувати методику розрахунку теплових втрат з урахуванням радіаційної складової; перевірити відповідність теоретичних розрахунків фактичним значенням температур поверхні зовнішнього шару теплоізоляції при різному розташуванні. Методика дослідження заснована на модифікованому методі вивчення процесу втрати тепла. Визначено теплові втрати горизонтального сталевого трубопроводу, утепленого покриттям з алюмінієвої плівки, зверненого назовні і зверненого всередину. Температура в трубі підтримувалася за допомогою електричного нагрівача. Визначено температури поверхні зовнішнього шару теплоізоляції при різному розташуванні. Експерименти проводилися при температурі навколишнього середовища 20°С. Кожні 10 хвилин температуру нагрівання реєстрували. Постійна температура досягалася через 40 хвилин після початку досліджень. Запропонована методика розрахунку теплових втрат з урахуванням радіаційної складової може бути використана при проектуванні теплоізоляції трубопроводів. Перевірено відповідність теоретичних розрахунків фактичним значенням температур поверхні зовнішнього шару теплоізоляції при різному розташуванні. Теплові втрати горизонтального сталевого трубопроводу теплоізольованого з покриттям алюмінієвою плівкою, зверненої всередину зменшились на 10 відсотків, в порівнянні з тепловими втратами горизонтального сталевого трубопроводу теплоізольованого з покриттям алюмінієвою плівкою, зверненої зовні. Проведені дослідження вказують, що доцільно теплоізолювати трубопроводи, встановлюючи шар ізоляції в бік поверхні трубопроводів, а не навпаки. В цьому випадку температура теплоносія становить від 3 до 5°С вище, що дозволить в підсумку заощаджувати енергію.

Ключові слова **– енергозбереження, теплоізоляція трубопроводів, теплопровідність, втрати енергії, компактні теплоізоляційні елементи.**

© Стручаєв М. І., Стьопін Ю. О., Гулевський В. Б., Постол Ю. О., Левченко Д. В.

Постановка проблеми. Істотна роль у вирішенні проблеми економії теплової енергії належить високоефективній тепловій ізоляції [1,2,3]. Теплова ізоляція трубопроводів забезпечує зниження енерговитрат на опалення будівель і споруд [4]. Однак умови експлуатації теплової ізоляції накладають особливі вимоги. Тому пошук шляхів підвищення ефективності її використання грає важливу роль, оскільки це дозволяє протягом тривалого часу знижувати втрати теплоти.

Аналіз останніх досліджень. Теплоізоляційні матеріали, призначені для трубопроводів, представлені матами-мінераловатними, виробами зі скловолокна, крім того, для ізоляції трубопроводів з температурою до 130 °С застосовуються шкаралупи з важкогорючого фенольно-резольного пінопласту ФРП-1 [5]. Для ізоляції трубопроводів використовують, також, одержані формуванням: циліндри, напівциліндри, сегменти з мінеральної та скляної вати [6]. Досить докладно властивості теплоізоляційних матеріалів досліджені в роботі Щербака А. С. [8], в тому числі спіненого скловолокна, в роботі Schill F. [7], а технологія теплоізоляції трубопроводів викладена роботі Лундишева А. І. [9].

Як відомо, ефективність теплоізоляції трубопроводів залежить від термічного опору осередків пористого або волоконного матеріалу. Для теплоізоляції найбільш прийнятними є ті теплоізоляційні матеріали, у яких низький коефіцієнт теплопровідності. У той же час недостатньо вивчені питання оптимізації теплоізоляції трубопроводів, які зводяться до знаходження не тільки матеріалу, але і його розташування, при якому загальний коефіцієнт теплопередачі багатошарової конструкції з послідовно розташованими шарами, був би мінімальним.

Постановка завдання. Метою дослідження є встановлення можливості підвищення ефективності теплоізоляції трубопроводів шляхом визначення її оптимального розташування.

Для досягнення цієї мети поставлені такі завдання:

1. Запропонувати методику розрахунку теплових втрат з урахуванням радіаційної складової.

2. Перевірити відповідність теоретичних розрахунків фактичним значенням температур поверхні зовнішнього шару теплоізоляції при різному розташуванні.

Основна частина. Теплообмін між гарячою водою та атмосферним повітрям крізь стінку труби, яка їх розділяє та теплоізоляційного матеріалу здійснюється тепло передачею. При цьому теплота від води до стінки труби і від поверхні зовнішнього шару теплоізоляції передається тепловіддачею, або радіаційно - конвективним теплообміном, а через стінку і шарами теплоізоляції –

теплопровідністю. Досліджено два варіанти розташування: коли з алюмінієвої плівки зроблений зовнішній шар теплоізоляції, та коли з алюмінієвої плівки зроблено внутрішній шар теплоізоляції.

Загальний коефіцієнт теплопередачі багатошарової теплоізоляції трубопроводу з послідовно розташованими шарами розраховують за формулою:

$$k_0 = {}^1/_{R_0} = {}^1/_{(R_H + \Sigma R_i + R_B) + R_{из}}, \quad (1)$$

де R_0 - загальний опір теплопередачі багатошарової конструкції, (м^2·К) /Вт;

R_H, R_B– опір тепловіддачі відповідно з зовнішньої і внутрішньої сторони, м^2·К/Вт; $R_H = {}^1/_{\alpha_н}$, $R_B = {}^1/_{\alpha_в}$;

R_i - опір теплопровідності *i*-го шару, м·К/Вт; $R_i = \delta_i/\lambda_i$;

$R_{из}$ – опір теплопровідності теплоізоляційного шару, м^2·К/Вт; $R_{из} = \delta_{из}/\lambda_{из}$;

$\alpha_н и \alpha_в$ - коефіцієнти тепловіддачі із зовнішньої і внутрішньої сторони відповідно, Вт/(м^2·К);

δ_i – товщина шарів, м;

λ_i - коефіцієнт теплопровідності шарів конструкції, Вт/(м·К);

$\delta_{из}$ – товщина теплоізоляційного шару, м;

$\lambda_{из}$– коефіцієнт теплопровідності ізоляційного шару, Вт/(м·К).

Визначимо кількість теплоти, що втрачається за секунду горизонтальним не теплоізольованим сталевим трубопроводом, діаметром 50 мм, висотою 1 метр, температура зовнішньої поверхні труби 60 °С, а температура атмосферного повітря 5 °С.

Коефіцієнт тепловіддачі із зовнішньої сторони труби α для вертикального сталевого трубопроводу визначимо за формулою (2) вибравши в якості лінійного розміру діаметр:

$$\boldsymbol{\alpha = \frac{Nu \cdot \lambda}{d}}, \quad (2)$$

де *Nu* – критерій Нуссельта;

λ – теплопровідність повітря, Вт/(м·К);

d – діаметр труби, м.

Критерій Нуссельта визначали за формулою (3) [1]:

$$Nu = 0.50 \cdot (Gr \cdot \mathrm{Pr})^{0.25} \cdot (\frac{\mathrm{Pr}_c}{\mathrm{Pr}_n})^{0.25}. \quad (3)$$

Критерій Грасгофа визначали за формулою (4), також вибравши в якості лінійного розміру діаметр:

$$\boldsymbol{Gr = \frac{\beta_t \cdot g \cdot d^3 \cdot \Delta t}{\nu^2}}. \quad (4)$$

$$Gr = 9.81 \cdot 0.05^3 \cdot (60\text{-}5) \cdot 10^{12}/(293 \cdot 15^2) = 10.2 \cdot 10^5,$$

$$Gr \cdot Pr = 10.2 \cdot 10^5 \cdot 0.7 = 7.14 \cdot 10^5,$$

тоді $Nu = 0.5 \cdot (7.14 \cdot 10^5)^{0.25} = 14{,}5.$

Коефіцієнт тепловіддачі:

$$\alpha_1 = 14{,}5 \cdot 0{,}0299/0{,}05 = 8{,}67 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)};$$

Теплові втрати горизонтального не теплоізольованого сталевого трубопроводу

$$Q_{\text{н.т.}} = \alpha_1 \cdot F \cdot (t_2 - t_1) \cdot \tau, \quad (5)$$

$$Q_{\text{н.т.}} = 8{,}67 \cdot 3{,}14 \cdot 0{,}05 \cdot 1 \cdot 55 \cdot 1 = 74{,}86 \text{ Дж}.$$

Виконаємо аналогічні розрахунки для визначення кількості теплоти, що втрачається теплоізольованим трубопроводом, шар теплоізоляції дорівнює 5мм:

$$Q_{\text{т.ізl}} = k_l \pi (t_{p1} - t_{p2}) \cdot l, \quad (6)$$

де k_l- коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м^2·К).

$$k_l = \frac{1}{1/(\alpha_1 d_1) + 1/(2\lambda)\sum_{i=1}^{n} \ln(d_{i+1}/d_i) + 1/(\alpha_2 d_2)}, \quad (7)$$

$k_l = 1/(1/(1/20 \cdot 0.045) + 1/2 \cdot 45 \cdot \ln(0{,}05/0{,}045) + 1/(5 \cdot 0{,}06)) = 0{,}15$ Вт/(м^2·К).

Теплові втрати горизонтального теплоізольованого сталевого трубопроводу:

$$Q_{\text{т.ізl}} = k_1 \pi \left(t_{p1} - t_{p2}\right) \cdot l \cdot \tau, \quad (8)$$

$$Q_{\text{т.ізl}} = 0{,}15 \cdot 3{,}14 \cdot (60 - 5) \cdot 1 \cdot 1 = 25{,}9 \ Дж$$

Виконаємо аналогічні розрахунки для визначення кількості теплоти, що втрачається теплоізольованим трубопроводом, шар теплоізоляції дорівнює 5мм, покритий алюмінієвою плівкою, зверненої назовні. Ступінь чорноти плівки ε = 0,05.

Визначимо коефіцієнт тепловіддачі, який враховує променисту складову $\alpha_{n.m.}$

$$\alpha_{n.m.} = \frac{C \cdot \left[\left(\frac{T_1}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_2}{100}\right)^4\right]}{T_1 - T_2}, \quad (9)$$

де C - коефіцієнт випромінювання звичайного тіла.

$$C = \varepsilon \cdot C_0, \quad (10)$$

де ε- ступінь або коефіцієнт чорноти, в даному випадку ε = 0,05;

C_0 - коефіцієнт випромінювання абсолютно чорного тіла,

$C_0 = 5{,}67 \ Вт/(м^2 К^4)$,

$\alpha_{n.m.}$ =0,05·5,67· ((35/100)^4 –(5/100)^4)/(35-5) = 0,014 Вт/(м^2·К).

У нашому випадку маємо складний теплообмін, для якого визначимо коефіцієнт тепловіддачі α, який враховує променисту $\alpha_{n.m.}$ та конвективну $\alpha_{к.т.}$ складові теплообміну:

$$\alpha = \alpha_{n.m.} + \alpha_{к.т.}, \quad (11)$$

$$Q = (\alpha_{n.m.} + \alpha_{к.т.}) \cdot F \cdot \left(T_1 - T_2\right) \cdot \tau. \quad (12)$$

Теплові втрати горизонтального сталевого трубопроводу теплоізольованого з покриттям алюмінієвою плівкою, зверненої назовні;

Q = (0,014 +0,15) · 3,14·0,06·30·1·1 = 0,93 Дж.

Виконаємо аналогічні розрахунки для визначення кількості теплоти, що втрачається теплоізольованим трубопроводом, шар теплоізоляції дорівнює 5мм, покритий алюмінієвою плівкою,

зверненої всередину - до трубопроводу. Ступінь чорноти плівки ε = 0,05.

Визначимо коефіцієнттепловіддачі, який враховує променисту складову $\alpha_{n.m.}$ за формулами (8) і (9):

$$\alpha_{n.m.} = 0{,}05 \cdot 5{,}67 \cdot ((60/100)^4 - (5/100)^4)/(60-5) = 0{,}003 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}.$$

Теплові втрати горизонтального сталевого трубопроводу теплоізольованого з покриттям алюмінієвою плівкою, зверненої всередину.

$$Q = (0{,}003 + 0{,}15) \cdot 3{,}14 \cdot 0{,}06 \cdot 30 \cdot 1 \cdot 1 = 0{,}86 \text{ Дж}$$

Тобто теплові втрати зменшились від 7 до10 відсотків.

Матеріали і методи дослідження. Методика дослідження заснована на модифікованому методі вивчення процесу теплових втрат [8,9]. Визначалися теплові втрати горизонтального сталевого трубопроводу теплоізольованого з покриттям алюмінієвою плівкою, зверненої назовні і зверненої всередину. Температура в трубі підтримувалася за допомогою електронагрівача. Схема випробувального стенду показана на рис.1.

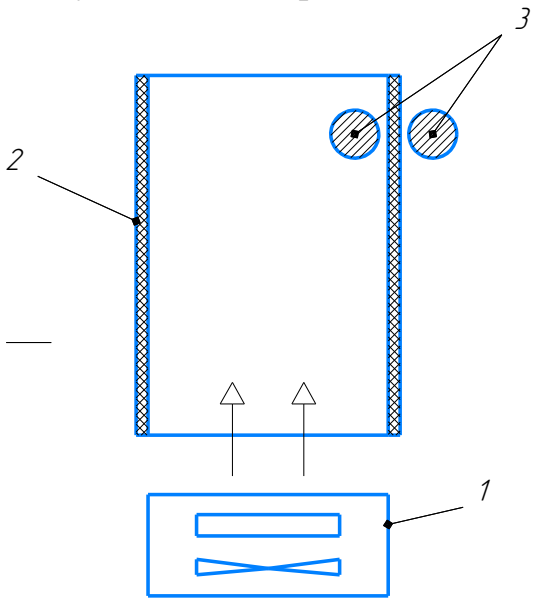


Рис.1. Схема випробувального стенду
1- теплогенератор; 2- теплоізоляція; 3-датчики температури повітря.

Результати та обговорення. Проведено дослідження температур поверхні зовнішнього шару теплоізоляції при різному

розташуванні. Досліди проведено при температурі навколишнього середовища 20°С (табл. 1, 2).

Таблиця 1

Дослідні дані вимірів температури повітря (відбиваюча поверхня спрямована в бік поверхні трубопроводу)

Товщина тепло ізоляції, мм	Місто контролю температури повітря	Час нагрівання повітря, хв.				
		0	10	20	30	40
3	На поверхні трубопроводу	20,0	24,1	26,3	27,8	28,2
	Всередині трубопроводу	20,0	40,1	45,2	47,0	47,7
5	На поверхні трубопроводу	20,0	23,9	26,1	27,6	28,0
	Всередині трубопроводу	20,0	42,2	47,3	49,1	49,8
10	На поверхні трубопроводу	20,0	23,6	25,8	27,4	27,8
	Всередині трубопроводу	20,0	46,3	51,4	53,2	53,9

Кожні 10 хвилин фіксувалася температура нагріву. Стала температура досягалася за 40 хвилин досліджень.

Висновки. Запропонована методика розрахунку теплових втрат з урахуванням радіаційної складової може бути використана при проектуванні теплоізоляції трубопроводів. Перевірено відповідність теоретичних розрахунків фактичним значенням температур поверхні зовнішнього шару теплоізоляції при різному розташуванні. Теплові втрати горизонтального сталевого трубопроводу теплоізольованого з покриттям алюмінієвою плівкою, зверненої всередину зменшились на 10 відсотків в порівнянні з тепловими втратами горизонтального сталевого трубопроводу теплоізольованого з покриттям алюмінієвою плівкою, зверненої зовні.

Таблиця 2

Дослідні дані вимірів температури повітря (відбиваюча поверхня спрямована в бік навколишнього середовища)

Товщина теплоізоляції, мм	Місто контролю температури повітря	Час нагрівання повітря, хв.				
		0	10	20	30	40
3	На поверхні трубопроводу	20,0	24,5	26,7	28,2	28,6
	Всередині трубопроводу	20,0	36,1	41,0	43,1	43,6
5	На поверхні трубопроводу	20,0	24,3	26,5	28,0	28,4
	Всередині трубопроводу	20,0	38,7	43,6	45,8	46,2
10	На поверхні трубопроводу	20,0	24,0	26,2	27,8	28,2
	Всередині трубопроводу	20,0	42,1	48,1	49,4	50,0

Проведені дослідження вказують, що доцільно ізолювати теплотрубопроводи, встановлюючи шар ізоляції в бік поверхні трубопроводів, а не навпаки. В цьому випадку температура теплоносія становить від 3 до 5^{o}C вище, що дозволить в підсумку заощаджувати енергію.

Література

1. Дідур В. А. Теплотехніка, теплопостачання і використання теплоти в сільському господарстві / В. А. Дідур, М. І. Стручаєв. – К.: Аграрна освіта, 2008. – 233 с.

2. Будівельне матеріалознавство на транспорті : підручник / О. М. Пшінько [та ін.]. – Дніпропетровськ, 2010. – 624 с.

3. Sallberg, S.-E., Nilsson, S., Bergstrom, G. (2006). Leakagewaysfor ground waterin PUR-foam. *10th Intern.Simposiumon District Heatingand Cooling* (3-5 Sept. 2006), Hannover, Germany.

4. Корчемний М. Енергозбереження в агропромисловому комплексі / М. Корчемний, В. Федорейко, В. Щербань. – Тернопіль, 2001. – 984 с.

5. Горлов Ю. П. Технология теплоизоляционных материалов : учебник / Ю. П. Горлов, А. П. Меркин, А. А. Устенко. – М. : Стройиздат, 1980. – 399 с.

6. Теплоизоляционные материалы и конструкции : учебник / Ю. Л. Бобров [и др.]. – М. : Инфра-М, 2003. – 265 с.

7. Щербак А. С. Експлуатаційні та екологічні переваги теплоізоляції із застосуванням модифікованого піноскла / А. С. Щербак // Вісник Дніпр. нац. ун-ту залізн. транс. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2010. – Вип. 32. – С. 141-142.

8. Schill, F. (1962). *Penovesklo: vyroba a pouziti*. Praha: SNTL.

9. Щербак А. С. Исследование свойств современных теплоизоляционных материалов / А. С. Щербак // Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта. – Днепропетровск, 2013. – Вип. 2 (44). – С. 136-143.

10. Лундышев А. А. Экспериментальные исследования технологии теплоизоляции трубопроводов / А. А Лундышев. // Инженерно-строительный журнал. – Спб, 2010. – Вып. 5. – С. 49-52.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ ТРУБОПРОВОДОВ

Стручаев Н. И., Степин Ю. А., Гулевский В. Б., Постол Ю. А., Левченко Д. В.

Аннотация

Статья посвящена исследованию теплоизоляции трубопроводов, отражающая поверхность которых устроена разными способами, предложена методика расчета и конструкция компактных теплоизоляционных элементов, на примере уменьшения потерь энергии в трубопроводах для нагретоой жидкости. Представлены экспериментальные данные об эффективности теплоизоляции стальных воздушных трубопроводов. Целью исследования является установление возможности повышения эффективности теплоизоляции трубопроводов путем определения ее оптимального расположения. Для достижения этой цели поставлены следующие задачи: предложить методику расчета тепловых потерь с учетом радиационной составляющей; проверить соответствие теоретических расчетов фактическим значением температур поверхности наружного слоя теплоизоляции при различном расположении. Методика исследования основана на модифицированном методе изучения процесса потери тепла. Определены тепловые потери горизонтального стального трубопровода, утепленного покрытием из алюминиевой пленки, обращенного наружу и обращенного внутрь. Температура в трубе поддерживалась с помощью электрического нагревателя. Определены температуры поверхности наружного слоя теплоизоляции при различном расположением. Эксперименты проводились при температуре окружающей среды 20°С. Каждые 10 минут температуру нагрева регистрировали. Постоянная температура достигалась через 40 минут после начала исследований. Предложенный метод расчета тепловых потерь с учетом радиационной составляющей может быть использован при проектировании теплоизоляции трубопроводов. Проверено соответствие теоретических расчетов фактическим значениям температуры поверхности наружного слоя теплоизоляции при различном расположении. Тепловые потери горизонтального стального трубопровода, теплоизолированного с покрытием из алюминиевой фольги, повернутой внутрь, уменьшились на 10 процентов по сравнению с тепловыми потерями горизонтального стального трубопровода, теплоизолированного с покрытием из алюминиевой фольги, обращенным наружу. Проведенные исследования показывают, что целесообразно теплоизолировать трубопроводы, устанавливая слой изоляции в направлении поверхности трубопроводов, а не наоборот. В этом случае температура теплоносителя будет на 3–5°С выше, что в конечном итоге позволит сэкономить энергию.

RESEARCH OF THERMAL INSULATION OF PIPELINES

N. Struchaev, Y. Stopin, V. Hulevskyi, Y. Postol, D. Levchenko

Summary

The article is devoted to research of thermal insulation of pipelines, the reflecting surface of which is arranged in different ways, the method of calculation and construction of compact heat-insulating elements is proposed, for example, to reduce energy losses in pipelines for a heated liquid. The experimental data on the effectiveness of thermal insulation of steel air pipelines are presented. The purpose of the study is to establish the possibility of increasing the efficiency of thermal insulation of pipelines by determining its optimal location. To achieve this goal, the following tasks are set: a methodology for calculating heat losses taking into account the radiation component; check the correspondence of theoretical calculations to the actual values of the surface temperature of the external layer of thermal insulation at different locations. The method of research is based on the modified method of studying the process of heat loss. The thermal losses of a horizontal steel pipeline, heat-insulated with a coating of aluminum film, facing outwards and facing inside, were determined. The temperature in the pipe was maintained using an electric heater. Surveying the temperature of the surface of the external layer of thermal insulation with different location. Experiments have been carried out at ambient temperature of 20 ^{0}C. Every 10 minutes the temperature of the heating was recorded. A constant temperature was reached 40 minutes after the start of the study. The proposed method of calculation of heat losses taking into account the radiation component can be used in designing heat insulation of pipelines. The correspondence of theoretical calculations to the actual values of the temperature of the surface of the external layer of thermal insulation with different location is checked. Thermal losses of a horizontal steel pipeline, heat-insulated with a coating of aluminum foil, turned inside decreased by 10 percent compared with the thermal losses of a horizontal steel pipeline, heat-insulated with a coating of aluminum foil facing outwards. The conducted researches indicate that it is expedient to isolate heat pipes, setting the layer of insulation in the direction of the surface of the pipelines, and not vice versa. In this case, the temperature of the coolant is from 3 to 5^{o}C higher, which will eventually save energy.

Keywords: energy saving, thermal insulation of pipelines, thermal conductivity, energy losses, compact heat-insulating elements.

УДК 621.314 DOI: 10.31388/2220-8674-2018-2-31

ОПТИЧНА СИСТЕМА ВИМІРУ СТРУМУ В УМОВАХ ЛІНІЇ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧ ВИСОКОЇ НАПРУГИ

Лобода О. І. , к.т.н.
Таврійський державний агротехнологічний університет
E-mail: oleksandr.loboda@tsatu.edu.ua

Анотація – при створенні пристроїв релейного захисту енергетичних систем в даний час підвищуються вимоги до точності вимірювання електричних параметрів електроенергії: напруги, струму, потужності. Поряд з використанням звичайних електромагнітних трансформаторів струму і напруги, електромеханічних реле, відбувається впровадження мікропроцесорної техніки в автоматизованих системах обліку та контролю електричної енергії, а також додатково виникає необхідність в контролі якості електроенергії. Тому до первинних перетворювачів миттєвих значень струму і напруги як до джерел первинної інформації висувають нові більш жорсткі вимоги.

Застосовувані в даний час електромагнітні вимірювальні трансформатори струму не мають стійкої частотної характеристи, необхідної для повного аналізу якості електроенергії. Крім того, вони мають обмежену електричну міцність і низьку надійність. В якості альтернативи існуючим трансформаторам струму пропонується використовувати безінерційний шунт коаксіального типу з різнорідного матеріалу з подальшою цифровою обробкою миттєвих значень енергетичних параметрів, а в якості ліній передачі інформації запропоновано використовувати волоконно-оптичну лінію зв'язку. Проведено дослідження технічних характеристик існуючих вимірювальних систем на відповідність вимогам, що пред'являються до точності вимірювань, аналізу якості електричної енергії, надійності і робочого частотного діапазону.

Зроблено вибір і розроблена конструкція коаксіального шунта з найбільш підходящими технічними характеристиками для розроблюваної вимірювальної системи і з вибором матеріалу для зовнішнього і внутрішнього циліндрів.

Експериментальні дослідження, виконані за допомогою програмних комплексів: Elcut, Matlab. Запропонована електронно-оптична система вимірювань енергетичних параметрів ліній електропередач високої напруги, за своїми характеристиками перевершує існуючі електромеханічні аналоги. Проведено порівняльний аналіз використовуваних в даний час систем вимірювання на базі електромагнітних трансформаторів струму і пропонованої системи, що розробляється, яка може використовуватися в високовольтних комплексах контролю електроенергії і для сучасних мікропроцесорних пристроїв релейного захисту та автоматики.

Ключові слова – аналого-цифровий перетворювач, коаксіальний, релейний захист, світлодіод, трансформатор струму, цифровий сигнал, шунт.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Перетворення в електроенергетиці спрямовані на формування конкурентного ринку елект-

© Лобода О. І.

роенергії, а також супутні законодавчі акти. У зв'язку з чим підвищилися вимоги до точності обліку електроенергії і, відповідно, розробка високоточних вимірювальних систем стала як ніколи актуальна.

Останні роки також характеризуються швидким розвитком енергетики. Підвищуються номінальна напруга і струми електрообладнання, що встановлюється в енергосистемах. У зв'язку з об'єднанням енергосистем значно збільшуються струми короткого замикання. Тенденції в електроенергетиці в даний час такі, що поряд з існуючими традиційними системами релейного захисту, протиаварійної автоматики, вимірювань і обліку на станціях і підстанціях впроваджуються цифрові (мікропроцесорні) системи релейного захисту і автоматики, АСКОЄ, вимірювання і диспетчеризації. А це призводить до зростання навантаження на вимірювальні трансформатори струму і внаслідок цього до погіршення їх класу точності.

В даний час підвищуються вимоги до точності вимірювання електричних параметрів електроенергії. Широке впровадження мікропроцесорної техніки в системах обліку і контролю електричної енергії, а також необхідність в контролі якості електроенергії висувають нові більш жорсткі вимоги до джерел первинної інформації, якими є датчики миттєвих значень струму і напруги. Застосовувані в даний час електромагнітні вимірювальні трансформатори струму не мають частотну характеристику, що необхідна для повного аналізу якості електроенергії. Крім цього вони мають обмежену електричну міцність і низьку надійність. В якості альтернативи трансформаторів струму пропонується використовувати безінерційний шунт з подальшою цифровою обробкою миттєвих значень струму. Дослідження технічних характеристик існуючих вимірювальних систем на відповідність вимогам, що пред'являються до точності вимірювань, аналізу якості електричної енергії, надійності і робочого частотного діапазону.

Формулювання цілей статті. Провести аналіз характеристик існуючих електромагнітних первинних перетворювачів якості електричної енергії. Визначити альтернативний спосіб виміру електричного струму високовольтних ліній електропередач з використуванням елементів волоконної оптики і мікропроцесорних засобів. Визначити похибки існуючих і запропонованих засобів виміру струму.

Виклад основного. В даний час для вимірювання великих струмів використовують переважно електромагнітні трансформатори струму, робота яких основана на явище і законі електромагнітної індукції. Їх застосування забезпечує гальванічне відділення вимірювальних приладів і реле струму від ланцюгів високої напруги. Від роботи трансформаторів струму залежить точність електричних вимірювань та обліку електроенергії, а також надійність і вірність дії релейного захисту та автоматики при пошкодженнях електрообладнання і

ліній електропередачі, що безпосередньо впливає на безперебійність електропостачання споживачів. Однак наявні вимірювальні системи на базі електромагнітних трансформаторів струму мають ряд недоліків.

Відомо, що звичайний трансформатор струму - це пристрій, призначений для перетворення первинного струму в такий вихідний сигнал, параметри якого функціонально пов'язані з параметрами первинного струму. Трансформатори струму є найбільш вживаними вимірювальними перетворювачами струму.

Електромагнітні трансформатори струму мають такі переваги:

- клас точності - 0,2 - 0,5%;
- простота і надійність трансформаторів струму (ТС) в мережах 6-35 кВ;
- температурна стабільність характеристик ТС.

Незважаючи на всі переваги, існуючі вимірювальні системи на базі електромагнітних трансформаторів струму мають також і ряд недоліків:

- насичення магнітопроводу електромагнітного струму ТТ аперіодичною складовою струму короткого замикання і відсутність передачі інформації про первинний струм в перші періоди аварійного перехідного процесу, коли ця інформація найбільш необхідна системам РЗА для успішної локалізації та ліквідації аварії (похибки трансформації струму електромагнітними ТС досягають в цьому режимі до 90 %);
- не забезпечують необхідної в умовах ринкових відносин точності вимірювання, так як вони створювалися в основному десятки років назад, коли електроенергія не була товаром і до точності її обліку не висувалися високі вимоги;
- низька надійність обумовлена, в першу чергу, обмеженою електричною міцністю ізоляції первинних та вторинних ланцюгів трансформаторів струму;
- низькі електродинамічні властивості, обумовлені електричної інерційністю вимірювального приладу;
- обмежені можливості оцінки якості електричної енергії.

Зі сказаного можна зробити наступний висновок, що, незважаючи на великий досвід в області розробки і експлуатації електромагнітних трансформаторів струму, усунути недоліки притаманні їм не вдалося.

Пошук альтернативного технічного рішення вимірювання струму в високовольтних електроенергетичних установках ведеться давно як в Україні, так і за кордоном. Ці дослідження стали більш актуальними в зв'язку з інтенсивним процесом впровадження мікропроцесо-

рів в системи керування, вимірювання, релейного захисту, протиаварійної автоматики, телемеханіки на станціях і підстанціях.

Розглянемо більш докладно переваги оптоелектронних трансформаторів струму (ОТС):

- природна гальванічна розв'язка первинних і вторинних ланцюгів (чутливий елемент - оптичне волокно - є діелектриком);
- відсутність впливу навантаження вторинних ланцюгів і втрат в них;
- не вимагають заміни / контролю масла або елегазу, регулярного ремонту або перевірки, а лише повірки приладу та його вихідних характеристик;
- малі масові і габаритні параметри;
- можливість інтеграції в вимірювальні та інформаційні системи з використанням різних інтерфейсів - аналогових, дискретних і цифрових;
- клас точності - 0,1 - 0,25%;
- висока пожежна безпека, вибухобезпечність і екологічність, так як не містить мастил, паперу, горючих полімерів і елегазу в високовольтної ізоляції;
- виключена проблема явища ферорезонансу і небезпеки розмикання вторинних струмових ланцюгів.

Однак, незважаючи на велику кількість переваг, ОТС мають ряд недоліків:

- залежність повороту вектору поляризації світла від вібрації, яка сильніше, ніж ефект Фарадея (в вихідному сигналі вибрати корисний сигнал, пропорційний струму від сигналу, пропорційного вібрації - практично неможливо);
- для блоків перетворення оптичного сигналу в електричний - необхідні спеціальні джерела живлення;
- необхідність забезпечення високої точності, надійності і стабільності роботи в часі при зміні робочих температур в широкому діапазоні призводить до значних ускладнень схем і, як наслідок, до втрати конкурентоспроможності особливо в конструкціях на нижчі класи напруги.

На даний момент практично відсутній досвід експлуатації таких перетворювачів струму.

Електронно-оптична система вимірювань параметрів струму ліній високої і надвисокої напруги дозволить позбутися від більшості перерахованих вище недоліків існуючих систем. На рис. 1 представлена її блок-схема. Система складається з двох частин: вимірювальний пристрій і пристрій керування.

Вимірювальний пристрій включає в себе: датчик струму, аналого-цифровий перетворювач (АЦП), перетворювач коду, кероване джерело світла і перетворювач енергії. Всі елементи вимірювального пристрою розташовують усередині провідних елементів електричних підстанцій.

В якості первинного перетворювача використовується шунт змінного струму, падіння напруги на якому пропорційно струму, що протікає.

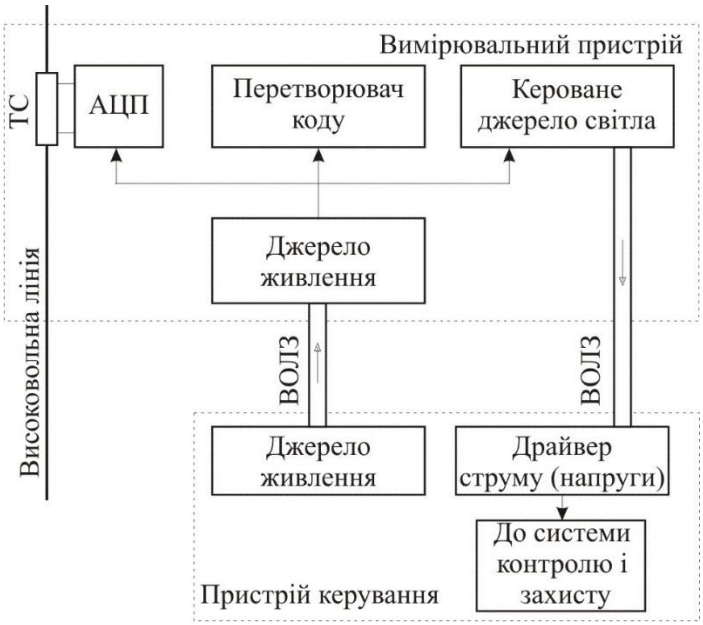


Рис. 1. Блок-схема електронно-оптичної системи виміру струму ліній високої напруги

Так як, найбільший внесок в похибку вимірювань шунтів вносить її індуктивна складова, вибір безіндуктівной конструкції шунта є основоположним завданням.

У нашому випадку для вимірювань передбачається використання трубчастого біфілярного шунту з коаксіальним розташуванням двох циліндричних трубок, який представлений на рис. 2.

За конструкцією коаксіальний шунт складається з двох вкладених один в одного циліндрів, за якими струм протікає в протилежних напрямках. Внутрішній циліндр виготовляють з резистивного матеріалу з великим питомим опором, (манганін, константан), а зовнішній - з меншим (мідь).

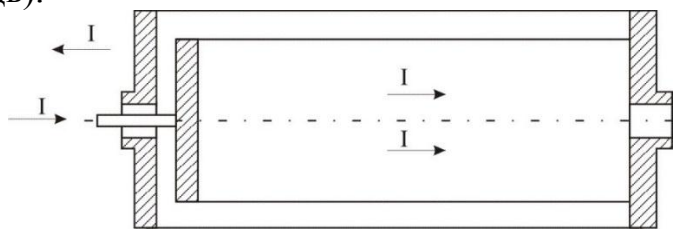


Рис. 2. Загальна конструкція коаксіального шунта

Головною перевагою такого шунта є те, що його власне магнітне і електричне поля зосереджені в просторі між внутрішньою і зовнішньою трубками. Виходячи з того, що всередині і зовні шунта напруженість магнітного поля дорівнює нулю, магнітний зв'язок між резистивною частиною шунта і зовнішніми магнітними полями фактично відсутній, а використання струмовідводів Т1, Т2 і потенційних виводів ПВ коаксіального типу усувають магнітний зв'язок між ними.

Експериментальні дослідження виконані з допомогою програмних комплексів: Elcut, Matlab. Запропоновано електронно-оптична система вимірювань параметрів струму ліній електропередач високої і надвисокої напруги, яка за своїми характеристиками перевершує існуючі аналоги. Проведено порівняльний аналіз використаних в даний час систем вимірювання на базі трансформаторів струму і нової розроблюваної системи. Розроблена система може використовуватися в високовольтних комплексах контролю електроенергії і для сучасних пристроїв релейного захисту та автоматики на сучасній мікропроцесорній основі. Шунт побудований за такою схемою є нелінійним, тому що при зростанні струму шунт нагрівається і його опір змінюється. Вибір матеріалу з малим температурним коефіцієнтом опору дозволяє зберегти цю нелінійність на низькому рівні.

Іншою вимогою, що пред'являються до матеріалу робочого елемента шунта, є його високий питомий опір. При дуже високих частотах f з'являється ефект витіснення струму на поверхню, при цьому вона сильно розігрівається, а середина залишається холодною. Цей ефект має назву скін-ефект. Глибина проникнення Δ від частоти залежить таким чином:

$$\Delta \approx \frac{1}{\sqrt{\pi f \mu \mu_0 \lambda}} \quad (1)$$

де f – частота, Гц

μ_0 – магнітна проникливість в вакуумі

μ – відносна магнітна проникливість матеріалу

λ - електрична провідність матеріалу, См/м

В подальшому проведено розрахунки параметрів шунту: визначено опір; товщина робочого елементу шунта за умовами – постійного часу і зведення до мінімуму амплітудних і фазових похибок; радіус робочого елементу; значення струму за умовою електродинамічної стійкості.

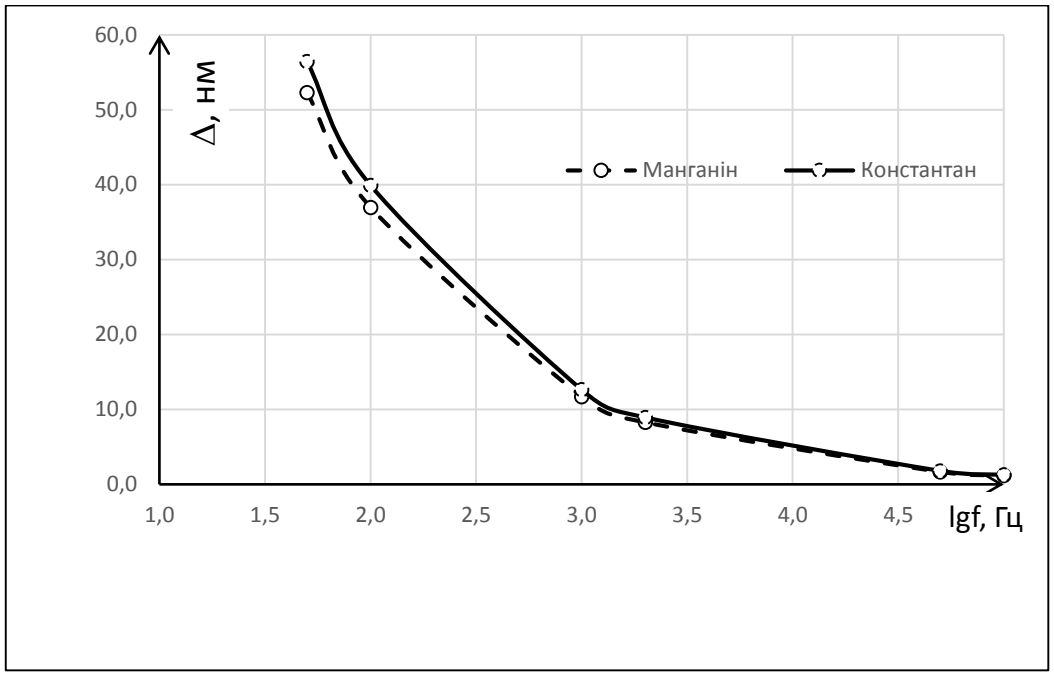


Рис. 3. Скін-ефект для манганіну і константану

Для перевірки моделі коаксіального шунту використовувалася схема заміщення подільника напруги, що представлена на рис. 4. Він має властивості, як омічного, так і ємнісного подільника. На низьких частотах вони працюють як омічні, на середніх і високих - як ємнісні.

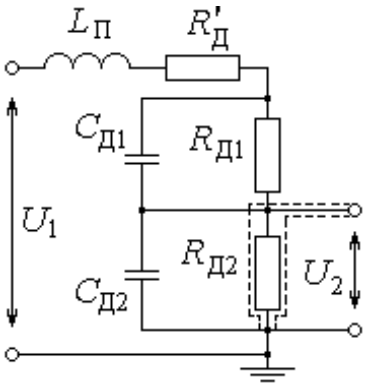


Рис. 5. Схема заміщення змішаного подільнику

Основним недоліком біфілярного трубчастого шунта є те, що на високих частотах виникає поверхневий ефект, який призводить до нерівномірного розподілу щільності струму по перетину шунта, тому відбувається зміна активної складової шунта.

Для зменшення впливу паразитних параметрів і ефектів необхідно знижувати товщину внутрішнього циліндра і зменшувати зазор між трубками, що значно мінімізує частотну похибку.

Основний внесок в похибку вимірювання системи вносить похибка вимірювання первинного перетворювача струму. Для характе-

ристики точності шунту змінного струму використовуються фазова і модульна похибки коефіцієнту перетворення шунта.

Фазова похибка Ψ представляє собою кут фазового зсуву між векторами струму і напруги. Ця похибка вважається позитивною, якщо вектор вихідної напруги випереджає вектор вхідного струму. Дана похибка визначається за формулою:

$$\psi = 2\pi f(\tau_L - \frac{\tau_C}{3} + \tau_П + \tau_М). \quad (2)$$

де f - частота,

τ_L - постійна часу шунта від наявності залишкової індуктивності,

τ_C - постійна часу шунта від наявності залишкової ємності,

$\tau_П$ - постійна часу шунта від впливу поверхневого ефекту,

$\tau_М$ - постійна часу шунта від взаємної індуктивності.

Модульна похибка γ це алгебраїчна різниця між модулем повного опору шунта і опором шунта на постійному струмі. Вона визначається за формулою:

$$\gamma = (2\pi f)^2 \left[\frac{\tau_C^2}{15} - \frac{\tau_L \tau_C}{3} + \frac{2{,}5\tau_П^2}{10} + 0{,}5\left(\tau_L - \frac{\tau_C}{3} + \tau_П + \tau_М\right)^2\right]. \quad (3)$$

Розрахунок похибок шунта наведеної конструкції при частоті 50 кГц показав, що відносна похибка по фазі і відносна похибка за амплітудою можуть досягати: 0,01 % і 0,005 % відповідно. Дані значення похибок достатні для того, щоб забезпечити якісний контроль струму.

Миттєве значення напруги шунта, що пропорційне струму подається на АЦП. Він служить для перетворення аналогового сигналу в дискретний код (цифровий сигнал). Перетворення миттєвого значення струму дозволить не втратити інформацію про його реальну величину і проводити вимірювання його параметрів з більшою точністю.

АЦП на своєму виході забезпечує інформацію в паралельному коді. Для передачі інформації по оптичному каналу необхідно паралельний код перетворити в послідовний код. Цю функцію реалізує перетворювач коду.

З перетворювача коду сигнал надходить на кероване джерело світла. В приладі не потрібно робити передачу сигналу на далеку відстань, тому в якості оптичного джерела може бути використаний світлодіод. За його допомогою електричні імпульси перетворюються в світлові імпульси для подальшої передачі по оптоволоконному каналу пристрою керування.

Використання оптоволоконного кабелю (ВОЛЗ) для передачі сигналу в пристрій керування має низку переваг: високу швидкодію,

нечутливість до електромагнітних завад, гнучкість і легкість монтажу, діелектричні властивості.

На приймальній стороні світлові імпульси за допомогою адаптеру струму перетворюються в електричні сигнали з послідовним або паралельним кодуванням.

Потім всі отримані дані надходять в систему обліку і контролю електричної енергії або в пристрої релейного захисту.

Живлення системи здійснюється за допомогою джерела світла, розташованого в пристрої керування, оптоволоконного кабелю для передачі енергії світла і перетворювача світла в електроенергію у вигляді батареї фотоелементів, що знаходяться у вимірювальному пристрою.

Висновки. Розвиток оптичної технології перетворення представляється найбільш перспективним напрямком дослідження, як з наукової точки зору, так і з точки зору економічної ефективності. Результатом розробки є електронно-оптична система вимірювань електричних параметрів ліній високої напруги, що мають високу точність, підвищену надійність, широкий частотний діапазон вимірювань.

Література

1. Шабад М. А. Трансформаторы тока в схемах релейной защиты / М. А. Шабад. – 2-е изд., дополн. – Санкт-Петербург, ПЭИПК, 2000. – 64 с.

2. Шнеерсон Э. М. Цифровая релейная защита / Э. М. Шнеерсон. – М.: Энергоатомиздат, 2007. – 549 с.

3. Сошинов А. Г. Релейная защита и автоматизация систем электроснабжения: учеб. пособие. В 2 ч / А. Г. Сошинов, Н. Ю. Шевченко. – ВолгГТУ, Волгоград, 2010.

4. Никитин А. А. Цифровая релейная защита. Основы синтеза измерительной части микропроцессорных реле / А. А. Никитин. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2014. – 240 с.

5. Шмидт Д. Оптоэлектронные сенсорные системы / Д. Шмидт, В. Шварц. – М., Мир, 1991. – 93 с.

6. Якушенков Ю. Г. Теория и расчет оптико-электронных приборов / Ю. Г. Якушенков. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Логос, 1998. – 480 с.

7. Poulichet, P., Costa, F., Laboure, E. (2003). High-Frequency Modeling of a Current Transformer by Finite-Element Simulation. *IEEE Transactions on Magnetics, 39*(2).

8. Redfern, M. A., Terry, S. C., Robinson, F. V. P., Bo, Z. Q. (2003). A Laboratory Investigation into the use of MV Current Transformers for Transient Based Protection. *International Conference on Power Systems Transients.* IPST 2003 in New Orleans, USA.

9. Волоконно-оптические датчики. Вводный курс для инженеров и научных работников / под ред. Э. Удда. – М.: Техносфера, 2008. – 520 с.

10. Волоконно-оптические датчики / Т. Окоси и др.; под ред. Т. Окоси ; пер. с япон. – Л.: Энергоатомиздат, 1990. – 256 с.

ОПТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ ТОКА ДЛЯ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Лобода А. И.

Аннотация

При создании устройств релейной защиты энергетических систем в настоящее время повышаются требования к точности измерения электрических параметров электроэнергии: напряжения, тока, мощности. Наряду с использованием обычных электромагнитных трансформаторов тока и напряжения, электромеханических реле, происходит внедрение микропроцессорной техники в автоматизированных системах учета и контроля электрической энергии, а также дополнительно возникает необходимость в контроле качества электроэнергии. Поэтому к первичным преобразователям мгновенных значений тока и напряжения как к источникам первичной информации предъявляют новые более жесткие требования.

Применяемые в настоящее время электромагнитные измерительные трансформаторы тока не обладают устойчивой частотной характеристикой, необходимой для полного анализа качества электроэнергии. Кроме того, они обладают ограниченной электрической прочностью и низкой надежностью. В качестве альтернативы существующим трансформаторам тока предлагается использовать безынерционный шунт коаксиального типа из разнородного материала с последующей цифровой обработкой мгновенных значений энергетических параметров, а в качестве линий передачи информации предложено использовать волоконно-оптическую линию связи. Проведено исследование технических характеристик существующих измерительных систем на соответствии требованиям, предъявляемым к точности измерений, анализу качества электрической энергии, надёжности и рабочему частотному диапазону.

Сделан выбор и разработана конструкция коаксиального шунта с наиболее подходящими техническими характеристиками для разрабатываемой измерительной системы и с выбором материала для наружного и внутреннего цилиндров.

Экспериментальные исследования выполнены с помощью программных комплексов: Elcut, Matlab. Предложенная электронно-оптическая система измерений энергетических параметров линий электропередач высокого напряжения по своим характеристикам превосходит существующие электромеханические аналоги. Проведён сравнительный анализ используемых в настоящее время систем измерения на базе электромагнитных трансформаторов тока и предлагаемой разрабатываемой системы, которая может использоваться в высоковольтных комплексах контроля электроэнергии и для современных микропроцессорных устройств релейной защиты и автоматики.

OPTICAL MEASUREMENT SYSTEM UNDER CURRENT POWER LINE HIGH VOLTAGE

A. Loboda

Summary

Nowadays during creating devices for the relay protection of energy systems there are increasing demands on the accuracy of electrical parameter measurement like voltage, current, power. Along with the usage of conventional electromagnetic current and voltage transformers, electromechanical relays, microprocessor technologies are being introduced in automated metering and control systems for electrical energy. Additionally, there is a need for power quality control. Therefore, new requirements that are more stringent are placed on primary converters of instantaneous values of current and voltage as sources of primary information.

The currently used electromagnetic measuring current transformers do not have the stable frequency response necessary for a complete analysis of the electrical power quality. In addition, they have limited electrical strength and low reliability. As an alternative to existing current transformers, it is proposed to use a coaxial type inertialess shunt of dissimilar material, followed by digital processing of instantaneous values of energy parameters, and it is proposed to use a fiber-optic communication line as information transmission lines. A study of the technical characteristics of existing measuring systems was conducted for compliance with the requirements imposed on measurement accuracy, analysis of the quality of electrical energy, reliability and operating frequency range.

A choice was made and a coaxial shunt design was developed with the most suitable technical characteristics for the developed measuring system and with the choice of material for the outer and inner cylinders.

Experimental studies were performed using software systems like Elcut or Matlab. The proposed electro-optical system for measuring the energy parameters of high-voltage power lines surpasses the existing electromechanical counterparts in its characteristics. A comparative analysis of currently with usage of the measurement systems based on electromagnetic current transformers has been carried out and the proposed system being developed and it can be used in high-voltage power control complexes and for modern microprocessor-based devices for relay protection and automation.

Keywords: analog-to-digital converter, coaxial, relay protection, LED, current transformer, digital signal, shunt.

УДК 681.532.5:621.398 DOI: 10.31388/2220-8674-2018-2-32

АДАПТАЦІЯ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ІНДУКЦІЙНОГО ТИПУ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ СИПКОГО СЕРЕДОВИЩА

Чаусов С. В., к.т.н.,
Сабо А. Г., к.т.н.
Таврійський державний агротехнологічний університет
E-mail : sergio.chausov @gmail.com
Тел.: +38(066)743-76-21

Анотація **–** Якісне керування технологічними процесами можливо при наявності інформативних даних про стан технологічних параметрів. Стаття присвячується аналізу існуючих проблем визначення рівня сипкої сировини в технологічних лініях і агрегатах та розширенню галузей використання вимірювальних перетворювачів індукційного типу. За для забезпечення належного рівня керування пропонується непряме використання вимірювальних перетворювачів індукційного типу для контролю рівня сипких середовищ. Розроблений пристрій має повністю металевий конструктив, що дозволило забезпечити механічну міцність, надійність і напрацювання на відмову. Характеристики пристрою дозволяють встановити кілька датчиків рівня в ємності і реалізувати дискретну апроксимацію рівня декількома заданими значеннями. Простота настроювання пристрою забезпечує його просту інтеграцію в будь-яке технологічне середовище та систему автоматизації цифрового або аналогового типу. Розробка дозволяє спростити функціональну структуру системи автоматизації та покращує показники економічної ефективності використання систем автоматики за рахунок зменшення загальної вартості.

Ключові слова – **сипке середовище, індукційний первинний перетворювач, адаптація, система автоматизації.**

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В багатьох технологічних процесах як вихідна сировина, так і готова продукція представляє собою сипку сировину. Визначення рівня або об’єму сипучих матеріалів доволі часто є складним інженерним завданням оскільки в силу природних характеристик сипучих матеріалів, їх поверхня, зазвичай, має змінну форму з високим вмістом часток різного гранулометричного складу. Крім цього, сипучі матеріали мають низьку діелектричну проникність, що ускладнює процес визначення їх рівня, що обумовило велику кількість принципів конструювання вимірювальних перетворювачів рівня.

© Чаусов С. В., Сабо А. Г.

За принципом проведення вимірювань датчики рівня ділять на: поплавкові, лопатеві, ємнісні, вібраційні, датчики тиску, наскрізні, ультразвукові, датчики швидкості обертання та ряд інших [2]. При цьому, забезпечуючи потрібні результати вимірювань, кожен з типів датчиків демонструє свої переваги і обмеження. Так ультразвукові датчики рівня дають можливість контролювати рівень сипучого матеріалу без безпосереднього контакту з середовищем. При цьому глибина резервуара може досягати декількох десятків метрів. Ємнісні датчики здатні точно контролювати рівень сипучого матеріалу в безперервному режимі або ж в фіксованих точках. У ряді випадків вимір рівня доцільно проводити через стінку ємності. Вібраційні сигналізатори рівня не бояться контакту з сипучими речовинами, липкими і пастоподібних продуктами [3].

Нажаль вартість систем, які побудовані із використанням таких перетворювачів є значною, і доволі часто неприйнятною для невеликих підприємств. При цьому як переробна промисловість, так і агропромисловий комплекс вимагають бюджетних та ефективних рішень з автоматизації, які сприяють підвищенню рентабельності підприємств. Одним із напрямків покращення даної ситуації є мінімізація вартості засобів автоматизації рецепторного контуру.

Формулювання цілей статті. Обґрунтувати можливість використання індукційних вимірювальних перетворювачів для визначення рівня сипких середовищ із подальшими рекомендаціями щодо адаптації в технологічний процес та систему автоматизованого керування.

Виклад основного. Відомо, що значна кількість технологічних параметрів із необхідним значенням точності може бути представлена дискретними сигналами вимірювальних перетворювачів. Використання перетворювачів з дискретним типом вихідного сигналу в деякій мірі спрощує алгоритм роботи системи автоматичного керування, підвищує надійність та покращує економічну ефективність за рахунок зменшення загальної вартості як системи, так і робіт по її впровадженню. Типовим вимірювальним перетворювачем із вихідним сигналом дискретного характеру є індуктивні вимірювальні перетворювачі (рис 1.) [3].



Рис. 1. Індукційний вимірювальний перетворювач

Особливістю індуктивного вимірювального перетворювача є те, що це пристрій, що реагує тільки на метал. Принцип дії таких пристроїв заснований на зміні амплітуди коливань генератора при внесенні в чутливу зону вимикача металевого, магнітного, феромагнітного або аморфного матеріалу. При подачі живлення на кінцевий вимикач в області його чутливої поверхні утворюється змінне магнітне поле, наводить у внесеному в зону матеріалі вихрові струми, які призводять до зміни амплітуди коливань генератора. В результаті виробляється аналоговий вихідний сигнал, величина якого змінюється від відстані між пристроєм і контрольованим предметом.

Зазвичай індуктивні датчики використовують для визначення положення, переміщення, контролю мінімальної швидкості [3]. Вартість перетворювачів є порівняно незначною, а кліматичне виконання дозволяє застосовувати датчики в середовищі високого тиску, автотранспорті, рідких середовищах, агресивних середовищах, в умовах підвищеної вологи, середовищах с підвищеним вмістом пилу та вибухонебезпечних середовищах. Завдяки відсутності механічного впливу і зносу індуктивні перетворювачі мають велику надійність.

Незважаючи на значну кількість переваг головною перешкодою для застосування індуктивних вимірювальних перетворювачів для визначення рівня сипких середовищ є те, що вони спрацьовують тільки на метал і мають абсолютну нечутливість до інших матеріалів (наприклад, на відміну від ємнісних датчиків [2]).

Незважаючи на наведене вище індуктивні вимірювальні перетворювачі мають значний потенціал та перспективи для визначення рівня сипких матеріалів. Адаптація можлива завдяки розробці перетворювача, який є симбіозом прапорцевого та мембранного датчиків рівня сипкого середовища (рис 2).

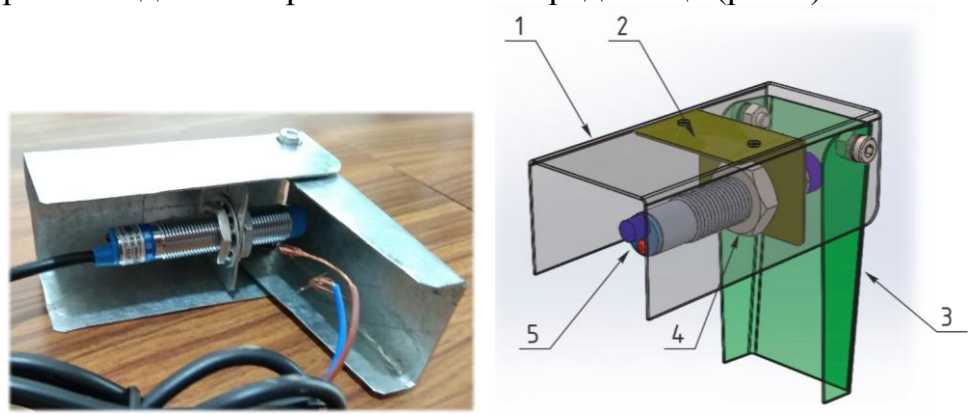


Рис. 2. Датчик рівня сипкого середовища на базі індукційного вимірювального перетворювача

Пристрій складається із захисного корпусу 1 в якому за допомогою елемента кріплення 2 розташовано стандартний

індукційний вимірювальний перетворювач 5 типорозміру М12. Сенсорним елементом є рухомий маятник 3, який вільно рухається на двох гвинтах та сприймає дію сипкого середовища. При збільшенні рівня контрольованого середовища до необхідного значення маятник наближається до чутливого елемента вимірювального перетворювача, що призводить до його спрацьовування (рис 3).

Регулювання точки спрацьовування вимірювального перетворювача може бути забезпечене в двох напрямках. Перший – зміна зазору S між сенсором та рухомим маятником, що досягається обертанням гайки 4 та, відповідно, переміщенням сенсора по елементу кріплення 2. Та другий – регулювання висоти встановлення H вимірювального перетворювача в ємності, де контролюється рівень. Дане регулювання дозволяє врахувати зміну кута природного нахилу сипкого середовища.

Всі складові пристрою виготовлено з металу товщиною 1,5мм, що дозволяє забезпечити механічну міцність, надійність та напрацювання на відмову.

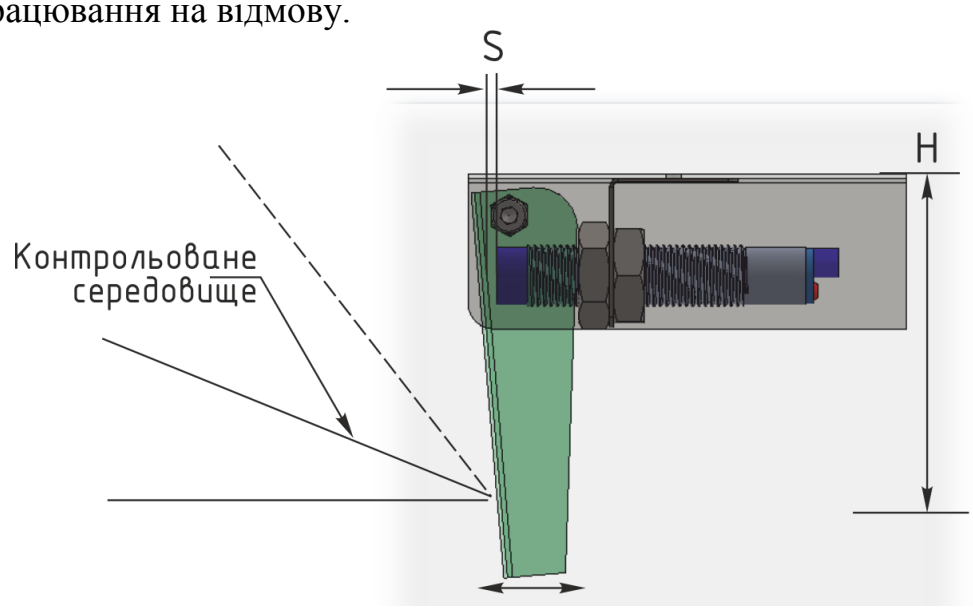


Рис. 3. Регулювання точки спрацьовування вимірювального перетворювача

Окрім цього, механічні характеристики приладу та виконання індукційного сенсора дозволяють, при необхідності, повністю закрити прилад шаром контрольованого середовища. А це, в свою чергу, дає можливість встановлення декількох датчиків рівня в ємності та дискретну апроксимацію рівня декількома заданими значеннями. Розрахункова вартість приладу є в 4 рази менша, ніж вартість закордонних аналогів, наприклад сенсора AH121475 [4]. Простота інтеграції в технологічне середовище та гнучкість регулювання дають можливість застосовувати пристрій в будь-якому технологічному процесі агропромислового комплексу та переробної галузі.

Висновки. Розроблений вимірювальний перетворювач рівня сипкої сировини на основі індукційного сенсора дозволяє спростити структуру систем автоматизованого керування, знизити загальну вартість заходів з автоматизації, що безумовно позитивно вплине на якість та конкурентоспроможність продукції агропромислового сектора та переробної галузі, що набуває особливої актуальності в умовах дрібного виробника.

Подальші дослідження розробленого вимірювального перетворювача мають бути спрямовані на фільтрацію неінформативних і подвійних спрацьовувань і його конструктивні зміни, що поширять межі застосування приладу, наприклад можливість вимірювання рівня рідкого середовища.

Література

1. НПК ТЕКО. Офіційна сторінка. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://teko-com.ru
2. ООО УкрТехноСервис. Офіційна сторінка. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://ukrtehnoservis.com
3. НПФ Овен. Офіційна сторінка. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.owen.ru
4. Central header parts. Офіційна сторінка. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.centralheaderparts.com.us
5. Малыгин Е. Н. Проектирование гибких производственных систем в химической промышленности / Е. Н. Малыгин, С. В. Мищенко // Журнал Всесоюз. хим. общества им. Д.И. Менделеева. – 1987. – № 3. – С. 293-300.
6. Новицкий В. О. Методология исследования и моделирования сложных систем управления для предприятий и компаний зернового сектора АПК / В. О. Новицкий, В. И. Карпов // Информационные технологии. – 2010. –№ 9. – С. 50-56.

АДАПТАЦИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ИНДУКЦИОННОГО ТИПА ДЛЯ ДПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЯ СЫПУЧИХ СРЕД

Чаусов С. В., Сабо А. Г.

Аннотация

Качественное управление технологическими процессами возможно при наличии информативных данных о значении технологических параметров. Статья посвящена анализу существующих проблем определения уровня сыпучих сред в технологичных линиях и агрегатах, а также расширению областей применения измерительных преобразователей индукционного типа. Для обеспечения заданного уровня и качества управления предлагается непрямое использование измерительных преобразователей индукционного типа для контроля уровня

сыпучих сред. Разработанное устройство имеет полностью металлический конструктив, что позволило обеспечить механическую прочность, надежность и наработку на отказ. Простота настройки устройства обеспечивает его простую интеграцию в любую технологическую среду и систему автоматизации цифрового или аналогового типа. Характеристики прибора позволяют установить несколько датчиков уровня в емкости и реализовать дискретную аппроксимацию уровня несколькими заданными значениями. Разработка позволяет упростить функциональную структуру систем автоматизации и улучшает показатели экономической эффективности использования систем автоматики за счет уменьшения общей стоимости.

ADAPTATION OF MEASURING SENSORS OF INDUCTION TYPE FOR DETERMINING THE LEVEL OF LOSSES COMPONETS

S. Chausov, A. Sabo

Summary

High-quality control of process control is possible with the availability of informative data of the value of technological parameters. The article is devoted to the analysis of the existing problems of determining the level of loose components in technological lines and units, as well as to expanding the fields of application of inductive type measuring transducers. To ensure a given level and quality of control, it is proposed to indirectly use inductive-type measuring transducers to control of the level of loose components. The developed device has a fully metallic construct, which allowed for mechanical strength, reliability and high life time limits. Easy to configure the device provides its easy integration into any technological environment and a system of automation of digital or analog type. Characteristics of the device allow you to install several level sensors in the vessel and realize discrete approximation of the level by several predetermined values. The developed device allows to simplify the functional structure of automation systems and improves the economic efficiency of using automation systems by reducing of the total cost.

Keywords: friable medium, induction primary converter, adaptation, automation system.

УДК 621.311 DOI: 10.31388/2220-8674-2018-2-33

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОЄМНОСТІ ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ ЗЕРНА НА ЗЕРНООЧИСНИХ МАШИНАХ

Постнікова М. В., к.т.н.,
Таврійський державний агротехнологічний університет,
e-mail: marina.postnikova@tsatu.edu.ua,
Петров В.О., к.т.н.
Таврійський державний агротехнологічний університет,
e-mail: girokomp@bigmir.net

Анотація – дослідження в технологічних процесах очищення та зберігання зернових культур енергетичного фактора та параметрів, які його визначають, представляє проблему, яка має важливе народногосподарське значення. Для розрахунку енергоємності процесу очищення зерна запропонована питома технологічна витрата електроенергії у кВт·год./т. Цей показник варто вважати найбільш об'єктивним критерієм економічної роботи потокової лінії очищення та зберігання зерна.Вперше отримано рівняння енергетичної характеристики зерноочисних машин з урахуванням їх конструктивних особливостей, культури зерна, вологості і засміченості.

Ключові слова – **енергозбереження, енергоємність, зерноочисна машина, раціональне використання електроенергії, електропривод, енергетична характеристика.**

Постановка проблеми. За даними різних джерел енерговитрати на післязбиральну обробку і зберігання зерна складають 25…30 % від загальних на його виробництво. Потужність електродвигунів для робочих машин потокових ліній, як правило, обираються з великим запасом, що приводить до низьких техніко-економічних показників. Тому питання раціонального використання електроенергії є актуальною задачею.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженню енергоємності процесу очищення зерна присвячено ряд робіт [1-5]. Однак, відсутні комплексні дослідження цього питання.

Формулювання цілей статті. Дослідження впливу продуктивності зерноочисної машини на енергоємність процесу очищення зерна.

© Постнікова М. В., Петров В. О.

Виклад основного матеріалу. Зерноочисна техніка хлібоприймальних підприємств представлена ворохоочищувачами, ситоповітряними сепараторами та трієрами.

Для очищення від сміттєвих домішок використовують сепаратори ЗСМ-50, ЗСМ-100, А1-БИС-100, А1-БЛС-100, А1-БЛС-150 продуктивністю 50-150 т/год. Фракційне очищення здійснюють на А1-БСФ-50, А1-БСШ, трієрах А9-УТК-6 та А9-УТО-6 продуктивністю від 6 до 50 т/год. Крім того, більшість елеваторів оснащені морально і фізично застарілою технікою, яка підлягає заміні. Потребується модернізація зерноочисної техніки [1, 2].Перспективними є ОЗС-50, МПО продуктивністю 50-100 т/год., які випускає ОАО ГСКБ «Зерноочистка» [2].

Успішно пройшла випробування універсальна зерноочисна машина ОЗС-50/25/10, конструкція якої враховує тенденції світового досвіду техніки і обладнання для післязбиральної обробки зерна [2].

Незалежно від початку впровадження нової зерноочисної техніки, ще багато років основна маса зерна буде оброблятися на обладнанні, яке мають елеватори, тому необхідно прийняти ряд додаткових заходів по його реконструкції для того, щоб забезпечити працездатність старого обладнання при мінімальних питомих витратах електроенергії [2].

На сучасних елеваторах ще працюють зерноочисні машини ЗСМ-50, КДП-80, КДП-100, ЗСМ-100, ПДП-10(40). Необхідно, щоб це обладнання працювало з мінімальною енергоємністю, при цьому необхідно враховувати, що продуктивність робочих органів зерноочисних машин залежить від кінематичної схеми і кінематичних параметрів, характеристики робочих поверхонь сепаруючого органу та його розмірів і від характеристики зернового матеріалу (виду культури, засміченості, вагового співвідношення компонентів суміші, вологості).

Визначення вологості зернової маси – один з найбільш важливих для практики зберігання і очищення аналізів, який проводиться починаючи з моменту збирання зерна комбайном і закінчуючи відправкою його на помел.

З підвищенням вологості зменшується об’ємна маса зерна, збільшується скважистість, знижується сипкість. Все це визиває зниження продуктивності машин і підвищення енергоємності (рис. 1).

Різні домішки, які знаходяться в зерні, знижують його якість і зберігання. Засміченість зерна підвищує витрати електроенергії. Головним чином, засміченість впливає на енергоємність процесу очищення зерна. Продуктивність зерноочисних машин знижується з підвищенням засміченості, енергоємність підвищується (рисунок 2).

Дослідження питомих витрат енергії на зерноочисні операції проводились на сепараторі ЗСМ-50. Під час дослідження враховувалась також енергія, яка споживається вентиляторами і механізмами, які транспортують відходи.

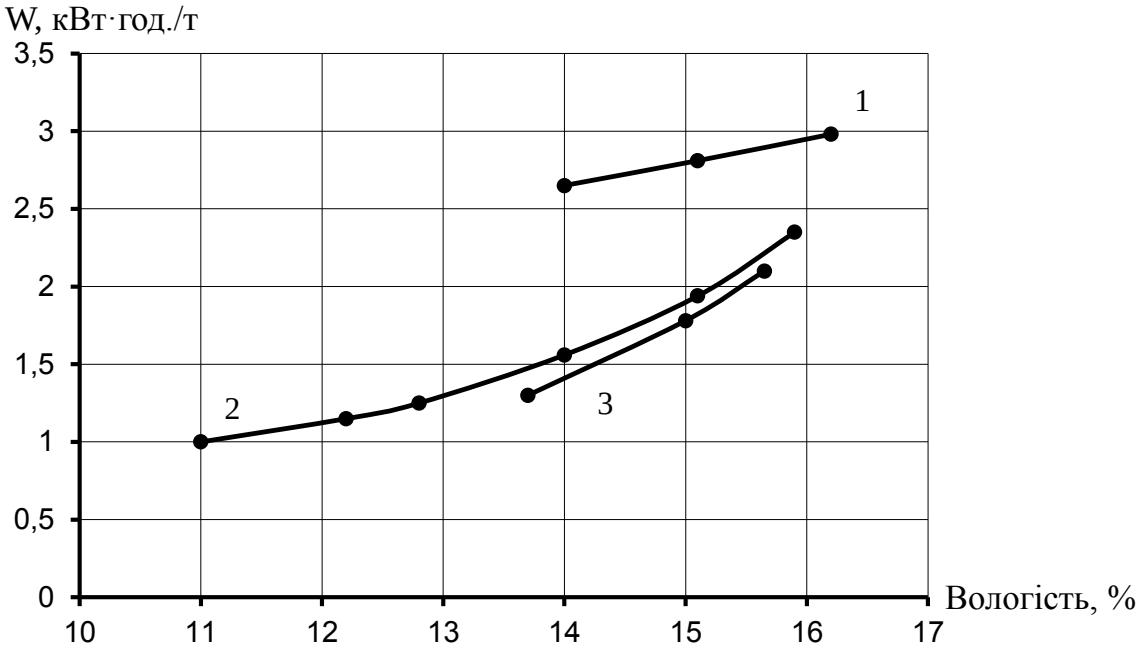


Рис. 1. Залежність питомої витрати електроенергії від вологості для ОС-4,5 при Q = 2,0 т/год. (1 – рис, 2 – ячмінь, 3 – пшениця).

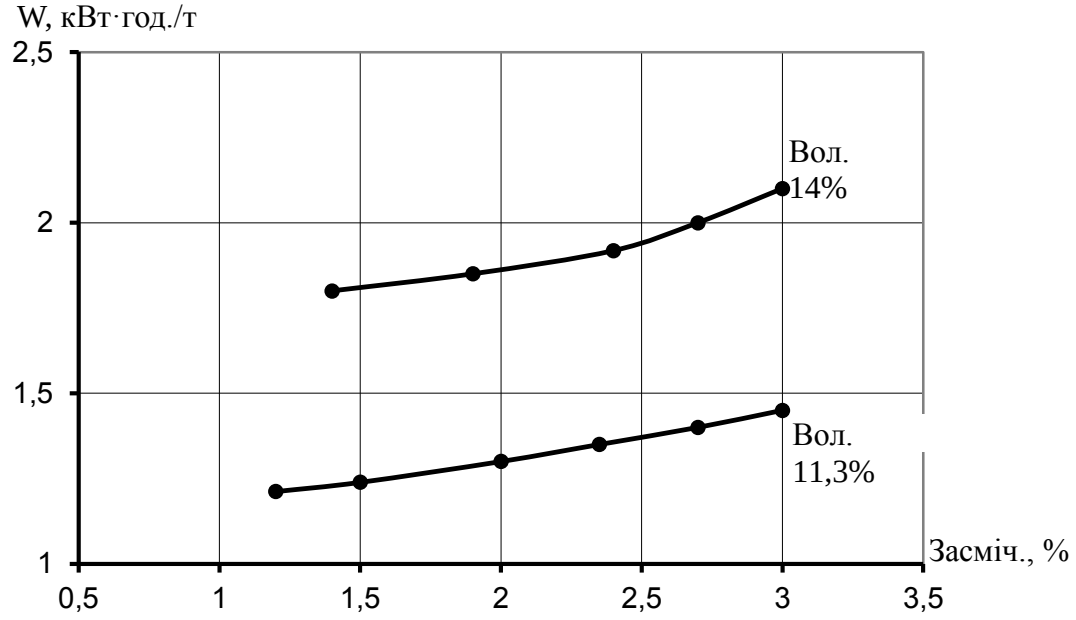


Рис. 2.Залежність питомої витрати електроенергії від засміченості для ОС-4,5 (ячмінь насіннєвий).

В таблиці 1 приведені технологічні параметри і енергетичні показники, які одержані при роботі на двох сепараторах ЗСМ-50, а на рисунку 3 показана об’єднана крива енергетичних характеристик сепараторів ЗСМ-50.

Таблиця 1

Технологічні параметри і енергетичні показники

Сепаратор ЗСМ-50	Культура	Вологість, %	Засміченість, %		Продуктивність, т/год.	Питомі витрати електроенергії, кВт·год./т
			до очищення	після очищення		
Перший	Пшениця	13,6	5,1	3	16,6	0,681
					18,8	0,604
					20,6	0,552
Другий	Пшениця	14,3	2,6	0,7	17,4	0,648
					19,3	0,587
					21,8	0,522

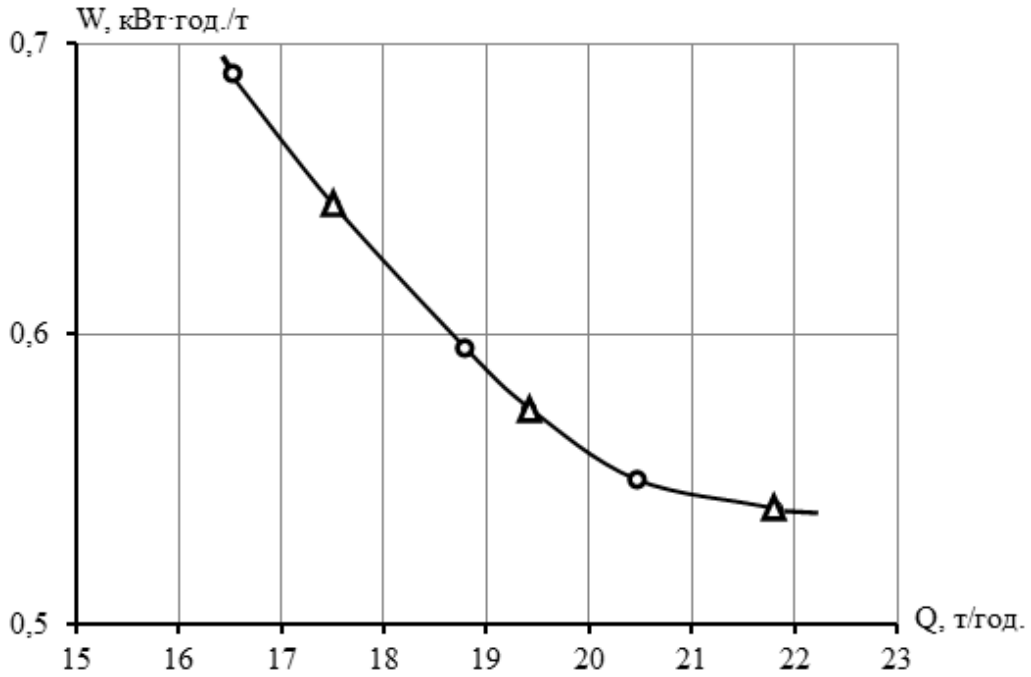


Рис. 3. Енергетичні характеристики для сепараторів ЗСМ-50 (o – для сепаратора №1; Δ – для сепаратора №2)

Після математичної обробки методом кореляції було отримано рівняння узагальненої енергетичної характеристики

$$W = \frac{7,9}{Q} + 0,15\,, \qquad (1)$$

де W – питомі витрати енергії, кВт·год./т;

Q – розрахункова продуктивність зерноочисної машини, т/год.

У формулі (1) враховані витрати енергії на коливання сит, відносу відходів повітряним потоком, транспортування відходів від сит у бункера для відходів. Однак, необхідно враховувати і середні витрати енергії на холості пробіги при пусках.

З урахуванням пускових умов формула (1) прийме вигляд

$$W = \frac{8,48}{Q} + 0,15\,. \qquad (2)$$

Розрахункова продуктивність Q зерноочисної машини визначається її фактичною продуктивністю і залежить від конструкції машини, культури зерна, що очищується, якісних показників зерна (вологості і засміченості), тобто [6-8]

$$Q = K \cdot Q_{\phi}\,, \qquad (3)$$

де K – коефіцієнт, який враховує культуру зерна і його якісні показники;

Q_{ϕ} – фактична продуктивність зерноочисної машини (таблиця 2).

Таблиця 2

Експериментальні дані ВНДіЗ

Марка машини	Продуктивність, т/год.	
	паспортна	фактична
Для очищення вороха		
ОВП-20	20	10
Для очищення продовольчого зерна		
ЗСМ-20	20	15
ЗСМ-50	50	30
ЗСМ-100	100	60
Для очищення насіннєвого зерна		
ОС-4,5	4,5	3

Дані, які приведені в таблиці 2, отримані на основі досліджень ВНДіЗ. Ці дані отримані при очищенні пшениці сухої і середньої сухості (вологість 15,5 %) з засміченістю домішками до 10 % при роботі зерноочисних машин в нормальному режимі, тобто при ефективності очищення 2-3,5 % домішок за один прохід.

При очищенні вологої і сирої пшениці з вмістом окремих домішок більше 10 %, а також при очищенні інших зернових культур з різною вологістю і засміченістю слід застосовувати коефіцієнт K, який корегує продуктивність [6].

Таким чином, рівняння енергетичної характеристики зерноочисних машин з урахуванням їх конструктивних особливостей, культури зерна, вологості і засміченості має вигляд

$$W = \frac{8{,}48}{K \cdot Q_{ф}} + 0{,}15\,. \qquad (4)$$

Найвигідніший енергетичний режим зерноочисної машини буде відповідати найбільшій можливій за технологічних умов продуктивності машини.

Висновки.

1. Із збільшенням вологості зерна на 1 % енергоємність збільшується в середньому на 0,2 кВт·год./т.

2. В середньому продуктивність зерноочисних машин при зростанні вологості зерна на 1 % знижується на 0,5 т/год.

3. При збільшенні засміченості зерна на 1 % енергоємність збільшується в середньому на 0,1 кВт·год./т внаслідок зниження продуктивності зерноочисної машини.

Література

1. *Котов Б. І.* Перспективи розвитку конструкцій зернонасіннєочисної техніки / *Б. І. Котов, М. І. Волошин* // Конструювання, виробництво та експлуатація с.-г. машин: загальнодерж. міжвід. наук.-техн. зб. / Кіровоград. нац. техн. ун-т. – Кіровоград, 2001. – Вип. 31. – С. 110-112.

2. *Борисенко І.* Проблеми механізації зберігання і переробки зерна (стан і перспективи) / *І. Борисенко* // Пропозиція. – 2000. – №8-9. – С. 86-88.

3. *Сорочинский В.Ф.* Послеуборочная обработка и хранение зерна / *В.Ф. Сорочинский* // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2003. – №1. – С. 11-14.

4. *Головков А. Н.* Как правильно выбрать зерноочистительную машину / *А. Н. Головков* // Техника и оборудование для села. – 2003. – №7. – С. 20-23.

5. *Карпова А. П.* Исследование влияния технических и технологических факторов на электропотребление при подработке зерна на юге УССР : автореф. дис… канд. техн. наук / *А. П. Карпова.* – К., 1981. – 21 с.
6. Послеуборочная обработка семян зерновых культур (рекомендации). – М. : Агропромиздат, 1986. – 46 с.
7. *Кожуховский И. Е.* Зерноочистительные машины. Конструкции, расчёт и проектирование */ И. Е. Кожуховский*. – М.: Машиностроение, 1974. – 200 с.
8. Машины для послеуборочной поточной обработки семян. Теория и расчёт машин, технология и автоматизация процессов / Под ред. *З.Л. Тица*. – М.: Машиностроение, 1967. – 448 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГОЁМКОСТИ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ ЗЕРНАНА ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНЫХ МАШИНАХ

Постникова М. В., Петров В. А.

Аннотация - исследование в технологических процессах очистки и хранения зерновых культур энергетического фактора и параметров, которые его определяют, представляет проблему, которая имеет важное народнохозяйственное значение. Для расчета энергоемкости процесса очистки зерна предложен удельный технологический расход электроэнергии в кВт·ч/т. Этот показатель следует считать наиболее объективным критерием экономичной работы поточной линии очистки и хранения зерна. Впервые получены уравнения энергетической характеристики зерноочистительных машин с учетом их конструктивных особенностей, культуры зерна, влажности и засоренности.

Ключевые слова: энергосбережение, энергоемкость, зерноочистительная машина, рациональное использование электроэнергии, электропривод, энергетическая характеристика.

STUDY OF CLEANING ENERGY CONTENT OF GRAIN ON GRAIN CLEANING MACHINE

M. Postnikova, V.Petrov

Summary

Studies in the technological processes of cleaning and storing grain crops of the energy factor and the parameters that determine it represent a

problem that is important for the national economy. It is established that the waste-wasting of electric energy in technological processes of cleaning and storage of grain per unit of production is 2-3 times higher than similar expenses in the developed countries. To calculate the energy intensity of the grain cleaning process, the specific technological consumption of electricity in kWh/t is proposed. This indicator should be considered the most objective criterion of the economic operation of the flow line of grain cleaning and storage. For the first time the equation of energy characterization of grain cleaning machines was obtained taking into account their structural features, grain culture, humidity and litter.

Studies in the technological processes of cleaning and storing grain crops of the energy factor and the parameters that determine it represent a problem that is important for the national economy. It is known that 1 unit of saved energy can save at least 5 units of primary energy resources.

It is established that the cost of electric energy in technological processes of cleaning and storage of grain per unit of production is 2-3 times higher than the analogical costs in the developed countries.

To calculate the energy intensity of the grain purification process, the proposed technological cost of electricity in kWh/t, which is a waste of electricity for the purpose of cleaning 1 ton of grain per hour, is proposed. This time-out should be considered the most objective criterion of economic activity of the flow-line of purification and storage of grain.

It was investigated that the average productivity of grain cleaning machines with a grain moisture increase of 1% is reduced by 0,5 t/h. It has been established that with an increase in the grain litter by 1%, the energy intensity increases by an average of 0,1 kWh/t as a result of lowering the productivity of the grain cleaning machine. It was investigated that with an increase in the moisture content of grain by 1%, the energy intensity is increased by an average of 0,2 kWh/t.For the first time the equation of the energy characteristics of grain cleaning machines was obtained taking into account their structural features, grain culture, moisture and litter.

The carried out researches have practical value, as they are the basis for development of scientifically-based norms of electric consumption of technological process of grain cleaning. This will save 8-10% of electricity.

Keywords: energy saving, energy intensity, grain cleaning machine, rational use of electric power, electric drive, power supply.

УДК 621. 315.17 DOI: 10.31388/2220-8674-2018-2-34

ОБГРУНТУВАННЯ СПОСОБУ ПЛАВКИ ОЖЕЛЕДИЦІ ПОВІТРЯНОЇ ЛІНІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ ГЕНЕРАТОРА ЗОНДУЮЧИХ ІМПУЛЬСІВ

Чебанов А. Б., к.т.н.
Таврійський державний агротехнологічний університет
e-mail: andrii.chebanov@tsatu.edu.ua

Анотація - однією з головних задач будь-якої енергосистеми є надійне електропостачання споживачів, котре здійснюється переважно через повітряні лінії електропередачі. Одна із серйозних причин аварій в електроенергетичних системах полягає в утворенні щільного крижаного осаду – ожеледі – при намерзанні переохолоджених крапель дощу, мряки або туману при температурі від 0 до – 50ºС на проводах високовольтних ліній електропередачі. В Україні систематично спостерігаються такі пошкодження повітряних ліній електропередачі (ПЛ), що викликані впливом ожеледяних і вітрових навантажень, так як країна знаходиться в зоні помірного кліматичного поясу з ознаками, переважно, помірно континентального клімату, для якого характерні м'які зими. Ці фактори і є сприятливими для відкладання ожеледі на лініях електропередачі. Тому, на сьогоднішній день в країні є актуальним питання пошуку мало енергоємних і ефективних способів боротьби з ожеледяними відкладеннями. У даній статті запропоновано здійснювати плавку ожеледі на повітряних лініях за допомогою генератора зондуючих імпульсів та приймача цих імпульсів. Представлено структурну схему плавлення ожеледі при послідовно з'єднаних проводах розщепленої фази. Розкрито її зміст. Представлено електричну схему блока плавлення при послідовно з'єднаних проводах розщепленої фази та із виділенням кожного проводу у фазі. Розкрито їх зміст. Запропонований спосіб плавки ожеледиці повітряної лінії за допомогою генератора зондуючих імпульсів потребує застосування меншого додаткового обладнання, а при подальшій експлуатації можна отримати більший економічний ефект у порівнянні з традиційними способами плавки ожеледиці.

Ключові слова **– ожеледиця, плавка, повітряна лінія, генератор зондуючи імпульсів, розчеплена фаза.**

Постановка проблеми. Однією із головних задач будь-якої енергосистеми є надійне електропостачання споживачів, котре здійснюється переважно через повітряні лінії електропередачі. Одна із серйозних причин аварій в електроенергетичних системах полягає в утворенні щільного крижаного осаду – ожеледі – при намерзанні переохолоджених крапель дощу, мряки або туману при температурі від 0 до – 50ºС на проводах високовольтних ліній електропередачі. Товщина льоду на лініях електропередачі може досягати 300 мм і більше, істотно обтяжуючи їх і приводячи до розриву. Від ожеледиці у

© Чебанов А. Б.

високовольтних лініях електропередачі страждають багато країн світу, в тому числі Україна, північні європейські країни, Канада, Росія. У кожній з названих країн через ожеледицю в енергосистемах відбувається в рік до 6-8 великих аварій [1]. Тому, на сьогоднішній день в країні є актуальним питання пошуку ефективних та невеликих за собівартістю способів боротьби з ожеледяними відкладеннями.

Аналіз останніх досліджень. Основним існуючим методом боротьби з ожеледицею при експлуатації протяжних повітряних ліній є його плавка за рахунок нагрівання проводів струмом, що протікає по ним. Існує досить велика кількість схем плавки ожеледі, які визначаються схемою електричної мережі, навантаженням споживачів, можливістю відключення ліній та іншими факторами. Плавка ожеледі змінним струмом застосовується тільки на лініях з напругою нижче 220 кВ з проводами перерізом менше, ніж 240 мм^2. На інших повітряних лініях плавка здійснюється випрямленим струмом. Але такі методи плавки мають ряд недоліків, таких як, складна схема, необхідність додаткового обладнання, значні витрати енергії, необхідність у відключенні споживачів. При використані постійного струму можлива лише дискретність у виборі струму плавки, що не завжди є вірним, також необхідні спеціальні установки, виконані на базі некерованих мостових випрямлячів.

Формулювання цілей. Обґрунтування способу плавки ожеледиці що виникає на повітряних лініях за допомогою генератора зондуючих імпульсів.

Основні матеріали дослідження. Спосіб плавки ожеледі за допомогою генератора зондуючих імпульсів та приймача цих імпульсів дозволяє проводити сигналізацію та плавку ожеледі на повітряних лініях електропередач з розщепленою фазою без відключення споживачів і якогось обмеження подачі їм електроенергії. Надійність та ефективність досягається шляхом вдосконалення та усунення недоліків існуючих пристроїв.

Додаткове встановлення в схему блоку для плавки ожеледі дозволить своєчасно проводити профілактичний нагрів проводів та грозозахисних тросів і запобігти виникненню аварій на повітряних лініях, збільшити строк експлуатації, підвищити ефективність їх роботи [2]. Пристрій має в схемі додатково введений блок плавки ожеледі, який представлено розподільчим пристроєм, на кожен провід фази якого встановлюється окремий комутаційний апарат в поєднанні зі стаціонарними шунтуючими перемичками між проводами фази [3].

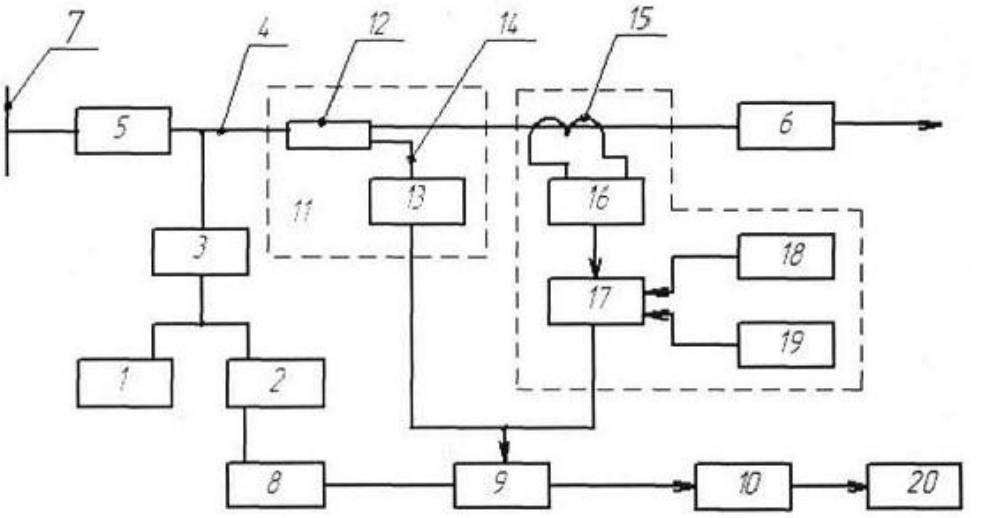


Рис.1. Блок-схема блоку плавлення ожеледі при послідовно з'єднаних проводах розщепленої фази

Встановлення блоку плавки ожеледі дозволяє автоматично проводити плавку ожеледі при виникненні ситуації, що засвідчує попередній блок сигналізації ожеледяно-паморозових відкладень на повітряної лінії. При цьому схему плавки ожеледі збирають в залежності від кількості проводів у розщеплених фазах із застосуванням стаціонарних шунтуючих перемичок і комутаційних апаратів в розподільчих пристроях, а перетин проводів розщепленої фази розраховують з умови достатнього їх нагріву для плавки ожеледі робочим струмом навантаження в фазі**,** при проходженні цього струму тільки по одному дроту розщепленої фази.

Система складається з генератора зондуючих імпульсів 1, приймача 2, системи під'єднань 3, ділянки проводу лінії електропередач, що контролюється 4, високочастотних загороджувачів 5 і 6, що встановлені відповідно в його початку та кінці, шин підстанції 7, блока виміру часу 8, вихід якого з'єднаний з першим входом розрахункового пристрою 9, сигналізатора появи ожеледі 10, манометричного термометру 11, термобалону 12, блока вимірювання температури 13, капіляра 14**,** трансформатору струму 15, вимірювального перетворювача струму навантаження 16, блока визначення температури 17, та вимірювального перетворювача температури 18 і швидкості вітру 19, блоку плавлення ожеледі 20.

Схема блоку плавлення ожеледі при послідовно з'єднаних проводах розщепленої фази складається з розподільчого пристрою плавлення ожеледі 21, що розташовано по межах зони утворення ожеледі 22, та містять шини фази 23, проводи 24 розщепленої фази, шунтуючі перемички 25, комутаційні апарати 26.

Система працює наступним чином. Зондуючи імпульси від генератора 1 через систему з'єднань 3 поступають на початок ділянки проводу 4. Далі ці імпульси розповсюджуються уздовж ділянки проводу

4 і відображаються від загороджувача 6, який встановлений на його кінці. Відтворені від кінця ділянки проводу 4 імпульси, повертаються на його початок, відображаються від 5 і знов через систему приєднання 3 поступають на вхід приймача 2, де фільтруються і підсилюються, а потім поступають в блок вимірювання часу 8, де проводиться визначення часу розповсюдження зондуючих імпульсів від його початку і до кінця. Час розповсюдження зондуючих імпульсів залежить від швидкості розповсюдження самого імпульсного сигналу по ділянці проводу 4. При появі ожеледі швидкість розповсюдження імпульсного сигналу знижується за рахунок зміни діелектричних властивостей середовища та температури проводу повітряної лінії. Крім цього, під дією маси ожеледі відбуваються додаткові збільшення довжини ділянки проводу 4 відносно значення її початкової довжини. З розрахункового пристрою 9 по отриманим значенням часу розповсюдження зондуючих імпульсів і температури, імпульсний сигнал подається на манометричний термометр 11, який, в свою чергу, реагує на зміну параметрів температури навколишнього середовища, а саме на зниження температури, потім подає імпульс на термобалон 12, який закріплений на ділянці проводу 4, далі імпульсний сигнал, проходить через капіляр 13 і подається на блок вимірювання температури 14, який має телемеханічний зв'язок з розрахунковим пристроєм 9, після чого подається сигнал на спрацювання сигналізатора утворення ожеледі 10. Далі відбувається контроль по каналу визначення температури посереднім шляхом. На ділянці проводу 4 встановлений трансформатор струму 15, який подає сигнал на вимірювальний перетворювач струму навантаження 16, фіксується значення температури в блоці 17 на основі вимірювання температури 18 та швидкості вітру 19, які з'єднані за допомогою телемеханічної лінії зв'язку та встановлені на постах контролю ожеледі у декількох місцях на протязі лінії електропередач. З блоку 17 подається інформація на вхід розрахункового пристрою 9, далі при зміні параметрів відбувається команда на спрацювання сигналізатора утворення ожеледі 10, після обробки даних сигналізатора поступає команда в блок плавлення ожеледі 20. Далі в залежності від обраної схеми плавки ожеледі, проводиться плавка ожеледі на проводах повітряної лінії.

При реалізації повної схеми плавлення ожеледі при послідовно з'єднаних проводах розщепленої фази (рисунок 2) на ділянки повітряної лінії електропередач, схильних до утворення ожеледі 22. Плавлення ожеледі в цьому випадку відбувається одночасно на всіх проводах фази, де встановлено розподільні пристрої плавлення ожеледі 21, число розподільчих пристроїв плавлення ожеледі залежить від протяжності обмерзання ділянки. Передається сигнал на шини 23 та через проводи розщепленої фази 24 повітряних ліній електропередач відбувається плавка ожеледі робочим струмом навантаження в фазі, при проходженні

цього струму тільки по одному дроту розщепленої фази. Кількість комутаційних апаратів 26 в розподільному пристрої плавлення ожеледі в цьому випадку менше кількості проводів розщепленої фази, при цьому також використовуються стаціонарні шунтуючі перемички 25 між проводами фази.

При реалізації повної схеми плавлення ожеледі з виділенням кожного проводу у фазі 30 (рисунок 3), що можливо при будь-якій кількості проводів розщепленої фази 29, в розподільному пристрої 27, що розташований по межах зони утворення ожеледі 28, на кожен провід фази встановлюють окремий комутаційний апарат 32, розрахований на повний фазний струм, в поєднанні зі стаціонарними шунтуючими перемичками 31 між проводами фази, які встановлюють після комутаційних апаратів в бік сусіднього розподільного пристрою плавлення ожеледі. Плавка ожеледі в цьому випадку йде почергово в проводах фази. При непарній кількості проводів розщепленої фази і парній кількості проводів розщепленої фази, рівним більш 2-х проводів, можлива комбінована схема плавлення ожеледі [4].

При виборі типу комутаційного апарата враховують рівні напруги та струму в повітряних лініях електропередачі.

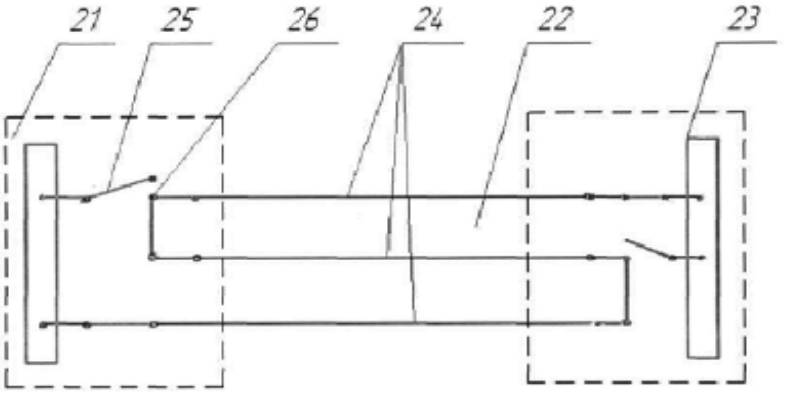


Рис. 2. Електрична схема блока плавлення при послідовно з'єднаних проводах розщепленої фази.

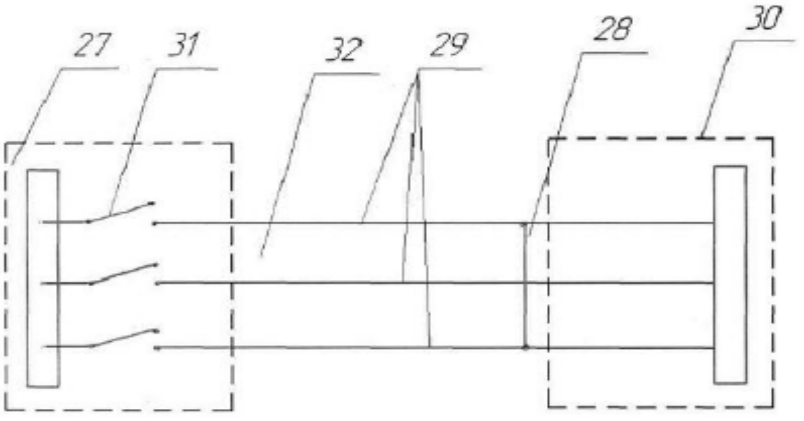


Рис. 3. Схема блока плавлення ожеледі і з виділенням кожного проводу в фазі.

Висновки. Запропоновано спосіб плавки ожеледиці повітряної лінії за допомогою генератора зондуючих імпульсів, який потребує застосування меншого додаткового обладнання, а при подальшій експлуатації можна отримати більший економічний ефект у порівнянні з традиційними способами плавки ожеледиці.

Література

1. Арайс Р. Ж. Испытания и измерения в электросетях 0,4-20 кВ / Р. Ж. Арайс, И. О. Сталтманис. – М.: Энергия, 1979. – 104 с.

2. Щербакова О. І. Обґрунтування вибору обмежувачів перенапруг як засобу захисту розподільчих мереж / О. І. Щербакова // Матеріали науково-технічної конференції магістрів та студентів Таврійського державного агротехнологічного університету / ТДАТУ. – Вип. X, т. 1. – Мелітополь, 2012. – С. 36-38

3. Локационный мониторинг неоднородностей распределительных электрических сетей / Р. Г. Минуллин [и др.] // Электротехника. – 2006. – № 5. – С. 2-10.

4. Пат. 59680 Україна, МПК (2009) H02G 7/16. Система сигналізації та плавки ожеледі на проводах повітряної лінії / Л. Р. Коваленко, О. І. Коваленко, О. І. Щербакова. – №u201013228; заявл. 08.11.10; Опубл. 25.05.11, бюл. № 10.

ОБОСНОВАНИЕ СПОСОБА ПЛАВКИ ГОЛОЛЕДА ВОЗДУШНОЙ ЛИНИИ С ПОМОЩЬЮ ГЕНЕРАТОРА ЗОНДИРУЮЩИХ ИМПУЛЬСОВ

Чебанов А. Б.

Аннотация

Одной из главных задач любой энергосистемы является надежное электроснабжение потребителей, которое осуществляется преимущественно через воздушные линии электропередач. Одна из серьезных причин аварий в электроэнергетических системах состоит в образовании плотного ледяного осадка – гололеда – при намерзании переохлажденных капель дождя, мороси или тумана при температуре от 0 до – 50ºС на проводах высоковольтных линий электропередачи. В Украине систематически наблюдаются такие повреждения воздушных линий электропередачи (ВЛ), вызванных воздействием гололедных и ветровых нагрузок, так как страна находится в зоне умеренного климатического пояса с признаками, преимущественно, умеренно континентального климата, для которого характерны мягкие зимы. Эти факторы и являются благоприятными для отложения гололеда на линиях электропередачи. Поэтому, на сегодняшний день в стране является актуальным вопрос поиска малоэнергоемких и эффективных способов борьбы с гололедными отложениями. В данной статье предложено осуществлять плавку гололеда на воздушных линиях с помощью генератора зондирующих импульсов и приемника этих импульсов. Представлена структурная схема плавки гололеда при последовательно соединенных проводах расщепленной фазы. Раскрыто ее содержание. Представлена электрическая схема блока плавления при последовательно соединенных проводах расщепленной фазы и с выделением каждого провода в фазе. Раскрыто их содержание. Предложенный способ плавки

гололеда воздушной линии с помощью генератора зондирующих импульсов требует применения меньшего дополнительного оборудования, а при дальнейшей эксплуатации можно получить больший экономический эффект по сравнению с традиционными способами плавки гололеда.

JUSTIFICATION OF THE MODE OF FUSION OF ICE OVERHEAD LINES BY MEANS OF THE GENERATOR OF PROBING PULSES

A. Chebanov

Summary

One of the main tasks of any power system is a reliable power supply to consumers, which is carried out mainly through overhead power lines. One of the major causes of accidents in electric power systems is the formation of a dense ice sludge – ice – when freezing overcooled drops of rain, frost or fog at a temperature from 0 to 50 ° C on the wires of high – voltage power lines. In Ukraine, systematically observed such damage overhead power lines (VL) caused by exposure to ice and wind loads, as the country is in the zone of temperate climatic zone with signs, mainly temperate continental climate, characterized by mild winters. These factors are favorable for the deposition of ice on power lines. Therefore, today in the country the question of search of low-energy-intensive and effective ways of fight against ice deposits is actual. In this article it is offered to carry out melting of ice on air lines by means of the generator of sounding impulses and the receiver of these impulses. The structural scheme of ice melting at sequentially connected wires of the split phase is presented. Its content is disclosed. The electric scheme of the melting unit is presented at series - connected wires of the split phase and with the release of each wire in the phase. Their content is disclosed. The proposed method of melting ice of the air line using the sounding pulse generator requires the use of smaller additional equipment, and further operation can be more cost-effective compared to traditional methods of melting ice.

Keywords: ice, melting, air line, oscillating pulse generator, open-loop phase.

УДК 621.311 DOI: 10.31388/2220-8674-2018-2-35

ОБГРУНТУВАННЯ СТРУКТУРНИХ СХЕМ ТЕХНІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ

Чебанов А. Б., к.т.н.,
Чаусов С. В., к.т.н.
Таврійський державний агротехнологічний університет
e-mail: andrii.chebanov@tsatu.edu.ua

Анотація **–** сучасний рівень електрифікації і автоматизації виробничих процесів диктує необхідність підвищення надійності електрообладнання, що входить до складу технологічних установок. Виходячи з різноманіття режимів використання електроустановок і складності процесів, що протікають в них, потрібно системний підхід до рішення даної задачі.

У даній статті визначено склад типової інтегрованої системи. Розглянуті структурні схеми використання інтегрованих систем діагностування в різноманітних режимах роботи. Наведено опис взаємодії елементів інтегрованої системи при визначенні технічного стану електрообладнання. Визначено, що елементи інтегрованої системи діагностування взаємодіють в процесі оцінки стану технічних об'єктів, забезпечуючи потрібну вірогідність діагнозу. Для того, щоб можна було порівняти різні системи діагностування між собою та оцінити ефект, що досягається ними, використовують різні показники, основні з яких строго визначені. Оскільки система діагностування призначена для оцінки стану об'єкта, то якість діагностування, в першу чергу, визначається вірогідністю правильного діагностування, значення якої залежить від помилок, що допускаються в процесі діагностування. Встановлено, що системи технічної діагностики є динамічними комплексами, які з урахуванням конкретних умов експлуатації забезпечують вибір відповідного оптимального режиму діагностування.

Ключові слова **– електрообладнання, технічна експлуатація, інтегрована система, об'єкт діагностування, інформація, засіб діагностування, чоловік – оператор, динамічний комплекс, структурна схема, надійність, безвідмовність, ефективність.**

Постановка проблеми. Сучасний рівень електрифікації і автоматизації виробничих процесів диктує необхідність підвищення надійності електрообладнання, що входить до складу технологічних установок. Виходячи з різноманіття режимів використання електроустановок і складності процесів, що протікають в них, потрібно системний підхід до рішення даної задачі.

Функціонування електрообладнання в значній мірі має ймовірнісний характер. Тому, на рівні з конструктивними заходами, підвищення надійності і безвідмовності обладнання на стадії

© Чебанов А. Б., Чаусов С. В.

проектування і монтажу електроустановок, в процесі експлуатації, також слід забезпечити підтримання основних показників на заданому рівні. З цією метою передбачені певні організаційно – технічні заходи. При цьому вдосконалення якості експлуатації є актуальною задачею для всіх типів електроустановок.

Аналіз останніх досліджень. Одним з напрямків підвищення надійності і безвідмовності електрообладнання є впровадження інтегрованих систем контролю, що дозволяють через експлуатаційні показники формувати діагностичну карту електротехнічних пристроїв, прогнозувати виникнення та розвиток дефектів, своєчасно визначати вид, обсяги і терміни відновлювальних заходів.

Ефективність реалізації системами контролю вирішуваних задач залежить від ряду факторів, в тому числі і від системної інтеграції контролю електрообладнання. Тому розробка типових схем інтегрованих систем та їх адаптації до конкретних виробничих умов є науковою і технічною задачею.

Формування цілей статті (постановка, завдання). Ціллю статті є обґрунтування структур типової інтегрованої системи при діагностуванні електрообладнання в різноманітних режимах роботи.

Основна частина. Інтегрована система діагностування складається у загальному випадку з трьох елементів:

- об'єкту діагностування (ОД);
- технічних засобів діагностування (ТЗД);
- людини – оператора (ЛО).

Стійка впорядкованість в просторі і в часі елементів і зв’язків утворює структуру інтегрованої системи. В залежності від призначення, специфіки використання та розташування об'єкта у виробництві, структури системи діагностування бувають різними, однак їх можна звести до невеликого числа типових [1].

На рис. 1 приведена одна з типових структур. Діагностування в цьому випадку здійснюють в період виконання об’єктом його робочих функцій, тобто вона є функціональною. ТЗД грають пасивну роль в процесі діагностування. Вони тільки сприймають і перероблюють інформацію, що характеризує якість виконання ОД робочих функцій. ЛО безпосередньо не контактує з об’єктом, тільки взаємодіє з ТЗД, сприймаючи інформацію, керуючи процесом діагностування і приймаючи рішення щодо використання об’єкту.

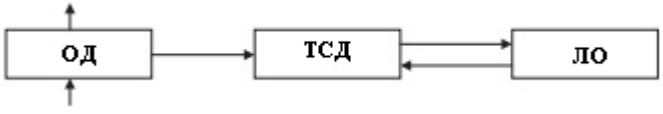


Рис. 1. Структурна схема системи функціонального діагностування

Така структура системи діагностування (рис. 1) в тих випадках, коли за характером виконання переривати функціонування об'єкту для діагностування не є можливим, об'єкт розташовано в важкодоступних місцях або введення в об'єкт стимулюючого впливу з метою діагностування неприпустимо.

Електрообладнання, що використовується періодично, а також, що працює в повторно-короткочасному або короткочасному режимах (електроприводі різноманітного призначенні та ін.), діагностують, як правило, в спеціальному режимі: зазвичай перед або після використання об'єкту за призначенням. Крім того, подібне діагностування можна виконувати у відрізок часу між використанням об'єкту (рис. 2). У даному випадку ТЗД виконує такі ж функції, що й раніше: сприймають від об'єкту і перероблюють інформацію щодо його стану, ЛО має доступ до об'єкту для включення, вимкнення, а при необхідності для відповідних перемикань його в процесі діагностування, що відрізняє цю структуру від попередньої.

Як і у першому випадку, ЛО сприймає інформацію і керує процесом діагностування. На відміну від попередньої, для подібної структури системи діагностування характерно, що в процесі діагностування об'єкт не працює.

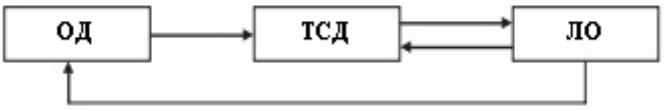


Рис. 2. Структурна системи діагностування в спеціальному випадку

Структура інтегрованої системи діагностування при тестовому діагностуванні об'єкту суттєво видозмінюється, так як ТЗД розділяють на дві характерні частини: ТЗД-1 – це активні засоби, що представляють собою генератори стимулюючих впливів, які за командою оператора або за заданою оператором програмою виробляють спеціальні сигнали, що поступають до об'єкту та викликають його реакцію. Стимулюючі впливи можуть копіювати робочі сигнали, зазвичай надходячи до об'єкту при його функціонуванні, або бути специфічними, призначеними тільки для діагностування об'єкту. ТЗД-2 – це пасивні засоби, що виконують функцію сприймання і перероблення інформації щодо стану об'єкту, укладеної в його реакції на стимулюючі впливи.

Як видно з рис. 3, ТЗД-1 та ТЗД-2 зв'язані між собою для узгодження режимів їх роботи. Узгодженню можуть підлягати часи включення і вимкнення, параметри стимулюючих сигналів, пороги спрацьовування елементів, що оцінюють тощо. В цьому випадку оператор не контактує з об'єктом, він керує активними ТЗД-1 та

сприймає інформацію щодо стану об’єкта з пасивних ТЗД-2. Така структура характерна для систем діагностування об’єктів, розташованих у виробництві в місцях, важкодоступних для оператора і які допускають переведення в спеціальний режим діагностування.

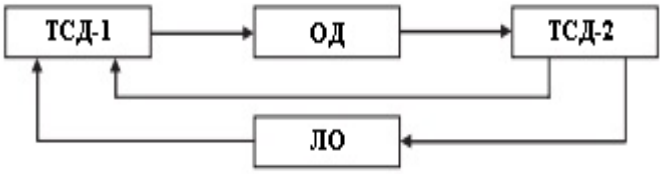


Рис. 3. Структурна схема системи тестового діагностування

На рис. 4 приведено різновид структури інтегрованої системи при тестовому діагностуванні електрообладнання. Оператор може безпосередньо керувати об’єктом в процесі діагностування. Можливість безпосереднього керування дозволяє усунути безпосередній зв'язок між ТЗД-1 і ТЗД-2. Природно, подібну структуру системи діагностування використовують тоді, коли об’єкт розташовано в доступному для вільного нагляду місці.

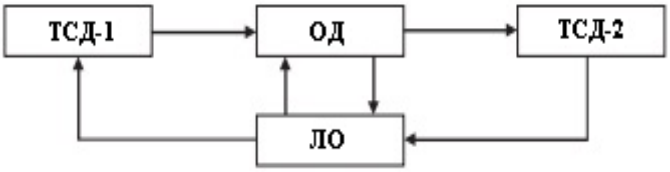


Рис. 4. Структурна схема системи тестового діагностування при наявності зв’язку ОД – ЛО

Розглянуті структури інтегрованих систем діагностування застосовують практично у всіх випадках, коли ОД розглядають як єдине ціле. Однак інколи об’єкт розділяють на частини, які діагностують різноманітними ТЗД і в різноманітний час. На рис. 5 приведена схема системи діагностування об’єкту, який складається з ОД 1 і ОД 2. ОД 1 являє собою частину, яку діагностують достатньо часто тестовим способом за допомогою ТЗД-1 – активних технічних засобів, що виробляють стимулюючі тестові послідовності і ТЗД-2 – засобів оброблення вихідної послідовності. ОД 2 володіє значно більшою безвідмовністю, тому його діагностують значно рідше функціональним способом за допомогою ТЗД-3, які оброблюють інформацію щодо стану ОД 2 та видають діагноз оператору. Зокрема, ОД 1 може представляти собою обчислювальний керуючий пристрій, а ОД 2 – радіолокаційну станцію. Функції оператора в подібній системі достатньо складні і різноманітні та працює він із більшим навантаженням. По – перше, керує і спостерігає за функціонуванням ОД 2, вмикає ТЗД-3 і сприймає інформацію з цих технічних засобів

щодо стану ОД 2. По-друге, оператор виводить у спеціальний контрольний режим ОД 1, керує (вмикає і вимикає) ТЗД-1 та сприймає інформацію з ТЗД-2 щодо стану ОД 1. Якщо ступінь автоматизації підвищити, то функції оператора зміняться і відповідно зміниться структура системи діагностування [2-4].

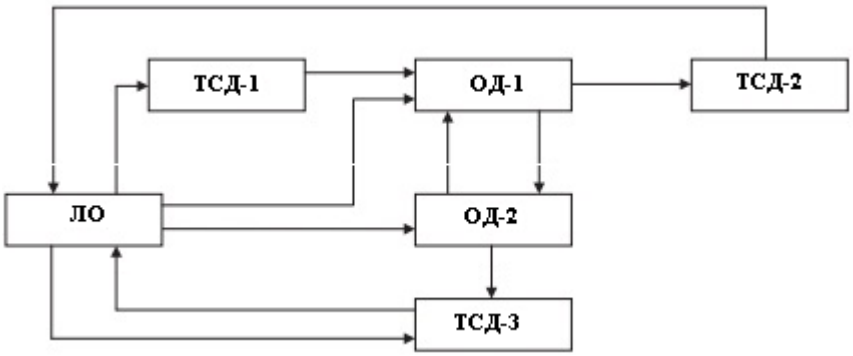


Рис. 5. Структурна схема системи тестового діагностування об’єкту, що складається з окремих частин

Елементи інтегрованої системи діагностування взаємодіють в процесі оцінки стану технічних об’єктів, забезпечуючи потрібну вірогідність діагнозу. Для того, щоб можна було порівняти різні системи діагностування між собою та оцінити ефект, що досягається ними, використовують різні показники, основні з яких строго визначені. Оскільки система діагностування призначена для оцінки стану об’єкта, то якість діагностування, в першу чергу, визначається вірогідністю правильного діагностування, значення якої залежить від помилок, що допускаються в процесі діагностування.

Електрообладнання в тому числі представляє собою складні ОД, стан яких характеризується сукупністю незалежних показників. Крім того, системи діагностування зазнають зміни в залежності від характеру використання об’єкту. При цьому ОД використовують безперервно або періодично, причому періодичне використання може мати постійний період (регулярно-періодичне використання) або випадкове значення періоду (випадково-періодично використання).

Висновки. Визначені структурні схеми системи технічної діагностики в залежності від зовнішніх та внутрішніх факторів, що впливають на електрообладнання. Встановлено, що системи технічної діагностики є динамічними комплексами, які з урахуванням конкретних умов експлуатації забезпечують вибір відповідного оптимального режиму діагностування.

Література

1. Калявин В. П. Технические средства диагностирования / В. П. Калявин, А. В. Мозгалевский. – Л.: Судостроение, 1984. –186 с.

2. Гельфандбейн Я. А. Методы кибернетической диагностики динамических систем / Я. А. Гельфандбейн. – Рига: Зинатне, 1987. – 124 с.

3. Глазунов Л. П. Проектирование технических систем диагностирования / Л. П. Глазунов, А. Н. Смирнов. – Л.: Энергоатомиздат, 1982. – 263 с.

4. Пархоменко П. П. Основы технической диагностики / П. П. Пархоменко, Е. С. Согомонян. – М.: Энергоиздат, 1981. – 454 с.

ОБОСНОВАНИЕ СТРУКТУРНЫХ СХЕМ ТЕХНІЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ ЕЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Чебанов А. Б., Чаусов С. В.

Аннотация

Современный уровень электрификации и автоматизации производственных процессов диктует необходимость повышения надежности электрооборудования, входящего в состав технологических установок. Исходя из многообразия режимов использования электроустановок и сложности протекающих в них процессов, требуется системный подход к решению данной задачи. В данной статье определён состав типовой интегрированной системы. Рассмотрены структурные схемы использования интегрированных систем диагностирования в различных режимах работы. Приведено описание взаимодействия элементов интегрированной системы при определении технического состояния электрооборудования. Элементы интегрированной системы диагностирования взаимодействуют в процессе оценки состояния технических объектов, обеспечивая требуемую достоверность диагноза. Для того, чтобы можно было сравнить разные системы диагностирования между собой и оценить эффект, достигаемый ими, используют различные показатели, основные из которых строго определены. Поскольку система диагностирования предназначена для оценки состояния объекта, то качество диагностирования, в первую очередь, определяется вероятностью правильного диагностирования, значение которой зависит от ошибок, допускаемых в процессе диагностирования. Установлено, что системы технической диагностики являются динамическими комплексами, которые с учётом конкретных условий эксплуатации обеспечивают выбор соответствующего оптимального режима диагностики.

THE RATIONALE OF THE BLOCK DIAGRAMS TECHNONICOL DIAGNOSTICS OF ELECTRICAL EQUIPMENT

A. Chebanov, S. Chausov

Summary

The contemporary state of electrification and manufacturing automation dictates the necessity of the electrical equipment reliability growth. The manifold of electrical installations usage modes and their operations difficulty determine the systems approach to the solution of the given problem. The article presents the structure of a standard integrated system. Structure charts of integrated diagnostic systems application in different modes are considered. Description of the elements interaction within the integrated system during the determination of the technical state of the ship electrical equipment is presented. Elements of the integrated system of diagnosis interact in the process of assessing the state of technical objects, providing the required reliability of the diagnosis. In order to be able to compare different systems of diagnosis among themselves and to assess the effect achieved by them, use different indicators, the main of which are strictly defined. Because the system diagnostics designed to assess the state of the object, the quality of diagnosis in the first place, determined by the probability of the correct diagnosis, the value of which depends on the error allowed in the process of diagnosis. It is established that the systems of technical diagnostics are dynamic complexes, which, taking into account specific operating conditions, provide the choice of the appropriate optimal diagnostic mode.

Keywords: electrical equipment, technical operation, integrated system, object of diagnostics, information, diagnostic tool, man - operator, dynamic complex, structural scheme, reliability, reliability, efficiency.

УДК 631.53.027.33:635.21 DOI: 10.31388/2220-8674-2018-2-36

ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ КАРТОПЛІ ВИСОКОВОЛЬТНИМ ЕЛЕКТРИЧНИМ ПОЛЕМ

Дудіна М. П., інженер,
Гулевський В. Б., к.т.н.,
Чебанов А. Б., к.т.н.
Таврійський державний агротехнологічний університет
E-mail: dudinamariatl@gmail.com

Анотація - На сьогоднішній день способи обробки передпосівного матеріалу не завжди забезпечують необхідну врожайність та низькі економічні показники. Можливості загальновідомих способів майже вичерпані, у зв'язку з чим виникає актуальне завдання пошуку нових способів, які забезпечать збільшення врожайності картоплі при незначних економічних витратах і простоті у використанні. Проведеним аналізом останніх досліджень встановлено, що використання електричного поля високої напруги для передпосівної обробки може забезпечити збільшення врожайності, невеликі економічні витрати та незначну складність проведення обробки.

В роботі представлена експериментальна установка, розроблена методика експериментальних досліджень, що дозволяють встановити закономірності процесу обробки високовольтним електричним полем посівного матеріалу, знайти оптимальне співвідношення значень технологічних параметрів обробки картоплі, а також визначено чинники, що впливають на процес обробки картоплі високовольтним електричним полем та обґрунтовано раціональні технологічні режими обробки картоплі високовольтним електричним полем.

В результаті роботи, аналізом отриманої кількості картоплин з урахуванням їх діаметрів встановлено, що максимальна кількість картоплин досягається при f = 0 Гц, t = 15 хв та U = 9,5 кВ. При цьому кількість картоплин з урахуванням шкал їх максимальних діаметрів наступна: 0…30 мм – 7 картоплин; 30,1…45 мм – 12 картоплин; 45,1…60 мм – 8 картоплин; 60,1…75 мм – 7 картоплин; 75,1…90 мм – 8 картоплин.

Отримані експериментальні закономірності дозволили обґрунтувати раціональні технологічні режими експериментальної установки при обробці високовольтним електричним полем. Обробку картоплі необхідно здійснювати на постійному струмі (частота мережі f = 0 Гц), величину прикладеної напруги і час обробки необхідно збільшити до 9,5 кВ та 15 хв. При цьому, відносна маса картоплі у порівнянні з контрольним зразком збільшилася на 19%.

Ключові слова - **картопля, передпосівна обробка, високовольтне електричне поле, посівний матеріал, електрофізичні методи, частота, напруга, постійний струм, змінний струм.**

© Дудіна М. П., Гулевський В. Б., Чебанов А. Б.

Постановка проблеми. Проблема забезпечення потреби країни продуктами сільськогосподарського виробництва є досить гострим і актуальним питанням. Одне з найважливіших місць в комплексі заходів з підвищення врожайності культур, що вирощуються, займає передпосівна робота з насінням. На сьогоднішній день способи обробки передпосівного матеріалу не завжди забезпечують необхідну врожайність та низькі економічні показники. Можливості загальновідомих способів майже вичерпані, у зв'язку з чим виникає актуальне завдання пошуку нових способів, які забезпечать збільшення врожайності картоплі при незначних економічних витратах і простоті у використанні.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Методи підготовки насіння до сівби поділяються на біологічні, хімічні і фізичні [1]. Недоліками біологічних та хімічних методів є: низька технологічність; складність процесу отримання стимулюючих речовин; неоднакова реакція насіння зважаючи на їх різноякісності; необхідність проведення рекогносцирувальних дослідів із визначення оптимальних доз при обробці великих партій насіння; хімічні препарати містять солі важких металів, які є токсичними, не розкладаються в природі і згубно діють на тварин і людей.

В останні роки в практику сільського господарства стали активно впроваджувати електрофізичні методи впливу на рослини, насіння зернових і овочевих культур, що відносяться до фізичних методів [2, 3]. Окремим аспектам впливу електромагнітних полів та розроблення обладнання і технологій передпосівної стимуляції насіння присвячені роботи відомих науковців Є. Л. Піротті [4], Ю. Н. Куценко [4], А. С. Черепньова [5], Н. Г. Косуліної [6], О. Д. Черенкова [7], В. Н. Шмигеля [8], Л. С.Червінського [9] та інших.

Формулювання цілей статті – визначити чинники, що впливають на процес обробки картоплі високовольтним електричним полем; обґрунтувати раціональні технологічні режими обробки картоплі високовольтним електричним полем.

Виклад основного матеріалу. Показниками ефективності при обробці посівного матеріалу будуть служити врожайність картоплі та її найбільший діаметр (рис. 1). Для полегшення розрахунків врожайність картоплі нами буде виражена через відносну масу.

Таким чином, набір критеріїв для визначення оптимальних рівнів при обробці картоплі перед посадкою високовольтним електричним полем можна здійснити за допомогою наступних критеріїв ефективності:

$$\mu \geq \mu_{зад};\ d \geq d_{зад}, \qquad (1)$$

де μ – відносна маса картоплі;

$\mu_{зад}$ – відносна маса картоплі контрольного зразка;

d – найбільший діаметр картоплі, мм;

$d_{зад}$ – найбільший діаметр картоплі контрольного зразка, мм.

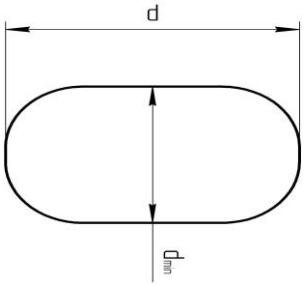


Рис. 1. Схематичний вигляд картоплі: d – найбільший діаметр картоплі; d_{min} – найменший діаметр картоплі.

Відносна маса картоплі в зразку, що досліджується, визначається за формулою:

$$\mu = \frac{m}{m_{зад}}, \qquad (2)$$

де m – маса картоплі, гр.;

$m_{зад}$ – маса картоплі в контрольному зразку, гр.

У контрольному зразку відносна маса картоплі буде дорівнювати μ=1, так як у формулі (2) значення чисельника і знаменника будуть однаковими. Відповідно значення відносної маси контрольного зразка (μ=1) прийняте за таке, від якого буде рахуватися відхилення в проведених нами експериментах.

Найбільший діаметр картоплі в експериментальних та контрольних зразках визначається за формулою:

$$d = \frac{\sum d_i}{n};\ d_{зад} = \frac{\sum d_{зад.i}}{n}, \qquad (3)$$

де d_i, $d_{зад.i}$ – діаметр однієї картоплі в експериментальному і контрольному зразках, мм;

n – кількість картоплі в експериментальному і контрольному зразках, шт.

До показників ефективності можливо було б ще віднести і кількість отриманої картоплі після вирощування, але на наш погляд, цей показник має другорядний характер, так як зі збільшенням чи зменшенням кількості картоплі відповідно буде збільшуватися або зменшуватися і маса контрольного або експериментального зразків.

Для проведення експериментальних досліджень була обрана картопля сорту «Лимонка» врожаю 2017 року [10]. Найбільший діаметр картоплин (рис. 1) коливався від 50 до 60 мм. На кожній була

наявність глазків, кількість яких коливалася від 3 до 5 шт. При проведенні експериментів вологість картоплі не змінювалась і складала 10,25%. Вихідна вологість картоплі визначалась за ДСТУ 4014-2001 [11].

Весь посівний матеріал був розбитий на дві групи: контрольну та експериментальну. На відміну від експериментальних зразків, контрольні зразки не піддавалися передпосівній обробці високовольтним електричним полем, а відразу висаджувалися до ґрунту.

Для обробки картоплі високовольтним змінним або постійним електричним полем розроблена експериментальна установка, конструктивна схема якої представлена на рис. 2. Установка складається з плоскопаралельної електродної системи з верхнім електродом 1 і нижнім електродом 2, які закріплені на діелектрику 4. На поверхню діелектрика розміщується посівний матеріал 3, що підлягає обробці. Електроди підключені через високовольтні проводи 6 до джерела живлення 5 з високою змінною або постійною напругою. Джерело живлення містить в собі автотрансформатор, високовольтний трансформатор з коефіцієнтом трансформації k=45. Відповідно, за допомогою автотрансформатора через підвищувальний високовольтний трансформатор можна змінювати напругу до 9900 В.

У відповідності з [12, 13] встановлено час обробки посівного матеріалу високою постійною або змінною напругою від 5 до 15 хвилин. Час напруги фіксувався секундоміром «Агат» з похибкою 0,2 с. При більш тривалому часі обробки посівної картоплі відбуваються незворотні біохімічні процеси в картоплинах, внаслідок яких матеріал гине, а при меншому часу обробки якісних і кількісних змін в матеріалі не відбувається.

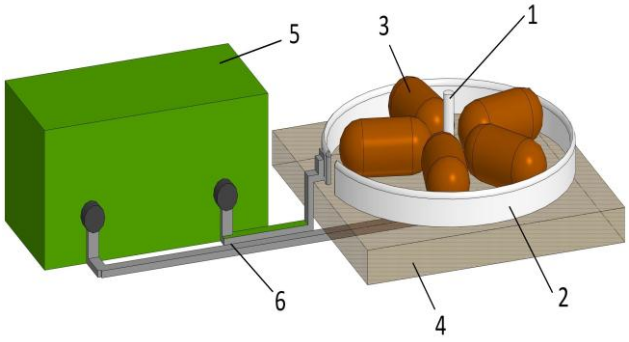


Рис. 2. Експериментальна установка: 1 – верхній електрод, 2 – нижній електрод, 3 – посівний матеріал, 4 – діелектрик, 5 – трансформатор, 6 – високовольтні з’єднувальні проводи.

Проведеними попередніми дослідженнями встановлено, що експериментальна установка розрахована на максимальне споживання струму в 0,5 А. Для споживання такої величини струму,

маса картоплі повинна складати 92 гр. Відповідно, при подальших дослідженнях, кількість картоплі, які вкладають до експериментальної установки, розраховували виходячи із встановленої маси, тобто попередньо зважували та вкладали таку кількість картоплин, щоб отримати необхідну її масу.

Також було встановлено, що при напрузі у 9,7 кВ відбувається пробій між верхнім 1 та нижнім 2 електродами (рис. 2), тому при дослідженнях нами прийнята верхня межа напруги у 9,5 кВ, нижня межа – на рівні 7,5 кВ. В цьому діапазоні напруг проводилася обробка посівного матеріалу.

Посівний матеріал поміщався на діелектрик 4 між верхнім 1 та нижнім 2 електродами, що з'єднані з джерелом живлення (рис 2). При ввімкнені до мережі, автотрансформатор налаштовувався на потрібну напругу та починалася обробка картоплі електричним полем. Після визначеного часу, автотрансформатор вимикався. Оброблена картопля поміщалася у окремі контейнери із поміткою номеру досліду.

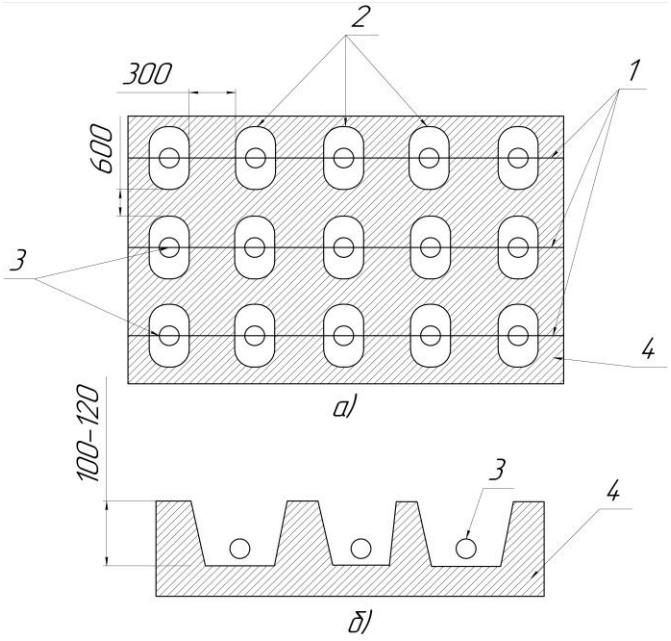


Рис. 3. Технологічна схема посадки картоплі: а) вид зверху; б) вид збоку. 1 – рядки; 2 – лунки; 3 – картопля; 4 – ґрунт.

Після обробки високовольтним електричним полем, картоплю висаджували до ґрунту. Для цього була обрана ділянка землі з рихлим ґрунтом типу чорнозем. Вологість ґрунту перед посадкою прийнята постійною величиною для всього посівного матеріалу. На ділянці були намічені рядки 1 (рис. 3), відстань між рядками складала 600 мм, вздовж намічених рядків на відстані 300 мм робили лунки 2 глибиною 100-120 мм, у які було висаджено по одній картоплині. До кожної лунки картопля укладалася глазками вгору для найшвидшого

проростання. Після висадки, відповідну лунку заривали. На всіх лунках контрольних і експериментальних (при різних параметрах обробки високовольтним електричним полем) зразків картоплі були встановлені відповідні мітки.

В процесі проростання картоплі, за нею здійснювався належний догляд і обробка, а саме: видалення бур'янів та окучування. Для того, щоб забезпечити однакові умови в процесі проростання, штучний полив не здійснювався. Збір урожаю виконувалося вручну. Для цього лопатою викопувалася лунка та вибиралася вся картопля.

Картопля з кожних трьох лунок об’єднувалася в контрольний або експериментальний (при дії різних чинників обробки посівного матеріалу) зразок. Кількість зразків повинна бути такою, щоб була триразова повторюваність однотипних дослідів.

Для визначення маси, кожний зразок контрольних та експериментальних груп зважувався на електронних вагах типу SF-400 з ціною поділки шкали 0,1 грам. Відносна маса картоплі в зразку визначалася за формулою (2).

У відповідності до критеріїв ефективності були виконані вимірювання найбільшого діаметру отриманого матеріалу кожного зразка (експериментальних і контрольних).

Вимірювання діаметру картоплі здійснювалося за допомогою штангенциркуля. Спочатку була знайдена картопля із всіх зразків з найбільшим діаметром, який був прийнятий за максимальну шкалу. В сторону зменшення через рівні проміжки прийняті ще чотири шкали діаметрів картоплі. Потім за допомогою штангенциркуля вимірювався діаметр кожної картоплі контрольних і експериментальних зразків. Після вимірювання цю картоплину відносили до відповідної шкали діаметрів картоплі. Після обміру всіх картоплин, здійснювали підрахунок кількості в кожному зразку (контрольному та експериментальних) за відповідною шкалою діаметрів картоплин.

Максимальна врожайність картоплі забезпечується при оптимальному співвідношенні технологічних параметрів розробленої експериментальної установки, яка оброблює посівний матеріал високовольтним електричним полем між собою, що неможливе при розрізненому вивченні їх впливу. У зв'язку з цим, виникає необхідність у використанні методики математичного планування експерименту.

Критерієм оптимізації є параметр, по якому оцінюється досліджуваний об'єкт і який зв'язує чинники в математичну модель. При проведенні багатофакторного експерименту за критерій оптимізації прийнято відносну масу картоплі.

На підставі апріорної інформації встановлено, що на процес обробки високовольтним електричним полем в розробленій

експериментальній установці впливають наступні чинники: рід струму (змінний або постійний), час обробки посівного матеріалу у високовольтному електричному полі і величина прикладеної напруги.

Відповідно до методики, нами було визначено кількість картоплин в експериментальному і контрольному зразках з урахуванням їх максимального діаметру при різних значеннях частоти мережі (f, Гц), часу обробки картоплі (t, хв.) та прикладеної напруги (U, кВ) (рис. 4). Значення частоти в наших дослідженнях буде відображати рід струму. Так при частоті f = 50 Гц, рід струму буде змінним, а при частоті f = 0 Гц – постійним. Шкали діаметрів прийняті наступні: 1) 0…30 мм; 2) 30,1…45 мм; 3) 45,1…60 мм; 4) 60,1…75 мм; 5) 75,1…90 мм. Максимальне значення (90 мм) у шкалі №5 прийнято у відповідності із виміряним максимальним діаметром із всіх експериментальних і контрольних зразків.

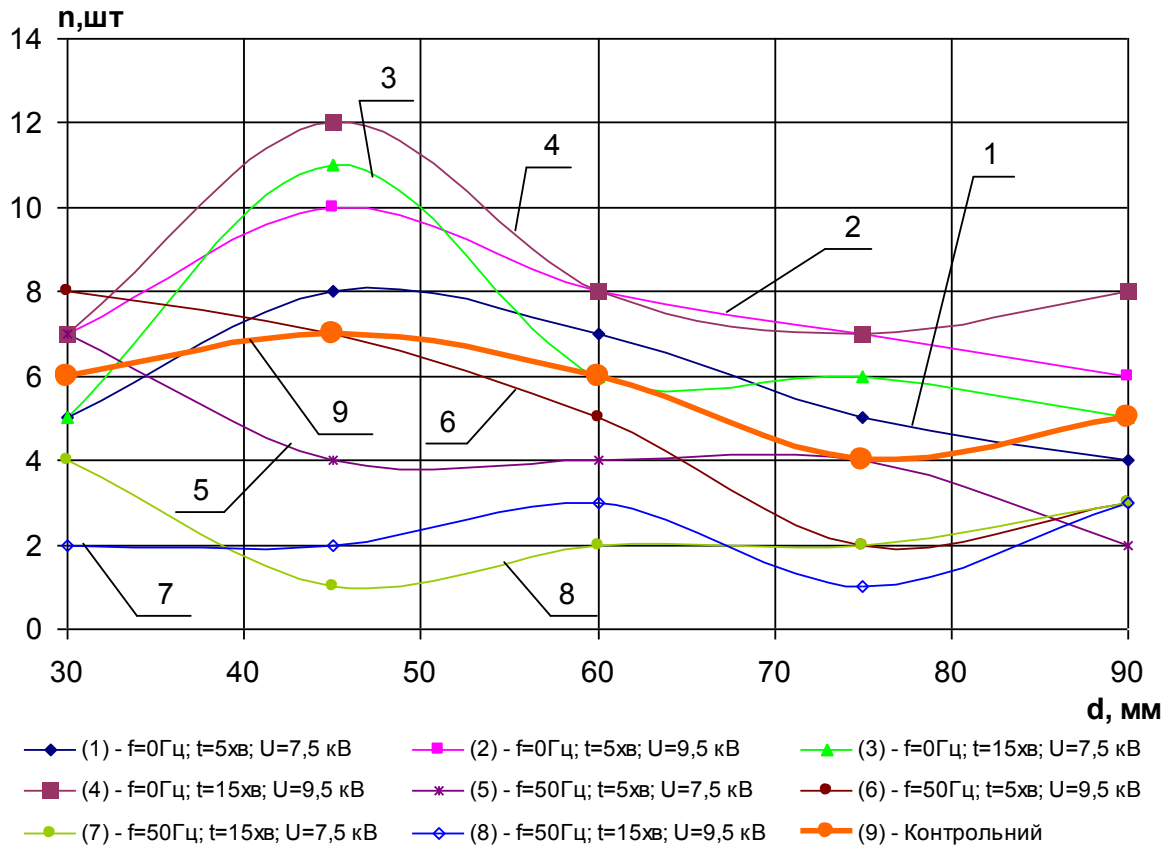


Рис. 4. Залежність кількості картоплин від максимального діаметру картоплини

Аналіз отриманих результатів показав, що зі зміною роду струму на змінний (f = 50 Гц) кількість картоплин зменшується практично за всією шкалою діаметрів у порівнянні з контрольним (9) зразком. При постійному ж струмі (f = 0 Гц) навпаки, кількість картоплин збільшується практично за всією шкалою діаметрів у

порівнянні з контрольним (9) зразком. Причому при постійному струмі на збільшення кількості картоплин впливає і збільшення часу обробки і величини прикладеної напруги. Максимальна кількість картоплин досягається при $f = 0$ Гц, $t = 15$ хв та $U = 9{,}5$ кВ (4 крива на рис.3.1). При цьому кількість картоплин з урахуванням шкал їх максимальних діаметрів наступна: 0…30 мм – 7 картоплин; 30,1…45 мм – 12 картоплин; 45,1…60 мм – 8 картоплин; 60,1…75 мм – 7 картоплин; 75,1…90 мм – 8 картоплин.

В результаті розрахунків, розкодована лінійна модель має вигляд:

$$\mu = -0{,}0547 - 0{,}066 \cdot f + 0{,}093 \cdot t + 0{,}135 \cdot U - 0{,}00054 \cdot f \cdot t - 0{,}0103 \cdot t \cdot U, \quad (4)$$

За отриманим рівнянням побудовано поверхні відгуку, які дозволяють візуально оцінити взаємний вплив чинників на критерій оптимізації – відносну кількість картоплі μ (рис. 5 - 7).

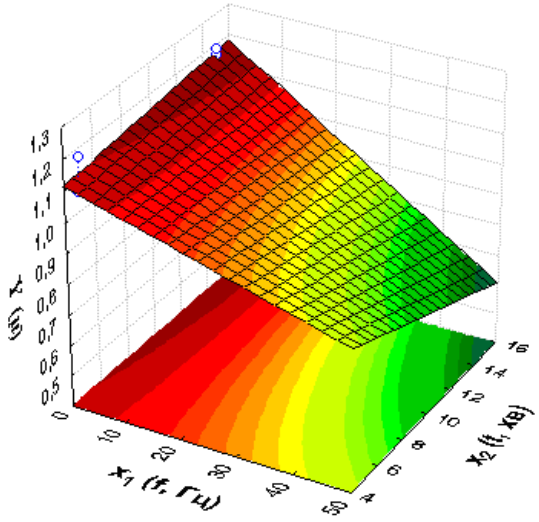


Рис. 5. Графіки поверхонь відгуків при $Y(\mu) = f(x_1, x_2)$

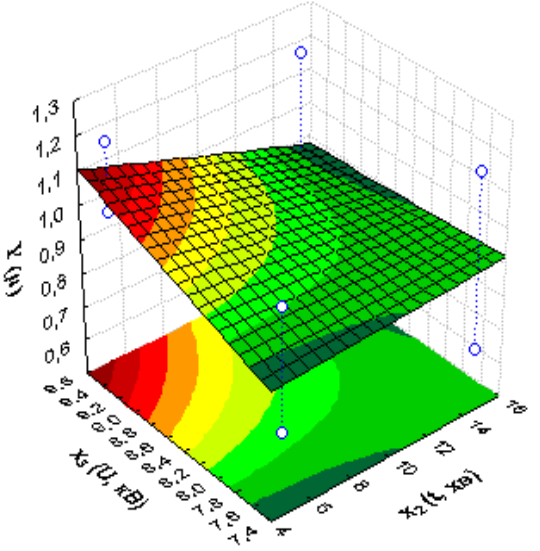


Рис. 6. Графіки поверхонь відгуків при $Y(\mu) = f(x_2, x_3)$

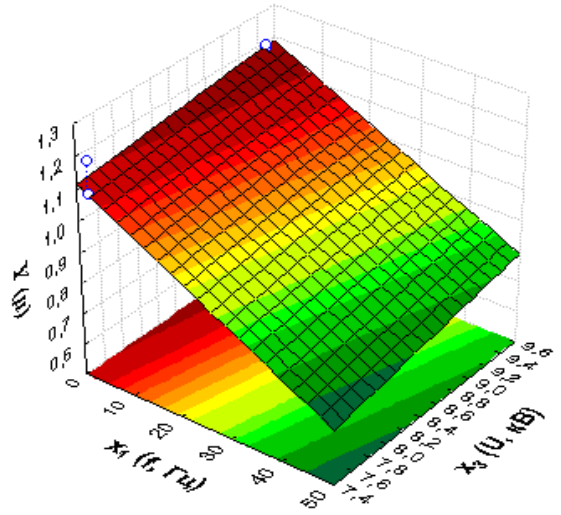


Рис. 7. Графіки поверхонь відгуків при $Y(\mu) = f(x_1,x_3)$

За аналізу графіків видно, що при збільшенні частоти мережі (зміни роду струму), відносна маса отриманої картоплі різко знижується в незалежності від дії ряду інших чинників – часу обробки посівного матеріалу і величини прикладеної напруги. Так, при зміні частоти мережі від 0 Гц до 50 Гц, відносна маса картоплі знижується на 59% (від 1,19 до 0,6) (рис. 5).

При збільшені часу обробки посівного матеріалу, відносна маса отриманої картоплі зменшується із збільшенням частоти, і навпаки, - збільшується із зменшенням частоти. Так, наприклад, при частоті мережі $f = 0$ Гц, відносна кількість картоплі збільшилася на 12 % (від 1,07 до 1,19) (рис.6).

Збільшення прикладеної напруги позитивно впливає на врожайність картоплі при будь-якій дії інших чинників. Так, при частоті мережі $f = 50$ Гц, відносна кількість картоплі збільшилася на 31 % (від 0,66 до 0,97) (рис.7).

Таким чином, обробку картоплі високовольтним електричним полем необхідно здійснювати на постійному струмі (частота мережі $f = 0$ Гц), величину прикладеної напруги і час обробки необхідно збільшити до 9,5 кВ та 15 хв. При цьому, врожайність картоплі (за показник врожайності нами будо прийнято відносну масу картоплі) у порівнянні з контрольним зразком збільшилася на 19%.

Висновки. Таким чином, аналізом отриманої кількості картоплин з урахуванням їх діаметрів встановлено, що максимальна кількість картоплин досягається при $f = 0$ Гц, $t = 15$ хв та $U = 9,5$ кВ. При цьому кількість картоплин з урахуванням шкал їх максимальних діаметрів наступна: 0…30 мм – 7 картоплин; 30,1…45 мм – 12 картоплин; 45,1…60 мм – 8 картоплин; 60,1…75 мм – 7 картоплин; 75,1…90 мм – 8 картоплин.

Отримані експериментальні закономірності дозволили обґрунтувати раціональні технологічні режими експериментальної установки при обробці високовольтним електричним полем. Обробку картоплі необхідно здійснювати на постійному струмі (частота мережі f = 0 Гц), величину прикладеної напруги і час обробки необхідно збільшити до 9,5 кВ та 15 хв. При цьому, відносна маса картоплі у порівнянні з контрольним зразком збільшилася на 19%.

Література

1. Корко В. С. Электрофизические методы стимуляции растительных объектов / В. С. Корко, Е. А. Городецкая. – Минск : БГАТУ, 2013. – 232 с.

2. Предпосевная электробработка семян: опыт Нижнего Поволжья / М. Н. Белицкая [и др.] // Енергетика и автоматика. – 2013. – № 3. – С. 48-54.

3. Методы послеуборочной и предпосевной обработки семян с использованием электрического поля / Б. И. Шихсаидов [и др.] // Вестник Дагестанского научного центра. – Махачкала, 2009. – № 35. – С. 11-17.

4. Куценко Ю. Н. Моделирование стационарного электрического поля, взаимодействующего с семенами и корневой системой сельскохозяйственных культур в грунте / Ю. Н. Куценко, А. Е. Пиротти, Е. Л. Пиротти // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. – 2011. – № 5. – С. 66-69.

5. Черепнев А. С. Использование импульсного электромагнитного излучения для обеззараживания зерновой смеси / А. С. Черепнев, И. А. Черепнев, Г. А. Ляшенко // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних сил. – 2008. – Вип. 2. – С. 53-55.

6. Косулина Н. Г. Анализ проблем предпосевной обработки семян на основе электромагнитных технологий / Н. Г. Косулина, О. Г. Аврунин, М. А. Чёрная // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – 2013. – Вип. 141. – С. 93-94.

7. Черенков А. Д. Применение информационных электромагнитных полей в технологических процесах сельского хозяйства / А. Д. Черенков, Н. Г. Косуліна // Світлотехніка та електроенергетика. – 2005. – № 5. – С. 77-80.

8. Шмигель В. Н. Определение напряженности поля внутри зернового слоя / В. Н. Шмигель, В. Г. Рахманин // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1966. – № 2. – С. 30-32.

9. Червінський Л. С. Електрофізичні методи передпосівної обробки насіння / Л. С. Червінський, О. І. Романенко // Науковий

вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. – 2013. – Вип. 184(1). – С. 137-144. – (Техніка та енергетика АПК).

10. Сортові та посівні якості картоплі насіннєвої. Технічні умови : ДСТУ 4013-2001. – [Чинний від 2001-03-30]. – К. : Держстандарт України, 2001. – 18 с.

11. Картопля насіннєва. Відбір проб і методики визначення посівних якостей : ДСТУ 4014-2001. – [Чинний від 2001-03-30]. – К. : Держстандарт України, 2001. – 14 с.

12. Прищеп Л. Г. Эффективная электрификация защищенного грунта / Л. Г. Прищеп. – М.: Колос, 1980. – 208 с.

13. Гулевский В. Б. Влияние электротехнологических методов при электробиостимуляции растений / В. Б. Гулевский, Ю. А.Постол, М. П. Дудина // Энергосбережение – важнейшее условие инновационного развития АПК : материалы Международной научно-технической конференции / БГАТУ. – Минск, 2017. – С. 187-189.

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ ВЫСОКОВОЛЬТНЫМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ПОЛЕМ

Дудина М. П., Гулевский В. Б., Чебанов А. Б.

Аннотация

На сегодняшний день способы обработки предпосевного материала не всегда обеспечивают необходимую урожайность и низкие экономические показатели. Возможности общеизвестных способов почти исчерпаны, в связи с чем возникает актуальная задача по поиску новых способов, которые обеспечат увеличение урожайности картофеля при незначительных экономических затратах и простоте в использовании. Проведенным анализом последних исследований установлено, что использование электрического поля высокого напряжения для предпосевной обработки может обеспечить увеличение урожайности, небольшие экономические затраты и незначительную сложность проведения обработки.

В работе представлена экспериментальная установка, разработанная методика экспериментальных исследований, позволяющих установить закономерности процесса обработки высоковольтным электрическим полем посевного материала, найти оптимальное соотношение значений технологических параметров обработки картофеля, а также определены факторы, влияющие на процесс обработки картофеля высоковольтным электрическим полем и обосновано рациональные технологические режимы обработки картофеля высоковольтным электрическим полем.

В результате работы, анализом полученного количества картофелин с учетом их диаметров установлено, что максимальное количество картофелин достигается при f = 0 Гц, t = 15 мин и U = 9,5 кВ. При этом количество картофелин с учетом шкал их максимальных диаметров следующая: 0 ... 30 мм - 7 картофелин; 30,1 ... 45 мм - 12 картофелин; 45,1 ... 60 мм - 8 картофелин; 60,1 ... 75 мм - 7 картофелин; 75,1 ... 90 мм - 8 картофелин.

Полученные экспериментальные закономерности позволили обосновать рациональные технологические режимы экспериментальной установки при обработке высоковольтным электрическим полем. Обработку картофеля необходимо осуществлять на постоянном токе (частота сети f = 0 Гц), величину приложенного напряжения и время обработки необходимо увеличить до 9,5 кВ и 15 мин. При этом, относительная масса картофеля по сравнению с контрольным образцом увеличилась на 19%.

THE SUBSTANTIATION OF THE TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF PRE-SOWING PROCESSING OF POTATOES WITH A HIGH-VOLTAGE ELECTRIC FIELD

M. Dudina, V. Hulevskyi, A. Chebanov

Summary

For today, the methods of processing pre-sowing material do not always provide the required yield and low economic performance. The possibilities of well-known methods are almost exhausted, therefore, the urgent task of finding new ways to increase the yield of potatoes at low economic costs and ease of use. The conducted analysis of recent studies of electrophysical methods of pre-sowing processing of sown material has established that the use of high voltage electric field for pre-sowing processing can provide increased yields, low economic costs and insignificant complexity of processing.

The article presents the following tasks: to determine the factors influencing the processing of potatoes by a high-voltage electric field; to develop the method of processing potatoes by a high-voltage electric field; To substantiate the rational technological regimes of potato processing by a high-voltage electric field.

The article presents an experimental installation and developed a technique of experimental research that allows to establish the regularities of the processing process by a high voltage electric field of a sowing material, to find the optimal ratio of values of technological parameters of the experimental installation.

As a result of the conducted researches, analysis of dependencies of the number of potatoes, taking into account their diameters, it was established that the maximum number of potatoes is achieved at a frequency of f = 0 Hz, time t = 15 minutes and voltage U = 9.5 kV. The obtained experimental laws allowed to substantiate the rational technological regimes of the experimental setup when processing by a high-voltage electric field. Potato processing must be carried out on a direct current (frequency of the network f = 0 Hz), the value of the applied voltage and processing time should be increased to 9.5 kV and 15 minutes. At the same time, the relative weight of potato in comparison with the control sample has increased by 19%.

Keywords: potatoes, pre-sowing treatment, high-voltage electric field, sowing material, electrophysical methods, frequency, voltage, direct current, alternating current.

УДК 621.383.51:631.234 DOI: 10.31388/2220-8674-2018-2-37

ЗАСТОСУВАННЯ ІНВЕРТОРІВ НАПРУГИ В АВТОНОМНИХ СИСТЕМАХ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕПЛИЧНИХ КОМПЛЕКСІВ З ВИКОРИСТАННЯМ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ

Дінабурський В. С., інженер,
Гулевський В. Б., к.т.н.
Таврійський державний агротехнологічний університет,
E-mail: vladislav.dinaburskiy@gmail.com

Анотація - Важлива роль у стабільному забезпеченні населення продуктами харчування належить овочівництву, яке є однією з найважливіших галузей сільського господарства. Незважаючи на збільшення виробництва овочевої продукції, ще не повністю реалізуються можливості підвищення ефективності виробництва, асортимент і якість овочів не до кінця задовольняють потреби суспільства. Впровадження нових передових технологій вирощування овочів дозволяє забезпечити високу врожайність і високу якість продукції. Основним стримуючим фактором розвитку тепличних господарств служить зростання тарифів на теплову та електричну енергію.

Тепличний комплекс, як і будь-яка інша система, вимагає енергопостачання. Тепличне виробництво відноситься до числа найбільш енергоємних виробництв. Споживання електроенергії в промислових теплицях України можна розділити на наступні групи: освітлення рослин, вентиляція, система водопостачання, система опалення. Теплиці можуть обігріватися гарячою водою, водяною парою, нагрітим повітрям, інфрачервоним випромінюванням або продуктами згоряння палива. Одним з важливих аспектів ведення сучасного господарства є економічне використання енергії, яке полягає в застосуванні технологій автономного енергозбереження. Останнім часом одним з пріоритетних напрямків розвитку науки і техніки стала розробка альтернативних джерел електроенергії. Така необхідність виникла у зв'язку зі зменшенням природних ресурсів і високою вартістю деяких з них.

Вартість альтернативних джерел енергії поки досить велика і ці джерела мають ряд суттєвих недоліків - займають великі площі, залежать від погодних умов, часу доби, сезону. Більшість розроблених автономних джерел енергії, таких як сонячні батареї, батареї, паливні елементи є генераторами постійної напруги. Щоб обладнання, яке потребує змінної напруги харчування зі стандартними мережевими параметрами, коректно працювало від таких джерел, виникає необхідність у використанні інверторів - перетворювачів постійного струму в змінний. Залежно від цього параметру вони мають синусоїдальний і меандровий тип. Оскільки перше значення вихідної напруги практично таке ж, як в мережі електроживлення - це хороший варіант, коли використовується високотехнологічна техніка.

Ключові слова **- інвертор, синусоїдальна напруга, енергозбереження, альтернативне джерело енергії, тепличний комплекс.**

© Дінабурський В. С., Гулевський В. Б.

Постановка проблеми. Важлива роль в стабільному забезпеченні населення продуктами харчування належить овочівництву, яке є однією з найважливіших галузей сільського господарства. Незважаючи на збільшення виробництва овочевої продукції, ще не повністю реалізуються можливості підвищення ефективності виробництва, асортимент і якість овочів не до кінця задовольняють потреби суспільства. Впровадження нових передових технологій вирощування овочів дозволяє забезпечити високу врожайність і високу якість продукції. Основним стримуючим фактором розвитку тепличних господарств служить зростання тарифів на теплову та електричну енергію [1,2].

Аналіз відомих досліджень. Тепличний комплекс, як і будь-яка інша система, вимагає енергопостачання. Тепличне виробництво відноситься до числа найбільш енергоємних виробництв. Споживання електроенергії в промислових теплицях України можна поділити на наступні групи: освітлення рослин, вентиляція, система водопостачання, система опалення. Теплиці можуть обігріватися гарячою водою, водяною парою, нагрітим повітрям, інфрачервоним випромінюванням або продуктами згоряння палива.

Одним з важливих аспектів ведення сучасного господарства є економічне використання енергії, яке полягає в застосуванні технологій автономного енергозбереження.

Останнім часом одним з пріоритетних напрямків розвитку науки і техніки стала розробка альтернативних джерел електроенергії. Така необхідність виникла у зв'язку зі зменшенням природних ресурсів і високою вартістю деяких з них.

Вартість альтернативних джерел енергії поки досить велика і ці джерела мають ряд суттєвих недоліків - займають великі площі, залежать від погодних умов, часу доби, сезону.

Одним з перспективних та екологічно чистих напрямів розвитку та впровадження відновлюваної енергетики в промислових теплицях України – є сонячна електроенергетика. Аналіз відомих досліджень свідчить про недостатньо ефективне використання встановлених систем електроживлення в промислових теплицях на основі фотоелектричних перетворювачів і, відповідно, необхідність глибокого розгляду шляхів та засобів забезпечення ефективності автономних систем електроживлення на основі фотоелектричних перетворювачів. Переваги використання фотоелектричних перетворювачів такі: джерелом енергії є доступне та невичерпне сонячне випромінювання; екологічно безпечні для освітлення; економічні у використанні; висока надійність у роботі (до 50 років); потребують мінімального технічного обслуговування [3].

Сонячна електростанція поєднує в собі мережеву та автономну системи електропостачання. Мережева сонячна станція – це технологія безпосереднього перетворення сонячного випромінювання в електроенергію для використання її споживачами та продажу надлишків у мережу загального користування за «зеленим» тарифом. Вона влаштована так, щоб віддавати максимум енергії назовні. Більшість з розроблюваних автономних джерел електроенергії, таких як сонячні батареї, є генераторами постійної напруги. Щоб апаратура, що вимагає змінну живлячу напругу зі стандартними мережевими параметрами, коректно працювала від таких джерел, стає необхідним застосування інверторів - перетворювачів постійної напруги в змінну. Загальний вид системи автономного енергозабезпечення з використанням сонячних панелей та мережевого інвертора представлено на рис.1.

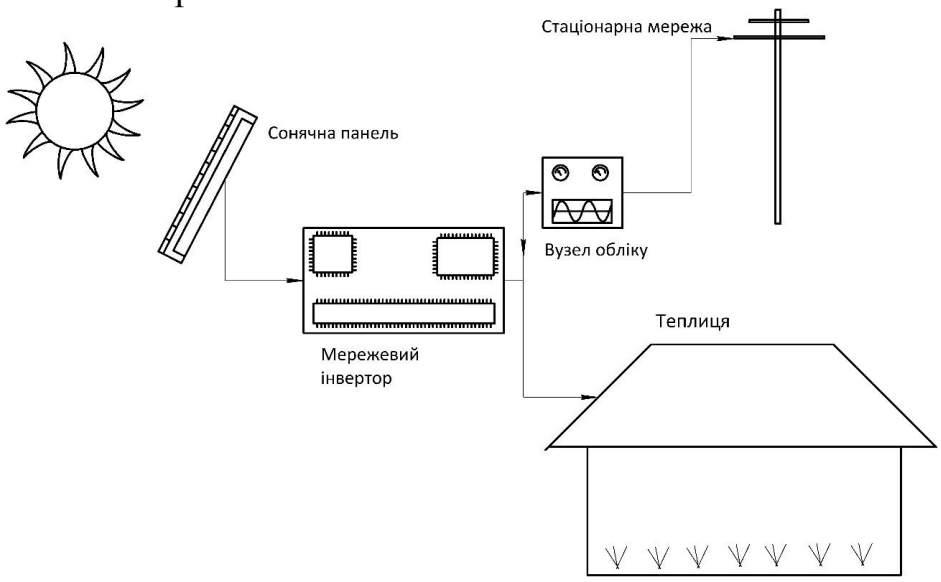


Рис. 1. Загальний вид системи автономного енергозабезпечення з використанням сонячних панелей та мережевого інвертора

Формулювання цілі статті. Обґрунтувати використання автономних фотоелектричних систем для тепличних господарств з застосуванням мережевих інверторів.

Основна частина. Інвертори бувають як однофазними, так і трифазними. Існує 3 види інверторів за типом використання: автономні; мережеві; гібридні або багатофункціональні:

- автономні (off grid) - інвертори, не підключені до зовнішньої електричної мережі, призначені для автономних фотоелектричних систем;
- мережеві (on grid) - інвертори, що працюють синхронно з централізованою мережею електропостачання. Крім своїх прямих функцій, такі прилади забезпечують регулювання основних експлуатаційних параметрів мережі: частота напруги, амплітуда і т.д.

В разі збою живлення інвертор автоматично вимкнеться. Даний тип інверторів підходить для сонячних систем без акумуляторних батарей. Вся вироблена енергія генерується в загальну мережу за «зеленим тарифом».

- гібридний (hybrid) - так званий «акумуляторно-мережевий» перетворювач, який поєднує властивості автономних і мережевих пристроїв. Такий інвертор має велику кількість налаштувань для оптимізації роботи сонячної системи від загальної електричної мережі та за наявності акумуляторних батарей.

Всі існуючі сонячні інвертори ділять на види і за напругою на виході [4,5]. Залежно від цього параметру вони бувають синусоїдального і меандрового типу (рис. 2). Так як у першого величина вихідної напруги майже така ж, як і у живильної електричної мережі - це хороший варіант, коли присутня високочутлива техніка. Постійне значення напруги є гарантією безпеки для електротехнічного обладнання.

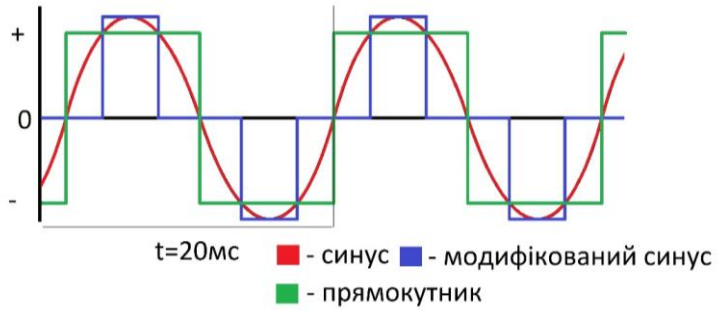


Рис. 2. Напруга на виході синусоїдального та меандрового інвертора

Графічно форма сигналу на виході у такого інвертора сіносуідального типу зображується у вигляді чистої синусоїди. Меандрові або несинусоїдальні перетворювачі на відміну від синусоїдальних мають геометрію сигналу на виході у вигляді імпульсів прямокутної форми, так званий модифікований синус. Інвертори, що відносяться до цього типу, не можна використовувати для окремих видів навантаження, але для приладів, які використовують активну складову потужності, вони цілком підходять.

Основними показниками ефективності роботи інвертора є:

- перевантажувальна здатність;
- коефіцієнт корисної дії (ККД);
- допустимий хрест-фактор навантаження;
- допустимий коефіцієнт потужності навантаження;
- якість вихідної напруги.

Потужність обраного перетворювача залежить від номінальної потужності сонячних батарей (по стороні постійного струму) і максимальної потужності навантаження по стороні змінного струму.

Пікова потужність інвертора повинна бути не менше ніж на 20% - 30% більше ніж сумарна потужність навантаження по стороні змінного струму. Ця умова необхідна для забезпечення нормальної роботи всіх приладів, що живляться від акумуляторних батарей, оскільки деякі електричні пристрої (компресори, насосні установки, електродвигуни) мають пускові струми, що в кілька разів перевищують їх номінальне значення (в 2-7 разів). Незважаючи на нетривалий пусковий період, інвертор з недостатньою потужністю не зможе запустити такий прилад.

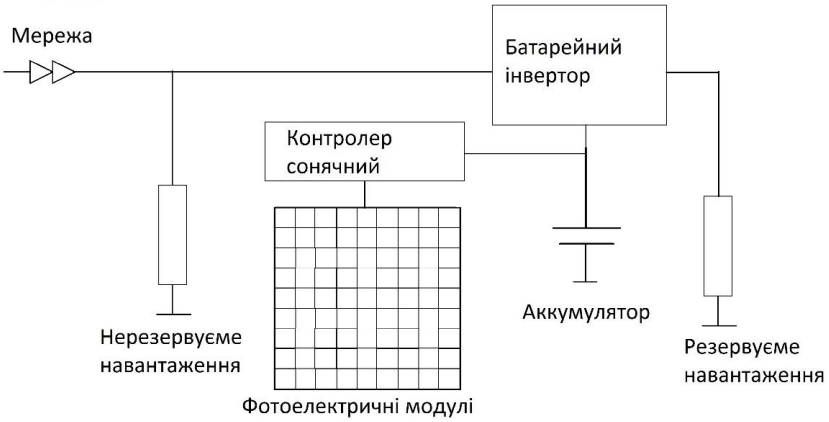


Рис. 3. Схема фотоелектричного комплексу комбінованого з центральною мережею.

Таким чином, максимальну потужність інвертора (пікову потужність) необхідно підбирати, враховуючи так само пускові струми цих приладів. При побудові фотоелектричного комплексу, комбінованого з центральною мережею, використовується наступний варіант приєднання інвертора, при цьому зарядка акумуляторної батареї здійснюється через сонячний контролер.

Висновки. Фотоелектричний мережевий інвертор, як невід'ємна частина геліосистеми, дозволяє отримати повну незалежність в тепличному комплексі від централізованого електропостачання. Системи автономного енергозабезпечення з використанням сонячних панелей та мережевого інвертора роблять доступним, надійним і керованим процес споживання енергії. Таким чином, розглянуті в статті особливості роботи фотоелектричного комплексу дозволять в перспективі розробляти їх структурні рішення з поліпшеними експлуатаційно - технічними характеристиками.

Література

1. Сонячна енергетика - один з перспективних напрямів розвитку відновлюваної енергетики в Україні. Урядовий портал. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.kmu.gov.ua/control/publish/article?art_id=248970577

2. *Planning and Installing Photovoltaic System : a Guide for Installers, Architects, and Engineers*. London: Sterling VA.

3. Ackermann, Th., Andersson, G., & Soder, L. (2001). Distributed Generation: A Definition. *Electric Power System Rescarch, 57*(4), 135-204.

4. Corzine, K. A. (2005). *Operation and design of multilevel inverters*. University of Missouri: Rolla.

5. Усков А. Е. Автономный инвертор, повышающий эксплуатационные характеристики солнечных электростанций АПК: дис. … канд. техн. наук / А. Е. Усков; КубГАУ. – Краснодар, 2014. – 113 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ИНВЕРТОРОВ НАПРЯЖЕНИЯ В АВТОНОМНЫХ СИСТЕМАХ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕПЛИЧНЫХ КОМПЛЕКСОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ

Динабурский В. С., Гулевский В. Б.

Аннотация

Важная роль в стабильном обеспечении населения продуктами питания принадлежит овощеводству, которое является одной из важнейших отраслей сельского хозяйства. Несмотря на увеличение производства овощной продукции, еще не полностью реализуются возможности повышения эффективности производства, ассортимент и качество овощей не до конца удовлетворяют потребности общества. Внедрение новых передовых технологий выращивания овощей позволяет обеспечить высокую урожайность и высокое качество продукции. Основным сдерживающим фактором развития тепличных хозяйств служит рост тарифов на тепловую и электрическую энергию.

Тепличный комплекс, как и любая другая система, требует энергоснабжения. Тепличное производство относится к числу наиболее энергоемких производств. Потребление электроэнергии в промышленных теплицах Украины можно разделить на следующие группы: освещение растений, вентиляция, система водоснабжения, система отопления. Теплицы могут обогреваться горячей водой, водяным паром, нагретым воздухом, инфракрасным излучением или продуктами сгорания топлива. Одним из важных аспектов ведения современного хозяйства является экономичное использование энергии, которое заключается в применении технологий автономного энергосбережения. В последнее время одним из приоритетных направлений развития науки и техники стала разработка альтернативных источников электроэнергии. Такая необходимость возникла в связи с уменьшением природных ресурсов и высокой стоимостью некоторых из них.

Стоимость альтернативных источников энергии пока достаточно большая и эти источники имеют ряд существенных недостатков - занимают большие площади, зависят от погодных условий, времени суток, сезона. Большинство разработанных автономных источников энергии, таких как солнечные батареи, батареи, топливные элементы, являются генераторами постоянного напряжения. Чтобы оборудование, требующее переменного напряжения питания со

стандартными сетевыми параметрами, корректно работало от таких источников, возникает необходимость в использовании инверторов - преобразователей постоянного тока в переменный. В зависимости от этого параметра они имеют синусоидальный и меандровый тип. Поскольку первое значение выходного напряжения практически такое же, как в сети электропитания - это хороший вариант, когда используется высокотехнологичная техника. Постоянное значение напряжения является гарантией безопасности для электрооборудования.

APPLICATION OF VOLTAGE INVERTERS IN AUTONOMOUS SYSTEMS WITH SOLAR PANELS

V. Dinaburskyi, V. Hulevskyi.

Summary

Important role in ensuring a stable supply of foodstuffs to the population belongs to vegetable growing, which is one of the most important branches of agriculture. Despite the increase in production of vegetable products, the possibilities of increasing the efficiency of production are not fully realized, the range and quality of vegetables do not fully meet the needs of society. The introduction of new advanced vegetable growing technologies can provide high yields and high quality products. The main deterrent factor in the development of greenhouse farms is the growth of tariffs for thermal and electric energy. The greenhouse, as well as any other system, requires energy supply. Hothouse production is among the most energy-intensive industries. Electric power consumption in industrial greenhouses of Ukraine can be divided into the following groups: plant lighting, ventilation, water supply system, heating system. Hothouses can be heated with hot water, steam, hot air, infrared radiation or products of combustion of fuel. One of the important aspects of maintaining a modern economy is the economic use of energy, which is to apply autonomous energy saving technologies. Recently, the development of alternative sources of electricity has become one of the priority directions of development of science and technology. Such a necessity arose in connection with the decrease of natural resources and the high cost of some of them. The cost of alternative energy sources is quite large and these sources have a number of significant drawbacks - they occupy large areas, depending on weather conditions, time of day, season. Most of the developed autonomous power sources, such as solar panels, batteries, fuel cells, are generators of constant voltage. That the equipment requiring variable supply voltage with standard network parameters, correctly worked from such sources, it becomes necessary to use inverters - converters of DC to AC. Depending on this parameter, they are sinusoidal and meandro-type. Since the first value of the output voltage is almost the same as in a power supply network, this is a good option when there is a high-tech technique. The constant voltage value is a guarantee of safety for electrical equipment.

Keywords: inverter, sinusoidal voltage, energy saving, alternative energy source, greenhouse complex.

УДК 621.314.222.6.001.42 DOI: 10.31388/2220-8674-2018-2-38

ОЦІНКА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ХАРГ

Адамова С. В.
Таврійський державний агротехнологічний університет
Тел/факс (0619) 42-11-74

Анотація – силовий трансформатор є в енергосистемі одним з найважливіших елементів, що визначають надійність електропостачання. Його здатність нести належне навантаження залежить від стану окремих вузлів і відсутності дефектів, які могли б перейти в пошкодження трансформатора.

Значна частка дефектів, що розвиваються, призводять в подальшому до пошкодження обладнання, може бути визначена своєчасним контролем стану трансформаторного масла. Використання сучасної інформаційної техніки дозволяє істотно підвищити ефективність діагностики на основі аналізу параметрів масла. Існують різні методи інтерпретації результатів аналізів в силу відмінності норм і критеріїв оцінки стану трансформаторів, що часто призводить до різних висновків.

Робота присвячена розгляду основних особливостей організації діагностики розвитку дефектів на основі аналізу розчинених газів в трансформаторі. В якості базової методики використовується методика хроматографічного аналізу газів. На першому етапі діагностування методом ХАРГ визначають концентрації семи газів і порівнюють з граничними значеннями концентрацій, взятих з відповідних нормативних документів. Склад розчинених в маслі газів залежить від характеру пошкодження, що розвивається в трансформаторі, за отриманими даними ХАРГ можна орієнтовно припустити вид розвитку дефекту.

Критерій граничних концентрацій дозволяє виділити із загальної кількості трансформаторного парку трансформатори з можливим розвитком дефекту. Для уточнення діагнозу необхідно визначити співвідношення концентрацій пар з чотирьох газів. Ступінь небезпеки розвитку дефекту встановлюється по відносній швидкості наростання газу.

ХАРГ трансформаторного масла сьогодні є одним з найбільш важливих і ефективних діагностичних методів, що виявляє широке коло проблем устаткування, в тому числі і на ранніх стадіях розвитку.

Ключові слова **– силовий трансформатор, хроматографічний аналіз газів, граничні концентрації, газовиділення, відносна швидкість, комплексний метод.**

Постановка проблеми. Силовий трансформатор є в енергосистемі одним з найважливіших елементів, що визначають надійність електропостачання. Його здатність нести належне

© Адамова С. В.

навантаження залежить від стану окремих вузлів і відсутності дефектів, які могли б перейти в пошкодження трансформатора.

Як відомо, при експлуатації силових трансформаторів трансформаторне масло виконує функції діелектрика і охолоджуючого середовища. Але у трансформаторного масла є ще одна важлива функція: воно є діагностичним середовищем. Значна частка дефектів, що розвиваються, призводять в подальшому до пошкодження обладнання, може бути визначена своєчасним контролем стану трансформаторного масла.

Слід зазначити, що такі фізико-хімічні показники, як кислотне число, вміст водорозчинних кислот і лугів, вологовміст і газовміст масла є традиційними в практиці експлуатації силових трансформаторів протягом багатьох років. Тому доцільно докладно розглянути застосування хроматографічного аналізу газів, розчинених в маслі, який нещодавно був введений до нормативних документів [1, 2].

Аналіз останніх досліджень. В даний час становище в світовій енергетиці характеризується деякими особливостями, що пояснюють підвищену увагу до надійності роботи обладнання енергосистем, і в тому числі силових трансформаторів. Одним з головних шляхів підтримки експлуатаційної надійності є організація ефективного контролю стану працюючого обладнання.

У штатний контроль стану входять вимірювання температури в різних точках трансформатора із застосуванням термосигналізаторів, рівня масла в розширювачі, огляд трансформатора з виявленням зовнішніх ознак несправностей.

В даний час в практиці оцінки стану силових трансформаторів в експлуатації застосовується значна кількість фізико-хімічних показників стану трансформаторного масла. При цьому поряд з показниками, що мають багаторічний досвід застосування і практично повсюдно використовуваними, останнім часом отримали розвиток нові фізико-хімічні показники, що дозволяють визначати дефекти трансформаторів в процесі експлуатації.

Розвиток таких дефектів, як локальні перегріви струмоведучих з'єднань і елементів конструкції кістяка, розряди в маслі, іскріння в контактних з'єднаннях, забруднення і зволоження ізоляції, попадання повітря, окислення і старіння самого масла і твердої ізоляції в різній мірі позначаються на зміні властивостей трансформаторного масла. Тому протягом багаторічної практики експлуатації силових трансформаторів застосовуються різні показники стану трансформаторного масла, розширюється їх перелік, удосконалюються методи вимірювань.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Провести аналіз методу, який би дозволив виявляти дефекти трансформаторів

на ранній стадії їх розвитку, передбачуваний характер цих дефектів і ступінь наявного ушкодження з метою своєчасного попередження несправності трансформаторів і забезпечення їх експлуатаційної надійності

Основна частина. Відповідно до вимог «Обсяг і норми випробувань електроустаткування» в процесі експлуатації силових трансформаторів передбачено вимірювання наступних показників масла: пробивна напруга, вміст механічних домішок, тангенс кута діелектричних втрат масла, температура спалаху в закритому тиглі, кислотне число, вміст водорозчинних кислот і лугів, вологовміст, зміст антиокисної присадки, газовміст масла, хроматографічний аналіз газів, розчинених в маслі, зміст фуранових похідних[1, 2].

Періодичний аналіз проб масла з трансформаторів дозволяє стежити за динамікою процесу старіння трансформатора і своєчасно вживати належних заходів з підтримки його працездатності. Відбір проб, його періодичність і критерії оцінки визначені інструкціями з експлуатації трансформаторів і нормативними документами. Догляд за трансформаторним маслом включає як підтримку його високої якості (сушіння, дегазація, регенерації), так і діагностику стану ізоляції трансформатора за результатами аналізу масла. Використання сучасної інформаційної техніки дозволяє істотно підвищити ефективність діагностики на основі аналізу параметрів масла.

При оцінці технічного стану трансформатора методом хроматографічного аналізу газів, розчинених в маслі (ХАРГ) керуються такими критеріями:

- граничні концентрації, що дозволяють встановити наявність локальних пошкоджень і визначити доцільність постановки на прискорений контроль;
- відношення концепції, що дозволяє уточнити вид дефекту, що розвивається;
- швидкості наростання, що визначає ступінь небезпеки дефекту.

Існують різні методи інтерпретації результатів аналізів в силу відмінності норм і критеріїв оцінки стану трансформаторів, що часто призводить до різних висновків.

Жоден з існуючих методів не може бути прийнятий в якості універсального, базового. Найбільш поширені з них такі: методика МЕК (IEC 60599), методика IEEE, методика Роджерса (CEGB / Rogers Ratios), методика Доренбурга (Dornenburg s method), методика Дюваля, Мюллера (Mailer's method).

Розглянемо основні особливості організації діагностики розвитку дефектів, використовуючи методику хроматографічного аналізу газів. В процесі експлуатації трансформатора відбувається безперервний процес газовиділення, пов'язаного зі старінням масла,

твердих ізоляційних матеріалів і залежить від хімічного складу масла, напруженості електричного поля, режиму роботи і тривалості експлуатації. Особливо інтенсивно відбувається процес газовиділення при наявності пошкоджень в трансформаторі.

На першому етапі діагностування методом ХАРГ визначають концентрації семи газів і порівнюють з граничними значеннями концентрацій, взятих з відповідних нормативних документів[3] (табл. 1).

Таблиця 1.

Граничні концентрації розчинених в маслі газів

Обладнання	Концентрації газів,% об.						
	H_2	CH_4	C_2H_2	C_2H_4	C_2H_6	CO	$C0_2$
Трансформатори напругою 110-500 кВ	0,01	0,01	0,001	0,01	0,005	0,05 0,06	0,6(0,2) 0,8(0,4)
Трансформатори напругою 750кВ	0,003	0,002	0,001	0,002	0,001	0,05	0,40

Для CO - в чисельнику наведено значення для трансформаторів з азотним або плівковим захистами масла, в знаменнику - для трансформаторів з вільним диханням. Для CO_2 - в чисельнику наведені значення для трансформаторів з вільним диханням при терміні експлуатації до 10 років, в знаменнику - понад 10 років. У дужках наведені ті ж дані для трансформаторів з плівковим або азотним захистами масла.

Трансформатор має пошкодження при перевищенні граничного значення концентрації хоча б одного з газів. При порівнянні отриманих в результаті аналізу даних про концентрацію з нормативними, можна діагностувати можливі дефекти в трансформаторі (наприклад, пошкодження типу локальних перегрівів, старіння ізоляційних матеріалів, забруднення масла і твердої ізоляції, часткові розряди тощо).

Склад розчинених в маслі газів залежить від характеру, пошкодження що розвивається в трансформаторі, за отриманими даними ХАРГ можна орієнтовно припустити вид розвитку дефекту.
У таблиці 2 представлений взаємозв'язок основних газів і найбільш характерних видів дефектів [4].

Визначення основного з характерних газів за результатами ХАРГ проводиться таким чином: розраховуються відносні концентрації газів за формулою[5]:

$$a_i = \frac{A_i}{A_{гpi}} \qquad (1)$$

де A_i - виміряне значення концентрації і-го газу;

$A_{гpi}$ - граничні концентрації і-го газу.

Таблиця 2.

Характерні склади газів, розчинених в маслі, для різних дефектів трансформаторів

Газ	Характерний вид дефекту
Водень (H_2)	Дефекти електричного характеру: часткові розряди, іскрові і дугові розряди;
Метан (CH_4)	Дефекти термічного характеру: нагрів масла і паперово-масляної ізоляції в діапазоні температур (400-600)°С або нагрів масла і паперово-масляної ізоляції, що супроводжується розрядами;
Етан (C_2H_6)	Дефекти термічного характеру: нагрів масла і паперово-масляної ізоляції в діапазоні температур (300-400)°С;
Етилен (C_2H_4)	Дефекти термічного характеру: нагрів масла і паперово-масляної ізоляції вище 600°С;
Ацетилен (C_2H_2)	Дефекти електричного характеру: електрична дуга, іскріння;
Окис вуглеводу (CO)	Дефекти термічного характеру: старіння і зволоження масла і / або твердої ізоляції;
Двоокис вуглецю (CO_2)	Дефекти термічного характеру: старіння і зволоження масла і / або твердої ізоляції; нагрів твердої ізоляції.

За розрахунковими відносними концентраціями максимальне значення $a_{i\max}$ відповідає основному газу (крім CO_2; CO_2- основний газ, якщо a_{CO_2} >1);

a_i - характерний газ з високим вмістом;

0,1 < a_i <1 - характерний газ з малим вмістом;

a_i <0,1 -нехарактерний газ.

Перед включенням в роботу нових або тих трансформаторів, що пройшли ремонт, необхідно визначити початкові концентрації розчинених газів (A_1^0) і наступні результати аналізів оцінити в порівнянні з цими значеннями.

При аналізі складу розчинених у маслі газів для діагностики експлуатаційного стану трансформатора необхідно враховувати умови його експлуатації за попередній проміжок часу і фактори, що викликають зміни цього складу розчинених у маслі газів нормально працюючих трансформаторів.

Критерій граничних концентрацій дозволяє виділити із загальної кількості трансформаторного парку трансформатори з можливим розвитку дефекту; такі трансформатори слід взяти під

хроматографічний контроль з прискореним відбором проб масла і проведенням ХАРГ.

Чим менше прийняте значення граничних концентрацій, тим більша кількість трансформаторів буде взято під прискорений контроль і навпаки.

За граничну концентрацію будь-якого газу слід приймати таке значення, нижче якого виявляється концентрація цього газу у 90% загального числа аналізів обстежених трансформаторів прийнятої групи (не менше 50).

Вид розвитку трансформаторних ушкоджень (теплового або електричного) можна орієнтовно визначити за складом виміряних розчинених у ньому газів.

Для уточнення діагнозу необхідно визначити співвідношення концентрацій пар з чотирьох газів: H_2, CH_4, C_2H_2 і C_2H_4.

При цьому слід враховувати тільки такі співвідношення, в яких концентрація хоча б одного з газів була вище граничної концентрації.

Умови прогнозування «розряду» $\frac{C_2H_2}{C_2H_4} > 0{,}1$ і $\frac{CH_4}{H_2} < 0{,}5$

Умови прогнозування «перегріву» $\frac{C_2H_2}{C_2H_4} < 0{,}1$ і $\frac{CH_4}{H_2} > 0{,}5$.

Якщо при цьому концентрація CO <0,03% , то прогнозується перегрів масла, а якщо CO> 0,03% , - перегрів твердої ізоляції.

Умови прогнозування "перегріву" і "розряду":

$\frac{C_2H_2}{C_2H_4} \geq 0{,}1$ і $\frac{CH_4}{H_2} > 0{,}5$ або $\frac{C_2H_2}{C_2H_4} < 0{,}1$ і $\frac{CH_4}{H_2} \leq 0{,}5$.

Температуру в зоні нагріву можна визначити за формулою:

$$t = 320(\lg \frac{C_2H_4}{C_2H_6}) + 530°C . \qquad (2)$$

Для визначення характеру дефекту за табл. 3 необхідно виконати вимоги, наведені вище, щодо граничних концентрацій і концентрацій пар газів.

Відношення CO_2 / CO додатково уточнює характер дефектів, наведених в таблиці 3. Слід мати на увазі, що CO_2 і CO утворюються в маслі трансформатора при нормальних робочих температурах в результаті природного старіння ізоляції. Вміст CO_2 в маслі залежить від терміну роботи трансформатора і способу захисту масла від окислення.

Якщо відношення CO_2 / CO менше 5 або більше 13, слід вважати, що пошкодженням порушена тверда ізоляція. Отримані значення відношень CO_2 / CO слід порівняти з попередніми

значеннями того ж трансформатора або зі значеннями для подібних трансформаторів тієї ж конструкції [5].

У таблиці 3 приведена інтерпретація визначення характеру дефектів силових трансформаторів по відношенню концентрацій використовуваних пар газів.

Таблиця 3.

Визначення характеру дефекту в трансформаторі за змістом газів в маслі

Характер прогнозування дефекта	Відношення характерних газів			Типові приклади
	$\frac{C_2H_2}{C_2H_4}$	$\frac{CH_4}{H_2}$	$\frac{C_2H_4}{C_2H_6}$	
Нормально	<0,1	0,1-1	≤1	Нормальне старіння
Часткові розряди з низькою щільністю енергії	<0,1	<0,1	<1	Розряди заповнених в порожнинах газом, що утворилися внаслідок неповного просочення або вологості ізоляції.
Часткові розряди з високою щільністю енергії	0,1-3	<0,1	≤1	Те ж, що і в перед. п., але веде до залишення сліду або до пробою твердої ізоляції
Розряди малої потужності	>0,1	0,1-1	≥1	Безперервне іскріння в маслі між сполуками різних потенціалів або плаваючого потенціалу. Проба масла між твердими матеріалами.
Розряди великої потужності	0,1-3	0,1-1	≥3	Силові розряди; іскріння; проба масла між обмотками або котушками або між котушками на землю
Термічний дефект низької температури (<150 ° С)	<0,1	0,1-1	1-3	Перегрів ізольованого провідника
Термічний дефект в діапазоні низьких температур (150-300 ° С)	<0,1	≥1	≤1	Місцевий перегрів сердечника через концентрацію потоку. Зростання температури «гарячої точки»
Термічний дефект в діапазоні середніх температур (300-700 ° С)	<0,1	≥1	1-3	Те ж, що і в п.7, але при подальшому підвищенні температури "гарячої точки"
Термічний дефект високої температури (> 700°С)	<0,1	≥1	≥3	"Гаряча точка" в осерді; перегрів міді через вихрові струми, погані контакти: циркулюючі струми в осерді або баку

Ступінь небезпеки розвитку дефекту встановлюється по відносній швидкості наростання газу. Якщо відносна швидкість

наростання газів перевищує 10% на місяць, то це вказує на наявність розвитку дефекту в трансформаторі.

Зміна в часі концентрації окремих газів в маслі бездефектних трансформаторів може відбуватися під впливом різних факторів, а також внаслідок природного старіння ізоляції.

Наявність дефекту, що розвивається в трансформаторі, спираючись на ці фактори, призводить, як правило, до помітного зростання концентрації одного або декількох газів. Для бездефектних трансформаторів концентрації газів за термін служби не повинні перевищити граничних значень.

Абсолютна швидкість наростання і-го газу визначається формулою[5]:

$$U_i^{абс} = \frac{A_{mi} A_{(m-1)i}}{T_д} \left(\frac{\%об}{міс}\right) \qquad (3)$$

де A_{mi}, $A_{(m-1)i}$ -два послідовних вимірювання концентрації *i*-го газу (% об);

$T_д$ - періодичність діагностики - проміжок часу між двома послідовними відборами проб масла для вимірювання концентрації газів (міс).

Відносна швидкість наростання і-го газу визначається за формулою:

$$U_i^{відн} = \frac{U_i^{абс}}{A_{(m-1)i}} \cdot 100(\%в міс). \qquad (4)$$

Результати хроматографічного аналізу розчинених газів в маслі силового трансформатора є показниками для проведення позачергових вимірювань опору ізоляцій обмоток, тангенса кута діелектричних втрат обмоток, опору обмоток постійному струму, втрат холостого ходу, тепловізійного контролю поверхонь бака трансформатора і системи охолодження, а також проведення хроматографічного аналізу розчинених газів в маслі бака контактора. За сукупністю результатів вимірювань приймається рішення про проведення подальших заходів з даним трансформатором (залишити трансформатор в роботі з прискореним контролем, провести дегазацію масла, віддати трансформатор в ремонт та інше). Не дивлячись на те, що дані про концентрацію розчинених в маслі газів не дають достовірну інформацію про технічний стан трансформатора і припускають, що для остаточної оцінки технічного стану додаткової інформації про попередні пошкодження, температурного стану верхніх шарів масла, тривалості та кратності перевантажень, режимах

систем охолодження та інше, діагностику трансформатора на основі ХАРГ в даний час можна прийняти як основну.

Висновки. ХАРГ трансформаторного масла сьогодні є одним з найбільш важливих і ефективних діагностичних методів, що виявляє широке коло проблем устаткування, в тому числі і на ранніх стадіях розвитку. Необхідність контролю за зміною складу масла в процесі експлуатації трансформаторів ставить питання про вибір такого аналітичного методу, який зміг би забезпечити надійне якісне і кількісне визначення з'єднань, що містяться в трансформаторному маслі. Хроматографія відповідає вимогам, що представляє собою комплексний метод, який об'єднав стадію поділу складних сумішей на окремі компоненти і стадію їх кількісного визначення. За результатами цих аналізів проводиться швидка і якісна оцінка стану маслонаповненого обладнання.

Література

1. Норми випробування електрообладнання: СОУ-Н ЕЕ 20.302:2007. – [Чинний від 2007-04-15]. – К., 2007. – 271 с.
2. Норми випробування електрообладнання: ГКД 34.20.302-2002. – [Чинний з 2007-04-15]. – К., 2002.– 33 с.
3. Абрамов Ю. В. Трансформаторное масло как диагностическая среда маслонаполненного оборудования. [Лекционный курс] / Ю. В. Абрамов. – Ростов-на-Дону, 2017. – 32 с.
4. Хроматографический анализ трансформаторного масла [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.ntc-retec.ru/hromatograficheskiy-analiz-transformatornogo-masla
5. Львов М. Ю. Физико-химические методы в практике оценки состояния силовых трансформаторов в условиях эксплуатации: учебно-методическое пособие / М. Ю. Львов, П. П. Кутлер. – М., 2003. – 20 с.

ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СИЛОВЫХТРАНСФОРМАТОРОВ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ХАРГ

Адамова С. В.

Аннотация

Силовой трансформатор является в энергосистеме одним из важнейших элементов, определяющих надежность электроснабжения. Его способность нести должные нагрузки зависит от состояния отдельных узлов и отсутствия дефектов, которые могли бы перейти в повреждения трансформатора.

Значительная часть развивающихся дефектов, которые приводят в дальнейшем к повреждению оборудования, может быть определена своевременным контролем состояния трансформаторного масла. Использование современной информационной техники позволяет существенно повысить эффективность диагностики на основе анализа параметров масла.

Работа посвящена рассмотрению основных особенностей организации диагностики развития дефектов на основе анализа растворенных газов в трансформаторе. В качестве базовой методики используется методика хроматографического анализа газов. На первом этапе диагностики методом ХАРГ определяют концентрации семи газов и сравнивают с предельными значениями концентраций, взятых из соответствующих нормативных документов. Состав растворенных в масле газов зависит от характера повреждения, развивающегося в трансформаторе, по полученным данным ХАРГ можно ориентировочно предположить вид развития дефекта.

Критерий предельных концентраций позволяет выделить из общего количества трансформаторного парка трансформаторы с возможным развитием дефекта. Для уточнения диагноза необходимо определить соотношение концентраций пар из четырех газов. Степень опасности развития дефекта устанавливается по относительной скорости нарастания газа.

ХАРГ трансформаторного масла сегодня является одним из наиболее важных и эффективных диагностических методов, выявляет широкий круг проблем оборудования, в том числе и на ранних стадиях развития.

EVALUATION OF THE TECHNICAL STATE OF POWER TRANSFORMERS BY THE RESULTS OF CADG

S. Adamova

Summary

A power transformer is one of the most important elements in the power system that determine the reliability of power supply. Its ability to bear the proper load depends of the condition of the individual components and the absence of defects that could transform into damage to the transformer.

A significant part of growing defectsleading to further damage of the equipment can be determined by timely monitoring of the transformer oil condition. The use of modern information technology can significantly improve the diagnosis efficiency based on the analysis of the oil parameters.

The work is devoted to consideration of the main features of the diagnostic organization of defect growth based on the analysis of dissolved gases in the transformer. As a basic technique, we use the method of chromatographic analysis of gases. At the first stage of the diagnosis by the CADG method, the concentrations of seven gases are determined and compared with the limiting values of concentrations taken from the relevant regulatory documents. The composition of gases dissolved in the oil depends of the nature of the growing damage in the transformer according to the obtained data of CADG. It is possible to predict roughly the type of defect growth.

The criterion of the limiting concentrations allows isolating of the transformers from the total number of the transformer park with possible defect growth. To clarify the diagnosis, it is necessary to determine the correlation of the concentrations of pairs of four gases. The degree of defect growth danger is determined by the relative rate of gas build-up.

CADG for transformer oil today is one of the most important and effective diagnostic methods and it reveals a wide range of equipment problems, including the early stages of growth.

Keywords: power transformer, gas chromatographic analysis, threshold concentration, gassing, relative speed, complex method.

УДК 621.3.004.163 DOI: 10.31388/2220-8674-2018-2-39

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА РОБОТУ СТРУМОПРИЙМАЧІВ

Адамова С. В.
Таврійський державний агротехнологічний університет
Тел/факс (0619) 42-11-74

Анотація **–** якість електроенергії тісно пов'язана з надійністю електропостачання, оскільки нормальним режимом електропостачання споживачів є такий режим, при якому споживачі отримують електроенергію безперебійно, в кількості, заздалегідь узгодженій з енергопостачальною організацією, і нормованої якості. Проблема якості у вітчизняних електричних мережах дуже специфічна. Широке поширення електронних пристроїв, що включають в себе обладнання інформаційних технологій, силову електроніку призводять до повної зміни природи електричних навантажень.

Робота присвячена аналізу впливу якості електроенергії при відхиленні її показників від стандартів на споживачів електричної енергії. Наведено основні фактори, які призводять до негативних наслідків для електрообладнання. Зміни параметрів електричної мережі, потужності і характеру навантаження в часі є основною причиною зміни показників якості електричної енергії. Відхилення напруги роблять значний вплив на роботу асинхронних двигунів, які є найбільш поширеними приймачами електроенергії в промисловості, а також негативно впливають на якість роботи і терміни служби побутової електронної техніки. Негативний вплив на споживачів також надає коливання напруги, до їх числа відносяться освітлювальні прилади, особливо лампи розжарювання і електронна техніка. Несиметричні струми навантаження, що протікають по елементах системи електропостачання, викликають в них несиметричні падіння напруги. Несиметрія напруги значно погіршує режими роботи електрообладнання. Крім цього, знижена частота в електричній мережі впливає на термін служби обладнання. Характеристикою електромагнітних перехідних перешкод є провали і імпульси напруги, короткочасні перенапруги. Пом'якшення проблем якості електроенергії може бути досягнуто на різних рівнях: передача, розподіл і використання обладнання кінцевого користувача.

Ключові слова **– якість електроенергії, відхилення напруги, коливання напруги, несиметрія напруги, несинусоїдальні струми, відхилення частоти, електромагнітні перешкоди.**

Постановка проблеми. Якість електроенергії тісно пов'язана з надійністю електропостачання, оскільки нормальним режимом електропостачання споживачів є такий режим, при якому споживачі отримують електроенергію безперебійно, в кількості, заздалегідь узгодженій з енергопостачальною організацією, і нормованої якості.

© Адамова С.В.

Багато проблем якості електроенергії виникають в мережі під час передачі і розподілу. Тому для мінімізації проблем якості електроенергії важливим є знання факторів впливу, правильне проектування і належним чином організоване обслуговування мережі[1].

Електроенергетика є базовою галуззю економіки України, від надійного і сталого функціонування якої значною мірою залежать темпи виходу України із скрутного економічного становища та енергетична безпека держави[2].

Аналіз останніх досліджень. Проблема якості у вітчизняних електричних мережах дуже специфічна. В усіх промислово розвинених країнах підключення потужних нелінійних навантажень, які деформують форму кривих струму і напруги електричної мережі, допускається тільки при дотриманні вимог щодо забезпечення якості електроенергії та при наявності відповідних коригуючих пристроїв. При цьому сумарна потужність нелінійного навантаження, яке вводиться знову, не повинна перевищувати 3 ... 5% від потужності всього навантаження енергокомпанії. Інша картина спостерігається в нашій країні, де такі споживачі підключаються досить хаотично. Питання, що стосуються якості електроенергії, в наш час є предметом особливої стурбованості. Широке поширення електронних пристроїв, що включають в себе обладнання інформаційних технологій, силову електроніку (регульовані приводи, програмовані логічні контролери, енергоефективні освітлювальні пристрої) призводять до повної зміни природи електричних навантажень.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Проведення аналізу щодо встановлення основних показників якості електричної енергії та оцінки їх негативного впливу на роботу струмоприймачів.

Основна частина. Кожен струмоприймач призначений для роботи при певних параметрах електричної енергії: номінальних частоті, напрузі, струмі і т.п., тому для нормальної його роботи має бути забезпечено необхідну якість електроенергії. Таким чином, якість електричної енергії визначається сукупністю її характеристик, при яких струмоприймачі (ЕП) можуть нормально працювати і виконувати закладені в них функції.

Якість електроенергії тісно пов'язана з надійністю електропостачання.

Відхилення напруги роблять значний вплив на роботу асинхронних двигунів (АД), що є найбільш поширеними приймачами електроенергії в промисловості. При зміні напруги змінюється механічна характеристика АД - залежність його обертового моменту M від ковзання S або частоти обертання(рис. 1).

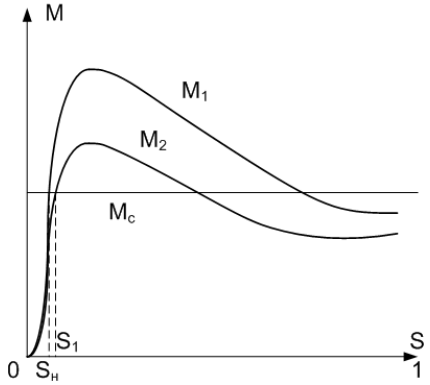


Рисунок 1.Механічна характеристика двигуна при номінальній (М1) і зниженій (М2) напругах

З достатньою точністю можна вважати, що обертовий момент двигуна пропорційний квадрату напруги на його затискачах. При зниженні напруги зменшується обертовий момент і частота обертання ротора двигуна, так як збільшується його ковзання. Зниження частоти обертання залежить також від закону зміни моменту опору M_c (на рис. 1 M_c прийнятий постійним) і від завантаження двигуна. Залежність частоти обертання ротора двигуна від напруги можна виразити

$$n = n_c \cdot \left(1 - k_з \frac{U_{ном}^2}{U^2} \cdot S_{ном}\right), \qquad (1)$$

де n_c – синхронна частота обертання;

$k_з$ – коефіцієнт завантаження двигуна;

$U_{ном}, S_{ном}$ – номінальні значення напруги і ковзання відповідно.

З формули (1) видно, що при малих завантаженнях двигуна частота обертання ротора буде більше номінальної частоти обертання (при номінальному завантаженні двигуна). Для двигунів, що працюють з повним навантаженням, зниження напруги призводить до зменшення частоти обертання. При значному зниженні напруги на виводах двигунів, що працюють з повним навантаженням, момент опору механізму може перевищити обертовий момент, що приводить до "перекидання" двигуна, тобто до його зупинки [3].

Зниження напруги погіршує і умови пуску двигуна, так як при цьому зменшується його пусковий момент.

Якщо двигун довго працює при зниженій напрузі, то через прискорений знос ізоляції термін служби двигуна зменшується. Наближено термін служби ізоляції T можна визначити за формулою

$$T = \frac{T_{ном}}{R}, \qquad (2)$$

де $T_{ном}$ – термін служби ізоляції двигуна при номінальній напрузі і номінальному навантаженні;

R –коефіцієнт, що залежить від значення і знаку відхилення напруги, а також від коефіцієнта завантаження двигуна і дорівнює

$$R = \left(47\delta U^2 - 7.55\delta U + 1\right)\cdot k_з^2 \quad \text{при} \quad -0{,}2 < \delta U_y < 0; \tag{3}$$

$$R = k_з^2 \text{ при} 0{,}2 \geq \delta U_y > 0. \tag{4}$$

Тому з точки зору нагріву двигуна більш небезпечні в межах, що розглядаються, негативні відхилення напруги.

Лампи розжарювання характеризуються номінальними параметрами: споживаною потужністю $P_{ном}$, світловим потоком $F_{ном}$, світловою віддачою $\eta_{ном}$ (що дорівнює відношенню випромінюваного лампою світлового потоку до її потужності) і середнім номінальним терміном служби $T_{ном}$. Ці показники значною мірою залежать від напруги на виводах ламп розжарювання. При відхиленнях напруги на 10% ці характеристики наближено можна описати наступними емпіричними формулами

$$P_{о.е.} = \frac{P}{P_{ном}} = \left(\frac{U}{U_{ном}}\right)^{1.53}, \tag{5}$$

$$F_{о.е.} = \frac{F}{F_{ном}} = \left(\frac{U}{U_{ном}}\right)^{3.67}, \tag{6}$$

$$T_{о.е.} = \frac{T}{T_{ном}} = \left(\frac{U}{U_{ном}}\right)^{-14.8}, \tag{7}$$

$$\eta_{о.е.} = \frac{\eta}{\eta_{ном}} = \left(\frac{U}{U_{ном}}\right)^{2.14}. \tag{8}$$

З кривих на рис. 2 видно, що зі зниженням напруги найбільш помітно падає світловий потік. При підвищенні напруги понад номінальної збільшується світловий потік F, потужність лампи P і світлова віддача h, але різко знижується термін служби ламп T і в результаті вони швидко перегорають. При цьому має місце і перевитрата електроенергії.

Відхилення напруги негативно впливає на якість роботи і термін служби побутової електронної техніки (радіоприймачі, телевізори, телефонно-телеграфний зв'язок, комп'ютерна техніка).

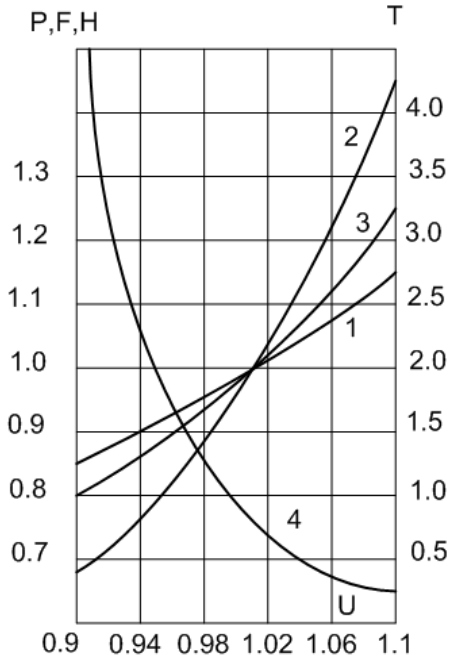


Рис. 2. Залежності характеристик ламп розжарювання від напруги: 1 - споживана потужність, 2 - світловий потік, 3 - світлова віддача, 4 - термін служби

Електричні печі чутливі до відхилень напруги. Зниження напруги електродугових печей, наприклад, на 7% призводить до подовження процесу плавки стали в 1,5 рази. Підвищення напруги вище 5% призводить до перевитрати електроенергії.

Відхилення напруги негативно впливають на роботу електрозварювальних машин: наприклад, для машин точкового зварювання при зміні напруги на 15% виходить 100%-вий брак продукції.

Негативний вплив на споживачів також надає коливання напруги, до їх числа відносяться освітлювальні прилади, особливо лампи розжарювання і електронна техніка.

Стандартом визначається вплив коливань напруги на освітлювальні установки, що впливають на зір людини. Миготіння джерел освітлення (флікер-ефект) викликає неприємний психологічний ефект, стомлення зору й організму в цілому. Це веде до зниження продуктивності праці, а в ряді випадків і до травматизму.

Найбільш сильний вплив на око людини надають миготіння з частотою 3 - 10 Гц, тому допустимі коливання напруги в цьому діапазоні мінімальні - менше 0,5%.

Коливання напруги порушують нормальну роботу і зменшують термін служби електронної апаратури: радіоприймачів, телевізорів, телефонно-телеграфного зв'язку, комп'ютерної техніки, рентгенівських установок, радіостанцій, телевізійних станцій і т.п.

При значних коливаннях напруги (понад 15%) можуть бути порушені умови нормальної роботи електродвигунів, можливо відпадіння контактів магнітних пускачів з відповідним відключенням працюючих двигунів. Коливання напруги з розмахом 10 - 15% можуть привести до виходу з ладу батарей конденсаторів, а також вентильних перетворювачів.

Несиметрія напруги викликається найчастіше наявністю несиметричного навантаження. Несиметричні струми навантаження, що протікають по елементах системи електропостачання, викликають в них несиметричні падіння напруги. Якісно відрізняється дія несиметричного режиму в порівнянні з симетричним для таких поширених трифазних електроприймачів, як асинхронні двигуни (рис. 3). Так, термін служби повністю завантаженого асинхронного двигуна, що працює при несиметрії напруги 4%, скорочується в 2 рази. При несиметрії напруги 5% наявна потужність двигуна зменшується на 5 - 10%.

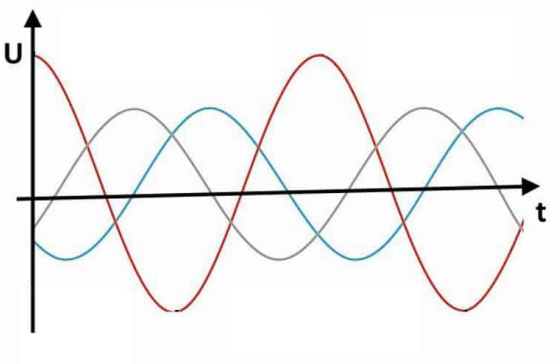


Рис. 3. Характерний перекіс фаз

Несиметрія напруги значно погіршує режими роботи багатофазних вентильних випрямлячів: значно збільшується пульсація випрямленої напруги, погіршуються умови роботи системи імпульсно-фазового управління тиристорних перетворювачів [4].Конденсаторні установки при несиметрії напруг нерівномірно завантажуються реактивною потужністю по фазах, що унеможливлює повне використання встановленої конденсаторної потужності. Несиметрія напруг ускладнює роботу релейного захисту, веде до помилок при роботі лічильників електроенергії і т.п.

Струмоприймачі з нелінійними вольт-амперними характеристиками споживають з мережі несинусоїдальні струми при підведенні до їх затискачів синусоїдальної напруги. Струми вищих гармонік, проходячи по елементам мережі, створюють падіння напруги в опорах цих елементів і, накладаючись на основну синусоїду напруги, призводять до спотворень форми кривої напруги в вузлах електричної мережі. У зв'язку з цим ЕП з нелінійною вольт-амперною

характеристикою часто називають джерелами вищих гармонік.

Найбільш серйозні порушення якості електроенергії в електричній мережі мають місце при роботі потужних керованих вентильних перетворювачів. При цьому порядок вищих гармонійних складових струму і напруги в мережі визначається за формулою

$$n = mk \pm 1, \qquad (9)$$

де m – число фаз випрямлення;

k – послідовний ряд натуральних чисел(0,1,2 …).

Струми намагнічування утворюють системи струмів прямої і зворотної послідовності, які за абсолютною величиною однакові для гармонік, що кратні трьом. Для інших непарних гармонік струми зворотної послідовності становлять близько 0,25 струмів прямої послідовності. Якщо на вводи трансформаторів подається несинусоїдальна напруга виникають додаткові складові вищих гармонік струму.

В цілому несинусоїдальні режими мають ті ж вади, що й несиметричні. Вищі гармоніки струму і напруги викликають додаткові втрати активної потужності у всіх елементах системи електропостачання: в лініях електропередачі, трансформаторах, електричних машинах, статичних конденсаторах, так як опори цих елементів залежать від частоти.

Жорсткі вимоги стандарту до відхилень частоти напруги живлення обумовлені значним впливом частоти на режими роботи електрообладнання, хід технологічних процесів виробництва і, як наслідок, техніко-економічні показники роботи промислових підприємств. Відомо, що зниження частоти на 1% збільшує втрати в електричних мережах на 2%.

Ступінь впливу частоти на продуктивність ряду механізмів може бути виражена через споживану ними активну потужність

$$P = af^n, \qquad (10)$$

де a - коефіцієнт пропорційності, що залежить від типу механізму;

f - частота мережі;

n – показник ступеня.

Залежно від значень показника ступеня n, струмоприймачі можна розбити на групи. Найбільш чутливі до зниження частоти двигуни власних потреб електростанцій. Зниження частоти призводить до зменшення їх продуктивності, що супроводжується зниженням потужності генераторів і подальшим дефіцитом активної

потужності і зниженням частоти (має місце лавина частоти).

Відхилення частоти негативно впливають на роботу електронної техніки: відхилення частоти більш +0,1 Гц призводить до яскравостним і геометричним фоновим спотворенням телевізійного зображення, зміни частоти від 49,9 до 49,5 Гц тягне за собою майже чотириразове збільшення допустимого розмаху телевізійного сигналу до фонової заваді. Крім цього, знижена частота в електричній мережі впливає і на термін служби обладнання, що містить елементи зі сталлю (електродвигуни, трансформатори, реактори зі сталевим магнітопроводом), за рахунок збільшення струму намагнічування в таких апаратах і додаткового нагріву сталевих сердечників.

У системах електропостачання загального призначення знайшли широке застосування електронні та мікроелектронні системи управління, мікропроцесори і ЕОМ, що призвело до зниження рівня завадостійкості систем управління ЕП і різкого зростання кількості їх відмов. Основною причиною відмов є вплив електромагнітних перехідних перешкод, що виникають при електромагнітних перехідних процесах як в мережах енергосистем, так і в міських, і промислових електричних мережах.

Характеристикою електромагнітних перехідних перешкод є провали і імпульси напруги, короткочасні перенапруги. Для цих показників якості електроенергії стандарт не встановлює допустимих чисельних значень, проте, розглядає ці перешкоди в рамках проблеми електромагнітної сумісності.

При значеннях всіх показників якості електроенергії по напрузі, відмінних від нормованих, відбувається прискорене старіння ізоляції електрообладнання, в результаті зростає інтенсивність потоків відмов з плином часу.

При низькій якості електроенергії має місце взаємозалежність відмов елементів, наприклад, коли негативний вплив нелінійних, несиметричних і ударних навантажень скомпенсоване за допомогою відповідних коригуючих пристроїв при відключенні того чи іншого пристрою. Таким чином, якість електроенергії істотно впливає на надійність електропостачання, оскільки аварійність в мережах з низькою якістю значно вище, ніж в разі, коли показники якості електроенергії знаходяться в допустимих межах [5].

Висновки. Відхилення показників якості електроенергії від нормованих значень погіршують умови експлуатації електрообладнання енергопостачальних організацій та споживачів електроенергії, можуть призвести до значних збитків, як у промисловості, так і в побутовому секторі, зумовлюють технологічний і електромагнітний збитки. Зміни параметрів електричної мережі, потужності і характеру навантаження в часі є

основною причиною зміни показників якості електричної енергії. Пом'якшення проблем якості електроенергії може бути досягнуто на різних рівнях: передача, розподіл і використання обладнання кінцевого користувача. Засоби місцевого та індивідуального регулювання, що встановлюються у споживача, необхідно поєднувати з заходами по компенсації реактивної потужності, вирівнюванню навантажень фаз і іншими заходами, що знижують негативний вплив споживачів електроенергії на якість напруги. Якщо навіть найтривкіше обладнання піддається впливу, повинні бути вжиті інші заходи для захисту від проблем якості електроенергії, такі як використання технологій відновлення, розподіленої генерації або пристроїв сполучення.

Література

1. Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загальної призначеності: ДСТУ EN 50160:2014 (EN 50160:2010, IDT). – [Чинний від 2014-10-01]. – К.: Держстандарт України, 2014. – 27 с.

2. Дідур В. А. Сучасна енергетика: стан, проблеми, перспективи розвитку /В. А. Дідур, О. В. Лисенко, С. В. Адамова // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету / ТДАТУ. – Мелітополь, 2016. – Вип. 16, т. 2. – С. 113-119.

3. Суднова В. В. Качество электрической энергии / В. В. Суднова. – М.: Энергосервис, 2000. – 80 с.

4. Качество электрической энергии [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.asutpp.ru/osnovy-elektrotexniki/kachestvo-jelektrojenergii.html

5. Гамазин С. П. Обеспечение надежности электроснабжения и качества электроэнергии / С. П. Гамазин, В. М. Пупин, Ю. В. Марков// Промышленная энергетика.–2006. – №11. – С. 51-56.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА РАБОТУ ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКОВ

Адамова С. В.

Аннотация

Качество электроэнергии тесно связано с надежностью электроснабжения, поскольку нормальным режимом электроснабжения потребителей является такой режим, при котором потребители получают электроэнергию бесперебойно, в количестве, заранее согласованном с энергоснабжающей организацией, и нормированного качества. Проблема качества в отечественных электрических сетях очень специфична. Широкое распространение электронных устройств, включающих в себя оборудование информационных технологий, силовую электронику приводят к полному изменению природы электрических нагрузок.

Работа посвящена анализу влияния качества электроэнергии при отклонении ее характеристик от стандартов на потребителей электрической

энергии. Приведены основные факторы, которые приводят к негативным последствиям для электрооборудования. Изменения параметров электрической сети, мощности и характера нагрузки во времени является основной причиной изменения показателей качества электрической энергии. Отклонения напряжения оказывают значительное влияние на работу асинхронных двигателей, которые являются наиболее распространенными приемниками электроэнергии в промышленности, а также негативно влияют на качество работы и сроки службы бытовой электронной техники. Негативное влияние на потребителей также представляет колебание напряжения, к их числу относятся осветительные приборы, особенно лампы накаливания и электронная техника. Несимметричные токи нагрузки, протекающие по элементам системы электроснабжения, вызывают в них несимметричные падения напряжения. Несимметрия напряжения значительно ухудшает режимы работы электрооборудования. Кроме этого, снижение частоты в электрической сети влияет на срок службы оборудования. Характеристикой электромагнитных переходных помех есть провалы и импульсы напряжения, кратковременные перенапряжения. Смягчение проблем качества электроэнергии может быть достигнуто на разных уровнях: передача, распределение и использование оборудования конечного пользователя.

ANALYSIS OF THE ELECTRICITY QUALITY EFFECT ON THE WORK OF ELECTRIC RECEIVERS

S. Adamova

Summary

The quality of electricity is closely related to the reliability of electricity supply, since the normal mode of electricity supply to consumers is a regime in which consumers receive electricity uninterruptedly, in an amount agreed in advance with the energy supply organization and the standardized quality. The quality problem in domestic electric grids is very specific. The widespread use of electronic devices, including information technology equipment, power electronics, leads to a complete change in the nature of electrical loads.

The work is devoted to the analysis of the influence of the quality of electricity under conditions of deviation of its characteristics from the standards for electricity consumers. The main factors that lead to negative consequences for electrical equipment are given. Changes in the parameters of the electric network, power and the nature of the load over time is the main reason for the change in the quality of electrical energy. Voltage deviations have a significant effect on the operation of induction motors, which are the most common receivers of electric power in industry, and also negatively affect the quality of work and the service life of consumer electronics. Negative influence on consumers is also represented by voltage fluctuations, including lighting devices, especially incandescent lamps and electronic equipment. Unsymmetrical currents flow through the elements of the power supply system and cause asymmetrical voltage drops. The asymmetry of the voltage significantly worsens the operating conditions of the electrical equipment. In addition, frequency reduction in the electrical network affects the service life of the equipment. The characteristics of electromagnetic transients are dips and voltage pulses, short-term over voltages. Mitigation of power quality problems can be achieved at different levels: the transfer, distribution and use of consumer's equipment.

Keywords: power quality, voltage deviation, voltage fluctuations, voltage unbalance, non-sinusoidal currents, frequency deviation, electromagnetic interference.

УДК 631.33.022 DOI: 10.31388/2220-8674-2018-2-40

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РІВНОМІРНОСТІ ВИСІВУ ПРОРОЩЕНОГО НАСІННЯ ОВОЧЕВИХ КУЛЬТУР ЗА ДОПОМОГОЮ СОШНИКА З АКТИВНИМ ПРИВОДОМ

Дейнека С. М., здобувач
Національний університет біоресурсів і природокористування України
E-mail: deyneka5555@ukr.net

Анотація - від точності сівби залежить урожайність, витрати посівного матеріалу, затрати праці та собівартість продукції. Спосіб сівби визначає форму і розмір площі живлення, що припадає на одну рослину, і тому впливає на її розвиток. Від схеми розміщення рослин залежать можливості максимального впровадження комплексної механізації під час догляду за ними та збирання урожаю. Невирішеною залишається проблема з висівом дрібнонасіннєвих овочевих культур: моркви, цибулі, редиски, кропу, петрушки, шпинату, ріпи та ін.

Мета. Обґрунтування конструкції сошників, які забезпечують рівномірність висіву пророщеного насіння способом гідровисіву.

Методи. Аналіз, порівняння, узагальнення.

Результати. В основу винаходу поставлена задача покращення якості висіву за рахунок удосконалення відкритої борозенки розрізанням та розсуванням на необхідну глибину (2 - 6 см) верхнього шару ґрунту, рівномірного розміщення насіння вздовж руху сівалки з притискним зусиллям до 50 кг. Робота сошника з активним приводом для гідросівалки полягає в тому, що водонасіннєва суміш через насіннєпровід потрапляє в барабан з ємністю, який обертається. Далі при обертанні барабана насіння з рідиною транспортується до насіннєвого ложа по радіусу барабана, при цьому гумовий чистик дозує кількість рідини в ємності барабана. Таким чином водонасіннєва суміш через насіннєпровід подається в сошник, який утворює посівну борозну та одночасно рівномірними порціями розподіляє водонасіннєву суміш в борозні. Сошник з активним приводом може бути використаний для висіву пророщеного насіння дрібнонасіннєвих овочевих культур з одночасним мікрозрошенням.

Перспективи. Така конструкція сошника дозволяє рівномірно розподіляти пророщене насіння і рідину, але потребує передпосівного обробітку ґрунту, подальша наша робота буде спрямована на його удосконалення для прямого висіву пророщеного насіння овочевих культур.

Ключові слова **- сошник, конструкція, пророщене насіння, рівномірність, гідровисів, гідросівалка.**

Постановка проблеми. Від точності сівби залежить урожайність, витрати посівного матеріалу, затрати праці та

© Дейнека С. М.

собівартість продукції. Спосіб сівби визначає форму і розмір площі живлення, що припадає на одну рослину, і тому впливає на її розвиток. Від схеми розміщення рослин залежать можливості максимального впровадження комплексної механізації під час догляду за ними та збирання урожаю.

Створення комбінованих ґрунтообробно-посівних машин спонукали високі вимоги до якості передпосівного обробітку ґрунту та необхідність скорочення розриву в часі між процесами обробітку ґрунту і висівом насіння. На сьогодні на ринку пропонується велика кількість комбінованих машин з різним типом робочих органів. У їхніх конструкціях використовуються робочі органи з активним приводом (50%) або пасивні (50%), тип яких обумовлено станом ґрунту.

Аналіз конструкцій посівних машин показав, що приблизно на половині типів машин ґрунтообробну частину укомплектовано активними робочими органами з вертикальною (70%) або горизонтальною (30%) віссю обертання, на обох видах машин встановлюють прикочуючі котки, іноді спереду обладнують вирівнювальні дошки [6].

Машини з пасивними ґрунтообробними робочими органами укомплектовані стрільчастими лапами, встановленими на пружній або жорсткій стійці. Окрім цього, спереду на знаряддях кріплять вирівнювальні дошки, а позаду - прикочувальні котки.

Посівна частина може мати як пневматичну (60 %), так і механічну (40 %) систему висіву насіння. Висівні робочі органи-сошники в більшості випадків анкерні (70 %), меншою мірою дискові (20 %) і лапові (10 %)[6].

Невирішеною залишається проблема з висівом дрібнонасіннєвих овочевих культур: моркви, цибулі, редиски, кропу, петрушки, шпинату, ріпи та ін.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз останніх досліджень показав, що питаннями дослідження конструкцій сошників у своїх працях займаються такі вчені, як В. Сало, О. Гайденко, М. Свірень, І. Лісовий, А. Бойко, Л. Аніскевич та ін. Однак розглянуті сошники не можливо використати для висіву пророщеного насіння овочевих культур за допомогою гідросівалки.

Метою статті є обґрунтування конструкції сошників, які забезпечують рівномірність висіву пророщеного насіння способом гідровисіву.

Виклад основного матеріалу. Сошник є одним із головних елементів конструкції сівалки. Він призначений для утворення у

ґрунті борозни і укладання на її дно насіння та добрив, присипання їх вологим шаром ґрунту. Від якості роботи сошника в значній мірі залежать сходи посівів та розвиток рослин.

Сошники повинні утворювати однакові борозни заданої глибини; не виносити нижні шари ґрунту на поверхню поля, щоб не було втрати вологи; ущільнювати дно борозни для відновлення капілярів у ґрунті; забезпечувати рівномірне розподілення насіння в борознах; забезпечувати присипання насіння вологим шаром ґрунту.

Для забезпечення прямої сівби можуть бути використані наступні типи сошників: дискові (одно дискові і дводискові), лапові, анкерні, долотоподібні.

Аналіз сучасних тенденцій свідчить про те, що анкерні сошники втрачають актуальність, а долотовидні використовуються тільки за певних умов. Все більше аграріїв віддають перевагу одно- або дводисковим сошниками. На сьогодні близько 85% усіх посівних агрегатів виробники сільгоспмашин постачають з вищевказаними робочими органами [2]. Їх використання дозволяє надійно виконувати технологічний процес, створювати борозну, однак їх застосування призводить до суттєвого збільшення маси сівалки, що є необхідною умовою забезпечення роботи сошників такого типу, такі сошники не можуть бути використані для посіву пророщеного насіння овочевих культур способом гідровисіву з використанням гідросівалки.

При розробці конструкції гідросівалки основна увага приділялась змішувальній камері [4]. Але практика показала необхідність удосконаленого механізму, який би забезпечив порціонування водонасіннєвої суміші та транспортування її в борозенку (рис.1) [7].

Була проведена робота по розробці сошника гідро сівалки (рис. 2), який би зменшував витрати рідини та забезпечував рівномірність розподілу насіння в рядку.

Сошник з активним приводом може бути використаний для висіву пророщеного насіння дрібнонасіннєвих овочевих культур з одночасним мікрозрошенням.

В основу винаходу поставлена задача покращення якості висіву за рахунок удосконалення відкритої борозенки розрізанням та розсуванням на необхідну глибину (2 - 6 см) верхнього шару ґрунту, рівномірного розміщення насіння вздовж руху сівалки з притискним зусиллям до 50 кг. Вона вирішується наступним чином: водонасіннєва суміш через насіннєпровід подається в сошник, який утворює посівну борозну та одночасно рівномірними порціями розподіляє водонасіннєву суміш в борозні.

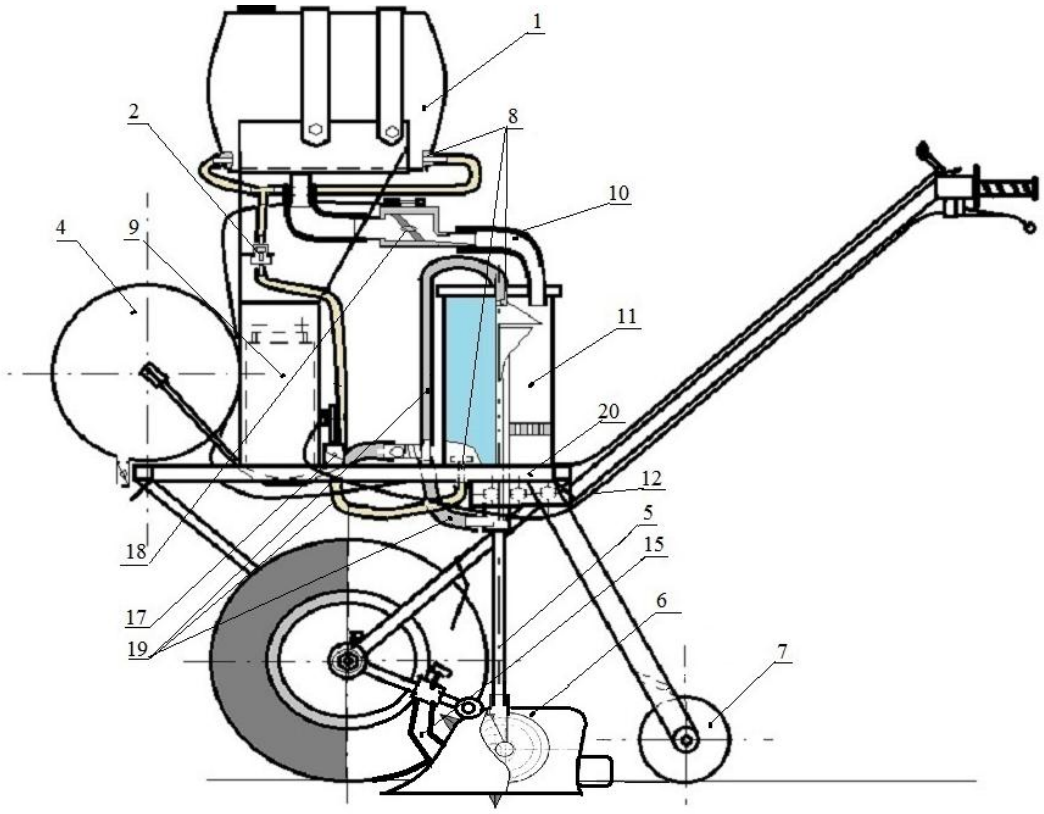
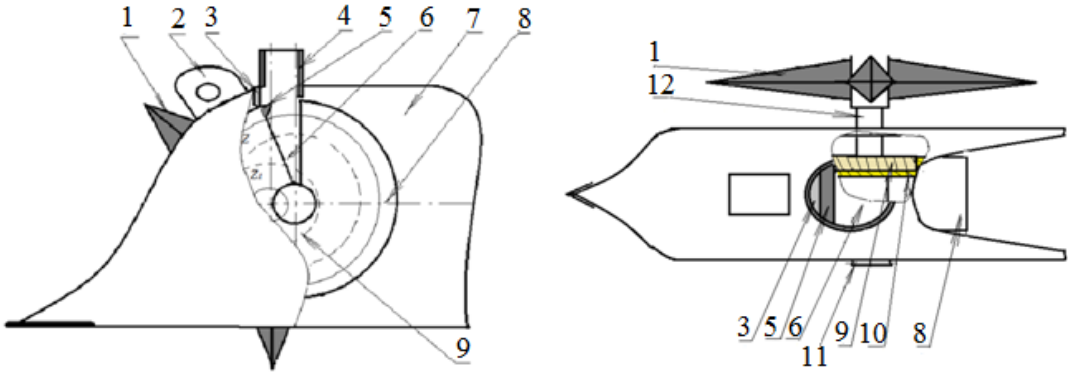


Рис. 1. Креслення гідросівалки: 1- бак; 2 – запобіжний клапан; 3 – компресор; 4 – ресивер; 5 – насіннєпроводи; 6 – сошники; 7 – коток; 8 – форсунка; 9 – акумуляторна батарея; 10 – водонасіннєві патрубки; 11 – робочі ємності; 12 – трос повітряного крана; 13 - трос керування заслінкою; 14 – вісь; 15 – загортачі; 16 - отвори; 17 – повітряний кран; 18 – дросельна заслінка; 19 – повітропроводи.



а) б)

Рис. 2. Креслення сошника: а) вигляд збоку з робочими органами в розрізі; б) вигляд зверху з ведучою парою в розрізі: 1 – голчастий диск, 2 – вухо з отвором, 3 – чистик, 4 – насіннєпровід, 5 – поріг, 6 – ємність, 7 – корпус, 8 – барабан, 9 – шестерня, 10 – вінець, 11, 12– вісь

Сошник (*рис.2)*представляє собою корпус, до якого жорстко приєднане вухо з отвором. У верхній частині моделі розташований насіннєпровід, під яким знаходиться гумовий чистик. В середині сошника на осі обертається барабан з ємністю, на якому встановлений поріг. Вінець розташований в середині барабана, шестерня через вісь з'єднана з голчастим диском .

Принцип роботи полягає в наступному: водонасіннєва суміш із змішувальної камери гідросівалки потрапляє через насіннєпровід (4) до ємності (6), яка розташована в барабані (8). В процесі повздовжнього руху сошника корпусом (7) створюється посівна борозна. За рахунок сили тертя голчастий диск, лопаті якого розташовуються нижче дна борозни, створює обертальний рух, який через шестерню (9) передається на вінець (10) барабану. Обертаючись, барабан переміщує ємність по радіусу зверху до низу і таким чином здійснюється переміщення порції водонасіннєвої суміші до дна посівної борозни. Для того, щоб забезпечити рівномірне укладання пророщеного насіння без пошкодження паростків, на виході з ємності встановлюється під кутом поріг (5), який дає змогу почати процес виливу порції водонасіннєвої суміші під кутом 45^0-50^0. Гумовий чистик (3) виконує роль запірного клапана і дає змогу формувати порції водонасіннєвої суміші. Кріпиться сошник до стрижня гідросівалки за допомогою вуха (2). Унаслідок цього відбувається фіксований розподіл порції насіння, чим отримується висока рівномірність розподілу пророщеного насіння вздовж руху сівалки.

Польові досліди проводились на дослідному полі дослідної станції „Маяк" у селі Крути Ніжинського району Чернігівської області.

За природними умовами територія наближається до Північного Лісостепу України з помірно теплим достатньо м'яким кліматом. Рельєф рівний, ґрунти -опідзолений чорнозем (реградований піщано-легкосуглинистого механічного складу на лісовидних відкладеннях). Вміст гумусу в орному шарі ґрунту - 3,12 %, pH сольової витяжки - 6,4. Вміст P_2O_5 30 мг по Кирсанову і 6 мг по Мачигіну, K_2O відповідно 10...15 і 20...30 мг на 100 г ґрунту. За типом, механічним складом і іншими показниками ґрунтові умови відповідають природній зоні.

Обробіток ґрунту починали зразу після збирання попередника, яким була капуста білоголова пізня. Після збору ранніх культур провели лущення, а потім зяблеву оранку плугом ПЛН-5-35 на глибину 25-30 см. Рано навесні закриття вологи – боронування в два сліди впоперек або по діагоналі оранки. Культивували поле

культиватором КПС-4 безпосередньо перед посівом. Щоб насіння розміщувалось на однаковій глибині, ґрунт перед посівом прикатали.

Для проведення польових досліджень ми обрали дві культури: морква і редис, насіння цих культур суттєво відрізняється за розмірами і формою, тому дозволить більш комплексно перевірити роботу гідросівалки.

В процесі дослідження визначали нерівномірність висіву насіння; масу водонасіннєвої суміші, висіяну *i*-сошником із усіх повторювань; середню масу водонасіннєвої суміші, висіяну одним сошником; відхилення маси насіння під час висіву *i*-сошником від середнього значення; середнє арифметичне відхилення; масову частку пошкодженого насіння або насіння з пошкодженими паростками.

Нерівномірність висіву насіння визначали залежно від норм висіву овочевих сівалок. Нерівномірність висіву насіння визначали залежно від норм висіву овочевих сівалок.

При обробці даних обчислювали наступні показники.

Середню масу насіння, висіяну *i*-сошником з усіх повторностей q_j, г за формулою:

$$\bar{q}_j = \frac{\sum_{i-1}^{n} q_i}{n}, \quad (1)$$

де q_i- маса насіння, висіяна *i*– сошником в *j*– повторності,

n – число повторностей;

Середню масу насіння, висіяну одним сошником за формулою:

$$\bar{q} = \frac{\sum_{i-1}^{n} q_i}{n_c}, \quad (2)$$

де n_c– число сошників.

Відхилення маси насіння у висіві *i*- сошником від середнього значення Δq_i г за формулою:

$$\Delta q_i = \bar{q}_1 - \bar{q}_2$$

Середнє арифметичне відхилення $\Delta\bar{q}_i$ за формулою:

$$\Delta\bar{q} = \frac{\sum_{i-1}^{n} |\Delta q_i|}{n_c}, \quad (3)$$

Нерівномірність висіву між сошниками H_p, % за формулою:

$$H_p = \frac{\Delta\bar{q}_i}{\bar{q}} \cdot 100, \quad (4)$$

де q_i - маса насіння висіяна всіма сошниками в *i*-й повторності.

Середню масу насіння висіяну всіма сошниками із всіх повторностей $\bar{q}_n$, за формулою:

$$\Delta\bar{q}n = \frac{\sum_{i-1}^{n}\sum_{i-1}^{n} q_i}{n}, \quad (5)$$

Нерівномірність висіву, %, за формулою:

$$\nu = \frac{\sigma}{\bar{q}} \cdot 100, \quad (6)$$

де σ – стандартне відхилення маси насіння.

Стандартне відхилення маси насіння між сошниками σ, г за формулою:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i-1}^{n}(\bar{q}_i - \bar{q}_n)^2}{n_c - 1}}, \quad (7)$$

Пошкоджене насіння відбирали під час визначення нерівномірності висіву, для цього об'єднували в середню пробу насіння, висіяну всіма сошниками за повторності досліду. Насіння з кожним видом пошкоджень зважували з похибкою ±0,01г.

Масову частку пошкодженого насіння Р, % обчислювали за формулою:

$$P = \frac{m_{пошк}}{m_{заг}} \cdot 100, \quad (8)$$

де $m_{пошк}$ – маса пошкодженого насіння,

$m_{заг}$ – загальна маса насіння.

По різниці вмісту пошкодженого насіння, що пройшло через сошники, і в початковому матеріалі - визначали пошкодження насіння у висівному апараті.

Здійснивши необхідні розрахунки та порівнявши рівномірність висіву пророщеного насіння звичайним анкерним сошником тасошником з барабаном, який дозволяє вносити пророщене насіння разом з рідиною в борозну порціями, ми отримали наступні результати (рис.3).

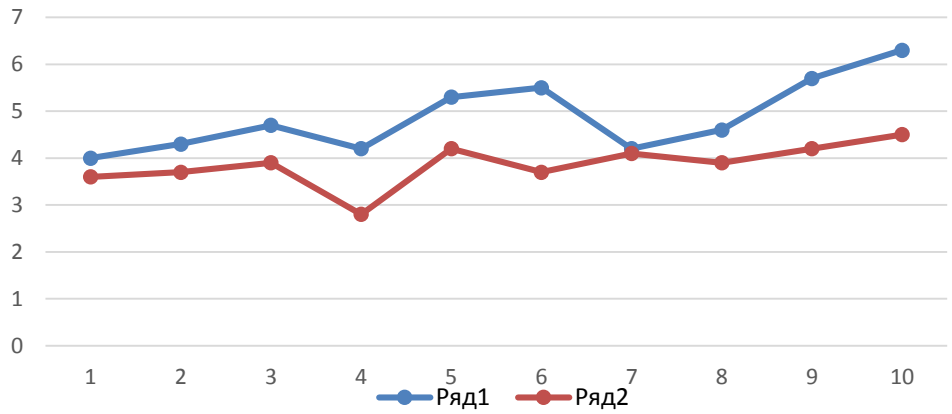


Рис.3. Графік нерівномірності висіву насіння анкерним і досліджуваним сошником

Висновки. Отже, робота сошника гідросівалки полягає в тому, що водонасіннєва суміш через насіннєпровід потрапляє в барабан з ємністю, який обертається. Далі при обертанні барабана насіння з рідиною транспортується до насіннєвого ложа по радіусу барабана, при цьому гумовий чистик дозує кількість рідини в ємності барабана. Така конструкція сошника дозволяє рівномірно розподіляти пророщене насіння і рідину, але потребує передпосівного обробітку ґрунту, подальша наша робота буде спрямована на його удосконалення для прямого висіву пророщеного насіння овочевих культур.

Література

1. Бакум М. В. Результати порівняльних польових досліджень способів сівби насіння овочевих культур / М. В. Бакум, Д. А. Ящук // Вісник ХНТУСГ. – Харків,2013. – Вип. 135. – С. 374-379.

2. Бойко А. І. Функціонування сошника прямого посіву як відкритої технічної системи /А. І. Бойко, І. О. Лісовий, В. В. Тасенко // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка. – Харків, 2008.– Вип. 75. – С. 256-258.

3. Давидов Е. И. Гидросеялка ЛГАУ для овощных культур / Е. И. Давидов, М. В. Мюйрипеал // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1991. – №6. – С. 37-38.

4. Пат. 118028 Україна. Дозатор-обмежувач гідровисіваючого апарату / С. М. Дейнека, Л. В. Аніскевич, С. А. Кушнарьов. Опубл. 25.07.2017,Бюл. № 14.

5. Пат. 111666 Україна. Гідровисіваючий апарат для висіву дрібнонасіннєвих овочевих культур / С. А. Кушнарьов, С. М. Дейнека, І. І. Махмудов, Є. С. Іванов. Опубл. 25.11.2016, Бюл. № 22 .

6. Механізація АПК [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk.html

7. Deyneka S. The sowing of vegetable geminated grain using a hydro seeder / S. Deyneka// Технічні науки та технології. – 2018. – № 1 (11). – С. 280-287 .

ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАВНОМЕРНОСТИ ВЫСЕВА ПРОРОЩЕННЫХ СЕМЯН ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР С ПОМОЩЬЮ СОШНИКА С АКТИВНЫМ ПРИВОДОМ

Дейнека С. М.

Аннотация

От точности высева зависит урожайность, расходы посевного материала, затраты труда и себестоимость продукции. Способ посева определяет форму и размер площади питания на одно растение, поэтому влияет на его развитие. От схемы размещения растений зависят возможности максимального использования комплексной механизации во время ухода за ними и сбора урожая. Нерешенной остаётся проблема с высевом мелкосеменных овощных культур: моркови, лука, укропа, петрушки, шпината, репы и др.

Цель. Обоснование конструкции сошников, что обеспечивают равномерность высева пророщенных семян способом гидропосева.

Методы. Анализ, сравнение, обобщение.

Результаты. В основу изобретения поставлена задача улучшения качества посева за счет усовершенствования открытой бороздки разрезанием и раздвижением на необходимую глубину (2 - 6 см) верхнего слоя почвы, равномерного размещения семян вдоль движения сеялки с прижимным усилием до 50 кг.

Работа сошника гидросеялки состоит в том, что водосеменная смесь через семяпровод попадает в барабан с емкостью, что вращается. Дальше при вращении барабана семена с жидкостью транспортируются в семенное ложе по радиусу барабана, при этом резиновый чистик дозирует количество жидкости в емкости барабана. Таким образом водосеменная смесь через семяпровод подаётся в сошник, который образует посевную бороздку и одновременно равномерными порциями распределяет смесь в бороздке.Сошник с активным приводом может быть использован для посева пророщенных семян мелкосеменных овощных культур с одновременным микрополивом.

Предложенная конструкция сошника позволяет равномерно распределять пророщенные семена и жидкость, но требует предпосевной обработки почвы, дальнейшая наша работа будет направлена на его усовершенствование для прямого высева пророщенных семян овощных культур.

PROVIDING OF EVEN SEEDING OF VEGETABLE GERMINATED GRAIN USING A COULTER WITH AN ACTIVE DRIVE

S. Deyneka

Summary

Yield of crops, seed costs, labor input and cost of production depend on accurate sowing. The method of sowing determines the shape and size of the fertilizing area per a plant, and therefore affects its growth. The possibilities of maximizing the implementation of complex mechanization during care and harvesting depend on the scheme of plants placing. A remaining concern is sowing of fine vegetable crops such as carrots, onions, radishes, dill, parsley, spinach, turnips, etc.

Objective. The paper aims at justification of the coulter design, which ensures the even seeding of germinated grain by the method of hydroseeding.

Results. The objects of the invention are to improve the quality of seeding by improving the open furrow by cutting and extending to the required depth (2 - 6 cm) of the upper layer of soil and to place seed evenly along the motion of the sowing machine with downforce up to 50 kg. The work of a coulter with an active drill for a hydroseeder is that the water and seed mixture through the grain spout enters the rotating drum with a container. The drum is rotating, the seed with the liquid is transported to the seedbed along the drum's radius and the rubber duster doses the amount of liquid in the drum's container. Thus, the water and seed mixture through the grain spout is fed into a coulter, which forms a seed furrow and simultaneously distributes the water and seed mixture in the furrow in equal portions. The coulter with an active drive can be used for seeding of fine vegetable germinated seed with simultaneous microirrigation.

This coulter design enables to get even distribution of germinated grain and liquid, but requires pre-sowing tillage. Our follow-up work will be aimed at improving the coulter for direct seeding of germinated vegetable grain.

Keywords: coulter, construction, sprouted seed, uniformity, hydroseeder.

УДК 621.317.76 DOI: 10.31388/2220-8674-2018-2-41

РОЗРАХУНОК ЕНЕРГЕТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК АВТОГЕНЕРАТОРА З ВИКОРИСТАННЯМ КВАРЦОВИХ ГЕНЕРАТОРІВ НВЧ

Орел О. М., к.т.н.
Орел М. О.,
Кузьменко В. В.
Таврійський державний агротехнологічний університет
e-mail: orelan2006@ukr.net

Анотація **–** визначено оптимальні параметри електромагнітного поля ультрависокого частотного діапазону, що взаємодіє з кістковими тканинами тварин. Метою роботи є виявлення високочастотного діапазону параметрів електромагнітного поля при взаємодії з тканинами тварин з використанням розробленої математичної моделі. Актуальним завданням є розробка ефективного лікування без медикаментозного лікування та засобів лікування травм тварин. Застосовуючи отримані математичні вирази, були виконані числові розрахунки значень біотропних параметрів електромагнітного поля в кінцівках тварин різних геометричних розмірів; визначена оптимальна частота впливу, що дозволяє дати відповідні рекомендації щодо технічних особливостей розробленого терапевтичного апарату. Визначено оптимальні параметри електромагнітного поля ультрависокого частотного діапазону, що взаємодіють з кістковими тканинами тварин. Досліджена залежність амплітуди електричних компонент магнітного поля. Доведено, що розміри кінцівок і внутрішніх тканин суттєво впливають на внутрішній розподіл електромагнітних полів. Результати експериментальних досліджень дозволили визначити оптимальну схему частот, потужності та джерела випромінювання для лікування травм різних видів тварин. Застосування електромагнітного випромінювання з оптимальними параметрами підсилює метаболізм на рівні мембрани уражених клітин і сприяє більш швидкому відновленню пошкодженої кісткової тканини..

Ключові слова **– НВЧ випромінювання, кварцовий генератор, автогенератор.**

Постановка проблеми. В даний час для лікування травм тварин в основному використовують медикаментозні способи лікування. Застосування антибіотиків і інших медикаментів не завжди сприяє одужанню тварин і, крім того, лікарські препарати з молоком і м’ясом потрапляють в організм людини, що негативно на нього впливають. Ведеться невпинний пошук не медикаментозних засобів лікування та профілактики захворювань тварин [3, 4].

Однією з найактуальніших проблем, яка стоїть перед аграрним комплексом України на сучасному етапі є підвищення продуктивності

© Орел А. Н., Орел Н. А., Кузьменко В. В.

в тваринництві зі збереженням і збільшенням поголів'я сільськогосподарських тварин, яке у великій мірі залежить від своєчасного лікування їх травматизму. В результаті травм і їх ускладнень хворі тварини знижують продуктивність, передчасно вибраковуються, нерідко гинуть [1, 2].

Оскільки СВЧ терапія тварин пов'язана з резонансним акустоелектричних хвиль в замкнутих клітинних мембранах, то для передачі максимальної енергії опромінення біологічних об'єктів (95 %) слід використовувати високо стабільні СВЧ генератори (нестабільність частоти 10^{-7} … 10^{-8}), перебудовуванні по частоті і вихідною потужністю до 50 мВт [7, 8]. Рішення поставленої задачі можливе на основі застосування електромагнітних випромінювань НВЧ і КВЧ діапазонів [5,6].

Аналіз останніх досліджень. Аналіз показує, що відсутність спеціалізованих монохроматичних джерел НВЧ випромінювання сантиметрового діапазону робить проблематичною постановку питання про створення низькоенергетичної електротехнології лікування сільськогосподарських тварин [9, 10].

Також необхідно проводити теоретичний аналіз основних характеристик кварцового генератора і аналіз його короткочасної нестабільності в залежності від флуктуаційних параметрів елементів схеми автогенератора [11. 12].

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою статті є розрахунок енергетичних характеристик автогенератора, з використанням кварцових генераторів.

Основні матеріали дослідження (основна частина). В даний час існує велика кількість схем кварцових генераторів до частот 100 МГц, методики розрахунку яких різноманітні і обмежені в частотної області генерації. У той же час в інженерній практиці необхідний досить простий метод розрахунку кварцових генераторів в діапазоні частот від 200 до 500 МГц, доступний при використанні довідкових даних або даних, виміряних простими методами.

Нижче наводиться один із можливих варіантів такої методики розрахунку, яка справедлива в широкій частотній області і при значних вихідних потужностях. Для розрахунку енергетичних співвідношень стаціонарного режиму скористаємося спрощеною структурною схемою рис. 1. При цьому припустимо, що реактивні компоненти $Z_{вх}$, $Z_{вих}$, $Z_{н}$ впливають на фазові співвідношення в генераторі (на баланс фаз), тобто на частоту генерації, і не впливають на баланс амплітуд.

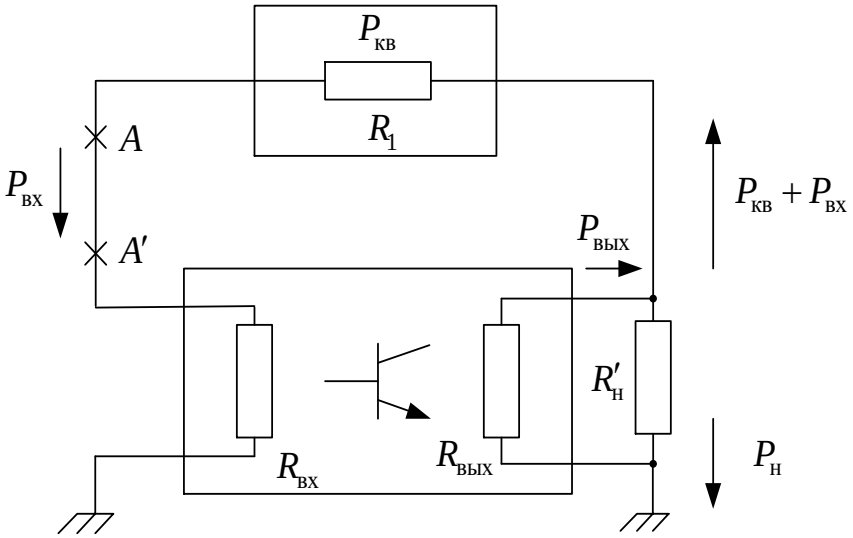


Рис. 1. Еквівалентна схема кварцового генератора

Розглянемо баланс амплітуд. З рис. 1 видно, що вихідна частина транзистора $P_{вих}$ виділяється в навантаженні, а частина її через коло ОС надходить на вхід (базу) транзистора, причому деяка частка вхідної потужності розсіюється на кварцовому резонаторі $P_{кв}$:

$$P_{вых} = P_н + P_{кв} + P_{вх}. \quad (1)$$

Коефіцієнт передачі транзистора за проектною потужністю

$$K_р = \frac{P_{вых}}{P_{вх}}. \quad (2)$$

Позначимо через K_Qкоефіцієнт використання добротності резонатора:

$$K_Q = \frac{P_{кв}}{P_{вх}} = \frac{R_1^1}{R_{вх}}, \quad (3)$$

де R_1^1 – еквівалентний опір втрат складного резонатора. Вважаємо $R_{вх} = R_н^1$, схему рис. 1 можна представити у вигляді рис. 2.

Підключення кварцового резонатора до точок з опорами $\frac{R_1^1}{K_Q}$ знижує його добротність до деякої величини

$$Q_э = Q\frac{R_1^1}{R_1+2\frac{R_1^1}{K_Q}} = \frac{Q_{K_Q}}{K_Q+2}, \quad (4)$$

де Q – навантажена добротність кварцового резонатора.

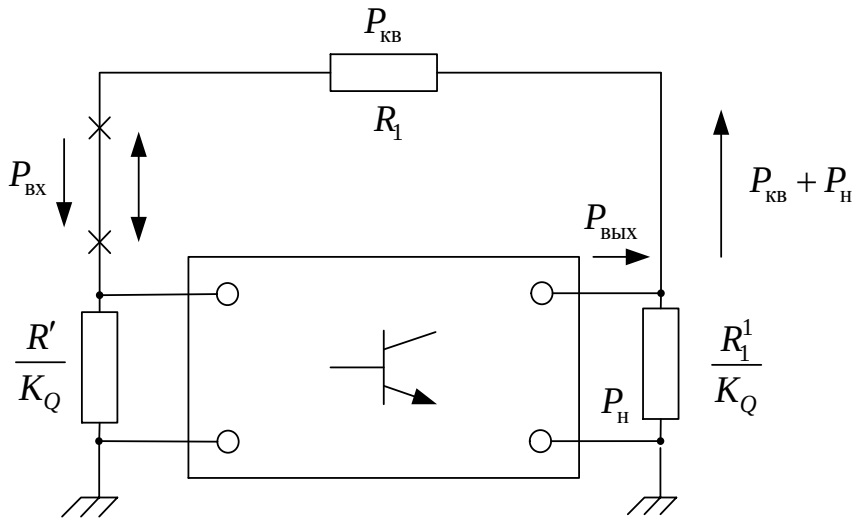


Рис. 2. Еквівалентна схема кварцового генератора

З виразів (2) - (4) маємо

$$K_р = \frac{P_{кв} + P_н + \frac{P_{кв}}{K_Q}}{\frac{P_{кв}}{K_Q}} = K_Q \left(\frac{P_н}{P_{кв}} + 1 \right) + 1. \quad (5)$$

Вираз (5) є умовою балансу амплітуд генератора в стаціонарному режимі. Після перетворення (5) отримаємо вираз для вихідної коливальної потужності генератора:

$$P_н = \frac{P_{кв}}{K_Q} \left(K_р - K_Q - 1 \right). \quad (6)$$

На практиці зазвичай $K_р > 1 > K_Q + 1$. Тоді маємо:

$$P_н = \frac{P_{кв} K_р}{K_Q} = \frac{P_{кв} K_р}{2} \left(\frac{Q}{K_Q} - 1 \right). \quad (7)$$

З виразу (6) видно, що при $K_р = K_Q + 1$ $P_н = 0$, так як вся вихідна потужність витрачається на підтримання самозбудження.

Позначимо через $K_{Q_н}$ коефіцієнт зниження добротності резонатора:

$$K_{Q_н} = \frac{Q_э}{Q} = \frac{K_Q}{K_Q + 2}. \quad (8)$$

Коефіцієнт передачі ланки зворотного зв’язку дорівнює:

$$K_{ос}=\frac{P_{вх}}{P_{ос}}=\frac{1}{K_Q+1}. \quad (9)$$

Звідси:

$$K_{ос}=\frac{1-K_{Q_н}}{1+K_{Q_н}}. \quad (10)$$

Використовуючи вираз для коефіцієнта регенерації $G = K_{ос} \cdot K_р$ неважко отримати:

$$K_{Q_н}=\frac{K_р-G}{K_р+G}. \quad (11)$$

З виразу (11) видно, що при деякому заданому коефіцієнті G, який зазвичай вибирається рівним 2, збільшення $K_{Q_н}$ можна домогтися лише за допомогою підвищення $K_р$. До цього висновку також можна прийти з аналізу виразу (6). При підвищенні $K_р$ необхідний коефіцієнт регенерації G може бути забезпечений при менших значеннях $P_{кв}$. У той же час для забезпечення максимального $Q_э$ сильне зниження $P_н$ небажано. Оптимальним з цієї точки зору буду значення, що $P_{кв}$ не викликає нелінійних ефектів (багаточастотну) коливань в безпосередній близькості до частоти n механічної гармонії резонатора. Ця потужність зазвичай узгоджується на кожен тип резонатора.

Для вітчизняних резонаторі на 250 МГц величина $P_{кв} = 0{,}5$ мВт. У зв'язку з вище викладеним зручно виразити $P_н$ через $K_р$, $P_{кв}$, $K_{Q_н}$:

$$K_Q=\frac{2K_{Q_н}}{1-K_{Q_н}}; \quad (12)$$

$$P_н=P_к\frac{K_р(1-K_{Q_н})-K_{Q_н}-1}{2K_{Q_н}}. \quad (13)$$

Реальну величину $K_{Q_н}$ можна визначити з формули (3.11), а потім за формулою (3.13) можна обчислити при заданому значенні $K_р$ максимально досягнуту вихідну потужність $P_н$. Використовуючи вище наведені співвідношення досить просто провести енергетичний розрахунок генератора при заданому G, $K_{кв}$ і $Q_э$.

За відомими (виміряним) значенням $Re(Z_{вх})$ і, залежно $K_р(P_{вх})$ можна визначити коефіцієнт трансформації і фазовий зсув, після чого скласти схему генератора.

Висновки. Інженерна методика з розрахунку основних енергетичних параметрів автогенератора проста, дійсна для широкої смуги частот і може використовуватися для синтезу кварцових генераторів в діапазоні частот від 200 до 500 МГц.

Література

1. Загальна ветеринарна хірургія / А. В. Лебедев [та ін.]. - М.: Колос, 2000. - 488 с.

2. Герцен П. П. Профілактика і лікування травм в промисловому тваринництві / П. П. Герцен. - Кишинів: Кармен Молдовеняска, 1981. - 354 с.

3. Веремій Э. И. Довідник по застосуванню лікарських засобів у ветеринарній хірургії / Э. И. Веремій, А. Н. Єлисєєв, В. А. Лук'янівський. - Мінськ: Уроджай, 1989. - 170 с.

4. Улащіна В. С. Актуальні питання електролікування і ультразвукової терапії / В. С. Улащіна - Мінськ: Уроджай, 1983. – 144 с.

5. Пресман А. С. Електромагнітні поля і жива природа / А. С. Пресман. - М.: Наука, 1968. - 288 с.

6. Дев'ятков А. Д. Міліметрові хвилі і їх роль в процесах життєдіяльності / А. Д. Дев'ятков, М. Б. Голант, О. В. Бецкий - М.: Радіо і зв'язок , 1991. - 169 с.

7. Ісмаїлов Э. Ш. Біофізична дія СВЧ випромінювань / Э. Ш. Ісмаїлов. - М.: Вища школа, 1987. - 144 с.

8. Кузнецов А. П. Електромагнітні поля живих клітин в КВЧ діапазоні / А. П. Кузнецов // Електронні техніка: Сер. 1. Електроніка СВЧ. - 1991. - Вип. 7 (441). - С. 3 - 6.

9. Довідник по радіовимірювальних приладів (під ред. В. С. Насонова). - М.: Сов. радіо, 1986. - 485 с.

10. Hewlett Packard Test Measurement Catalog 1984 - 1998.

11. Малахов А. Н. Флуктуації в автоколивальних системах / А. Н. Малахов. - М.: Наука, 1967. - 660 с.

12. Кабанов Д. А. Узагальнений підхід до дослідження автогенераторів / Д. А. Кабанов // Радіотехніка та електроніка. - 1974. - № 8. - С. 1690 - 1697.

РАСЧЕТ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АВТОГЕНЕРАТОРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КВАРЦЕВЫХ ГЕНЕРАТОРОВ СВЧ

Орел А. Н., Орел Н. А., Кузьменко В. В.

Аннотация – определены оптимальные параметры электромагнитного поля сверхвысокочастотного диапазона, взаимодействующего с костной тканью животных. Целью работы является выявление высокочастотного диапазона параметров электромагнитного поля при взаимодействии с тканями животных с использованием разработанной математической модели.

Разработка эффективного медикаментозного лечения и средств лечения травм животных является актуальной задачей.

Используя полученные математические выражения, были произведены численные расчеты значений биотропных параметров электромагнитного поля в конечностях животных различных геометрических размеров; определена оптимальная частота воздействия, позволяющая дать соответствующие рекомендации по техническим особенностям разрабатываемого терапевтического аппарата. Определены оптимальные параметры электромагнитного поля сверхвысокочастотного диапазона, взаимодействующего с костной тканью животных. Исследована зависимость амплитуды электрической составляющей магнитного поля частоты. Доказано, что размеры конечностей и внутренних тканей существенно влияют на внутреннее распределение электромагнитных полей.

Результаты экспериментальных исследований позволили определить оптимальную частоту, мощность и расположение источников излучения для лечения травм различных видов животных.

Применение электромагнитного излучения с оптимальными параметрами интенсифицирует обмен веществ на уровне мембран больных клеток и способствует более быстрому восстановлению поврежденной костной ткани.

CALCULATION OF ENERGY CHARACTERISTICS OF THE AUTO-GENERATOR WITH USING QUARTZ MICROWAVE GENERATORS

O. Orel, M. Orel, V. Kuzmenko

Summary

The method of calculating energy characteristics of quartz microwave generators, which are used in devices for electromagnetic therapy animals.

The optimal parameters of electromagnetic field of ultra-high frequency range interacting with the bone tissues of animals have been determined.

The aim of the work is to identify the high-frequency range of the electromagnetic field parameters in interaction with animal tissues using the developed mathematical model. The development of effective medication-free treatment and means of animal injuries treatment is urgent task.

Applying the obtained mathematical expressions, the numeric computations of the biotropic parameter values of the electromagnetic field in animal limbs of different geometric dimensions have been made; the optimal frequency of impact which allows to give the appropriate recommendations on technical features of the developed therapeutic apparatus has been defined. The aim of the work is to identify the high-frequency range of the electromagnetic field parameters in interaction with animal tissues using the developed mathematical model. The dependence of electric component amplitude of magnetic frequency field was investigated. It has been proved that the dimensions of the limbs and internal tissues significantly affect the internal distribution of the electromagnetic fields. The results of experimental studies have made it possible to determine the optimal frequency, power and radiation source arrangement for the injury treatment of different animal species. The application of electromagnetic radiation with optimal parameters intensifies metabolism on the diseased cells membrane level and assists more rapid recovery of the injured bone tissue.

Keywords: microwave radiation, quartz oscillator, autogenerator.

УДК 621.373 DOI: 10.31388/2220-8674-2018-2-49

ПАРАМЕТРИ ІМПУЛЬСНОГО ГЕНЕРАТОРА НА ЛАВИННО-ПРОЛІТНИХ ДІОДАХ ДЛЯ ЗНИЩЕННЯ ШКІДНИКІВ КАРТОПЛІ

Сілі І. І., к.т.н.
Таврійський державний агротехнологічний університет,
e-mail: ivan.sili@tsatu.edu.ua

Анотація – стаття присвячена актуальній проблемі пошуку нових сучасних методів боротьби з колорадським жуком та збереження урожайності посівів картоплі, так у статті запропоновано використання нового інноваційного електромагнітного методу знищення шкідників на основі генераторів НВЧ випромінювання на лавинно-пролітних діодах, приведено результати розрахунку генератора імпульсної дії міліметрового діапазону, який формує імпульси заданої тривалості з необхідним рівнем потужності.

Створення сучасних напівпровідникових джерел потужності в діапазоні НВЧ для впливу на шкідників картоплі в рослинному шарі має базуватися на застосуванні нових напівпровідникових матеріалів і їх композицій, впровадженню нових фізичних принципів для побудови активних елементів, розробці та застосуванні прецизійних технологічних операцій і обладнання, що забезпечують субмікронні розміри елементів напівпровідникових структур, високу надійність з'єднань активних елементів і ланцюгів НВЧ, контроль параметрів і характеристик в процесі експлуатації.

Можливості створення потужних джерел імпульсного випромінювання залежать від наявності відповідних напів-провідникових приладів і схеми підсумовування.

На основі отриманих раніше даних вибираємо корпусні GaAs ЛПД типу 3А762А з параметрами: діапазон частот 20 ГГц; імпульсна потужність P_i = 60 Вт; імпульсний струм I_i = 25 А; імпульсна напруга U_i = 50 В; $Q \geq 160$, ККД = 4%; параметри корпусу: $C_к$ = 0,3 пФ, $L_к$ = 0,4 нГн, С = 0,25 пФ, R_s = 0,5 Ом.

Результати чисельного аналізу показали, що забезпечити вимоги, що пред'являються до імпульсних джерел міліметрового діапазону довжин хвиль з вихідною потужністю 300 Вт, можливо на основі однокаскадного підсумовування потужності (N=6) в циліндричному резонаторі. Для отримання на виході багатодіодного (N=12) імпульсного ЛПД сумарної потужності $P_{вих}$ = 600 Вт використовуємо двокаскадну схему підсумовування в загальній розгалуженій схемі. Число каскадів дорівнює 2, для величини втрат L = 0,2 дБ.

Наступним етапом розробки є визначення геометричних і енергетичних параметрів синхронізуючого генератора на лавинно-пролітних діодах та перспективи використання резонатора прохідного типу в єдиній конструкції з генератором.

© Сілі І. І.

Ключові слова **– генератор НВЧ, лавинно-пролітний діод, НВЧ випромінювання, імпульсний генератор, суматор, потужність випромінювання**

Постановка проблеми. Створення сучасних напівпровідникових джерел потужності в діапазоні НВЧ для впливу на шкідників картоплі в рослинному шарі має базуватися на застосуванні нових напівпровідникових матеріалів і їх композицій, впровадженню нових фізичних принципів для побудови активних елементів, розробці та застосуванні прецизійних технологічних операцій і обладнання, що забезпечують субмікронні розміри елементів напівпровідникових структур, високу надійність з'єднань активних елементів і ланцюгів НВЧ, контроль параметрів і характеристик в процесі експлуатації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В даний час питання оптимальної побудови напівпровідникових джерел потужності в діапазоні НВЧ розглядаються в основному в періодичній літературі. Фактично відсутня навчальна або монографічна література, в якій систематично, з урахуванням нових класів напівпровідникових приладів, розглядаються питання розрахунку і конструювання напівпровідникових джерел потужності в міліметровому діапазоні хвиль.

Лавинно-пролітний діод (ЛПД або IMPATT-діод) - статичний прилад, який широко використовують для генерації і посилення електромагнітних коливань НВЧ діапазону. Відомо, що в основі механізму його роботи лежить ефект динамічної негативної провідності, що виникає при керованому лавинному пробої, викликаному ударною іонізацією в напівпровідниковому кристалі з обернено-зміщеним *p-n* переходом. Основними факторами, що сприяли бурхливому розвитку ЛПД в діапазоні НВЧ, стали - висока надійність і стійкість до зовнішніх експлуатаційних впливів, а також можливість істотного зменшення масо-габаритних параметрів напівпровідникової апаратури. Фактично, діод є єдиною конструкцією, що включає активний напівпровідниковий прилад і електродинамічну систему, з якою з'єднаний активний елемент. Оптимізація конструкції, схеми побудови і вибір режимів роботи джерела потужності для досягнення необхідних вихідних параметрів вимагає визначення характеристик напівпровідникових приладів і НВЧ ланцюгів, в результаті якого максимально реалізуються можливості активних елементів [1].

В даний час існують роботи [2, 3, 4], в яких розглядаються методи розрахунку електродинамічних систем для підсумовування потужності діодів в загальній резонатора системі з роботою кожного діода в режимі

максимальної потужності. Однак в більшості робіт недостатньо приділено уваги теорії аналізу синхронізуючого генератора, частота якого стабілізована резонатором.

Слід зауважити, що важливим фактором для використання потужних імпульсних генераторів ЛПД в НВЧ схемах є врахування особливостей теплового режиму діодів. Для того щоб уникнути перегріву діодів в імпульсному режимі, необхідно мати тривалість імпульсу вхідної потужності менше часу теплової релаксації мезаструктур [5].

Оскільки для даного методу потрібен потужний імпульсний генератор ЛПД міліметрового діапазону довжин хвиль з вихідною НВЧ потужністю, що перевищує 20 Вт, з'ясування умов його перегріву в залежності від тривалості імпульсу буде також актуальним завданням. Достатньо істотним при цьому є також дослідження фізико-хімічних процесів, що виникають в омічних контактах, і їх стійкості до теплових перегрівів, так як багато в чому саме вони визначають катастрофічні відмови ЛПД у виготовлених виробах.

Формулювання цілей статті. Проаналізувати можливість та ефективність застосування генераторів імпульсної дії на лавино-пролітних діодах як нового методу знищення шкідників картоплі, розрахувати параметри генератора та скласти схему каскадного підсумовування потужності генераторів для досягнення необхідної потужності випромінювання міліметрового діапазону.

Виклад основного матеріалу. Проведений аналіз в [6, 7, 8] показав, що для знищення колорадського жука в рослинному шарі картоплі необхідні імпульсні генератори з параметрами:

- частота $f = 20$ ГГц;
- імпульсна вихідна потужність $P_{вих} = 600$ Вт;
- тривалість імпульсу $\tau_и \le 1 \cdot 10^{-6}$ с;
- шпаруватість імпульсу $Q = \frac{T}{\tau_и} = 160$;
- відносна нестабільність частоти $10^{-6}…10^{-7}$.

Для виконання вимог, щодо вихідної потужності, в генераторах слід застосовувати розгалужену систему суми потужності представленій на рисунку 1.

Вихідна потужність знаходиться за основними параметрами, які визначають ефективність каскадного підсумовування потужності діодів: тип і кількість діодів; ККД підсумовування потужності; число каскадів розгалуженого суматора.

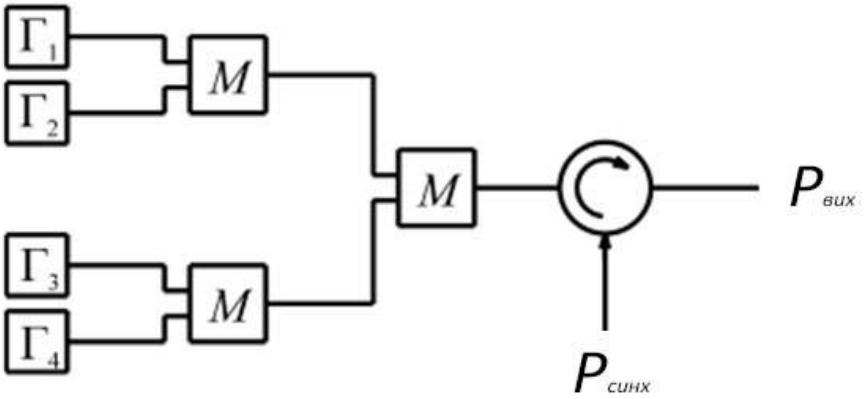


Рис.1. Розгалужена схема каскадного підсумовування потужності генераторів

Число діодів суматора визначимо з виразу

$$N = \frac{P_{вих}}{\eta_{\Sigma} \cdot P_i}, \quad (1)$$

де $P_{вих}$ – необхідна імпульсна потужність на виході суматора;

N - число діодів;

P_i – номінальна імпульсна потужність діода;

η_{Σ} - коефіцієнт корисної дії суматора.

Число каскадів розгалуженого суматора потужності знаходимо з рівняння

$$Рвв = P_i \cdot 2 \cdot L, \quad (2)$$

де k – число каскадів розгалуженого суматора;

L – втрати на одному суматорі.

Число діодів в одному каскаді буде визначатися рівнянням:

$$n = \frac{N}{k}, \quad (3)$$

Експериментальні розробки розгалужених суматорів потужності виявили їх основні особливості [6]:

- найефективніше дані суматори використовуються в режимі зовнішньої синхронізації;

- ККД підсумовування зменшується при збільшенні числа каскадів.

У зв'язку з цим, для досягнення високих рівнів потужності і ККД джерел НВЧ випромінювання, великий сенс набуває поєднання методів

каскадного підсумовування діодів в єдиній електродинамічної системі з методами підсумовування в розгалужених системах. Такі суматори ефективні в режимі зовнішньої синхронізації при максимальній щільності розміщення діодів, мінімальних габаритах, допустимому тепловому режиму [6, 9].

Основне призначення синхронізованих генераторів – отримання високостабільних коливань в робочому діапазоні, які мало залежать від впливу дестабілізуючих зовнішніх факторів. Стабільність частоти генераторів визначається сукупністю факторів: шумовими процесами за рахунок флуктуацій носіїв заряду, зміною напруги живлення і температури навколишнього середовища, впливом зовнішніх кіл, зокрема навантаження, процесами старіння пасивних елементів схеми генератора.

У синхронізованих генераторах висока стабільність частоти коливань досягається шляхом синхронізації коливань автогенератора зовнішнім сигналом з малою нестабільністю частоти і зниженим рівнем шумів. У режимі синхронізації смуга синхронізації $\Delta f_{синх}$ (смуга захоплення частоти автоколивань частотою коливань зовнішнього сигналу) обмежена і залежить від потужності синхронізуючого сигналу $P_{синх}$, котра знаходиться з виразу наступним чином [9]:

$$P_{синх} = \frac{P_{вих}(1-\eta_{\Sigma})}{\eta_{\Sigma}}, \qquad (4)$$

де $P_{вих}$ – максимальне значення потужності на виході синхронізуючого каскаду;

$P_{синх}$ – синхронізуюча потужність.

Зазвичай потужність синхронізуючого сигналу у багато разів менше потужності автогенератора. Власна частота коливань автогенератора f і частота зовнішнього сигналу $f_{синх}$ можуть мати близькі значення ($f \approx f_{синх}$) або перебувати в кратному співвідношенні $f = n \cdot f_{синх}$, де n =1,2,3,…

Створення потужних джерел імпульсного випромінювання обумовлена наявністю відповідних напівпровідникових приладів і схем підсумовування. Таким чином, при поєднанні методів каскадного підсумовування діодів в єдиній системі резонатора з методами підсумовування в розгалужених системах вирішується актуальне завдання підвищення рівня потужності, надійності і стійкості імпульсних напівпровідникових генераторів НВЧ діапазону [10].

Можливості створення потужних джерел імпульсного випромінювання залежать від вибору відповідних напівпровідникових

приладів і схеми підсумовування. На основі отриманих раніше даних вибираємо корпусні *GaAs* ЛПД типу 3А762А з параметрами: діапазон частот 20 ГГц; імпульсна потужність $P_i = 60$ Вт; імпульсний струм $I_i =$ 25 А; імпульсна напруга $U_i = 50$ В; $Q \geq 160$, ККД = 4%; параметри корпусу: $C_k = 0,3$пФ, $L_k = 0,4$нГн, $C = 0,25$пФ, $R_s = 0,5$ Ом.

Потужність, споживана ЛПД:

$$P_0 = I_i U_i, \quad (5)$$

$$P_0 = 25 \cdot 50 = 1250 \text{ Вт}.$$

Електронний ККД діода:

$$\eta_1 = P_i / P_0, \quad (6)$$

$$\eta_1 = 60/1250 = 0,048.$$

Повний електронний ККД одно-діодного генератора.

$$\eta = \eta_1 \eta, \quad (7)$$

$$\eta = 0,048 \cdot 0,7 = 0,035.$$

Визначимо число діодів, необхідних для отримання на виході суматора потужності $P_{вих} = 600$ Вт, приймаючи $\eta_\Sigma = 0,8$ і отримуємо

$$N \geq P_{вых} / \eta_\Sigma \cdot P_i, \quad (8)$$

$$N \geq 600 / 0,8 \cdot 60 = 12,5.$$

Вибираємо $N = 12$.

Результати чисельного аналізу показали, що забезпечити вимоги, що пред'являються до імпульсних джерел міліметрового діапазону довжин хвиль з вихідною потужністю 300 Вт, можливо на основі однокаскадного підсумовування потужності ($N = 6$) в циліндричному резонаторі. Для отримання на виході багатодіодного ($N = 12$) імпульсного ЛПД сумарної потужності $P_{вих} = 600$ Вт використовуємо двокаскадну схему підсумовування в загальній розгалуженій схемі. Число каскадів дорівнює 2, для величини втрат $L = 0,2$ дБ.

Структурна розгалужена система підсумовування потужності каскадних суматорів ЛПД представлена на рисунку 2.

Аналіз показав, що основною причиною, що приводить до істотних змін синхронного режиму генераторів, є ефекти взаємної синхронізації безперервного синхронізуючого і імпульсного, який потрібно синхронізувати генераторів при слабкій розв'язці між ними. Тому рівень необхідної розв'язки між каскадами повинен бути не менше 40 дБ.

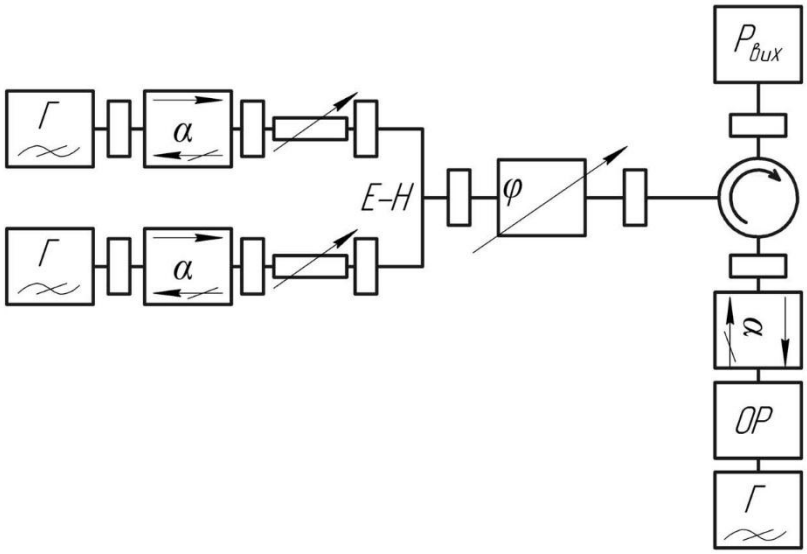


Рис. 2. Структурна розгалужена система підсумовування потужності каскадних суматорів ЛПД в режимі синхронізації зовнішнім сигналом

При розробці суматора потужності доречно використовувати стандартні хвильові елементи (рис. 3): феритові вентилі, циркулятори, атенюатори, фазообертачі, трійники.

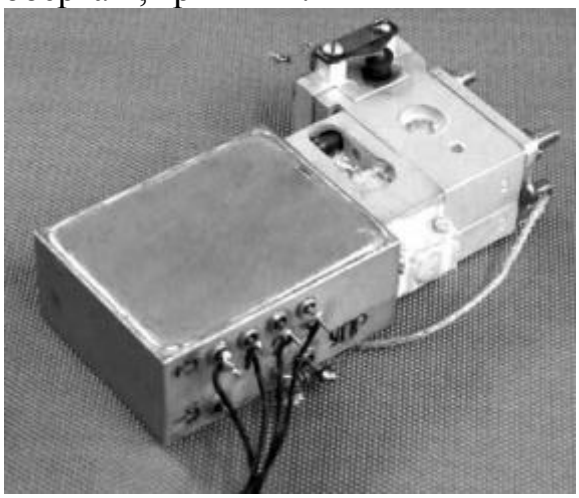


Рис.3. Макет генератора на ЛПД в режимі синхронізації зовнішнім сигналом

Висновки. В результаті проведеного аналізу в статті запропоновано використовувати в якості джерела потужного міліметрового випромінювання для знищення шкідників у рослинному шарі картоплі двокаскадну систему генераторів на дванадцяти корпусних лавинно-пролітних діодах *GaAs* типу 3А762А з наступними параметрами: потужність P=600 Вт, тривалість радіоімпульсу $t=10^{-6}$ с, шпаруватість Q=160, частота заповнення радіоімпульсів f=20 ГГц.

Визначено, що для досягнення високої стабільності частоти

коливань, слід використовувати синхронізацію коливань автогенератора зовнішнім сигналом синхронізованого генератора з малою нестабільністю частоти і зниженим рівнем шумів. В режимі зовнішньої синхронізації суматори найбільш ефективні при максимальній щільності розміщення діодів, мінімальних габаритах та допустимому тепловому режиму.

Наступним етапом розробки є визначення геометричних і енергетичних параметрів синхронізуючого генератора на лавинно-пролітних діодах та перспективи використання резонатора прохідного типу в єдиній конструкції з генератором.

Список літератури

1. *Касаткин Л. В.* Полупроводниковые устройства диапазона миллиметровых волн / *Л. В. Касаткин, В. Е. Чайка.* – Севастополь: Вебер, 2006. – 319 с.

2. *Макри Д. И.* Исследования нетепловых резонансных эффектов мм-излучения как начало новой биофизики / *Д. И. Макри* // ТИИЭР, 1980. – Т. 68, № 1. – С. 40 – 48.

3. *Zhang W.* S-parameter based device-level C-V measurement of p-i-n single-drift IMPATT diode for millimeter-wave applications / *W. Zhang, M. Oehme, K. Kostecki.* // IEEE. – 2016. – С. 53–65.

4. *Midford T. A.* Millimeter wave CW IMPATT diodes and oscillators / *T. A. Midford, R. L. Bernick.* // IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques. – 1979. – С. 483–492.

5. *Губанов В. П.* Генерация мощных наносекундных импульсов электромагнитного излучения / *В. П. Губанов, С.Д. Коровин, И. В. Пегель* // Письма в ЖТФ. – 1994. – Т. 20, № 14. – С. 89 – 93.

6. *Сілі І. І.* Енергоінформаційна радіоімпульсна біотехнологія і електронні системи знищення шкідників картоплі : дис. канд. техн. наук : 05.11.17 / *Іван Іванович Сілі*– Харків, 2015. – 159 с.

7. *Сили И. И.* Теоретический анализ процесса взаимодействия радиоимпульсов с колорадскими жуками в растительной среде картофеля / *Иван Иванович Сили.* // Технологический аудит и резервы производства. – 2015. – №4. – С. 55–59.

8. *Сілі І. І.* Визначення параметрів електродинамічної моделі рослинного середовища картоплі з колорадським жуком / *Іван Іванович Сілі.* // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка та енергетика АПК. – 2016. – №242. – С. 256–261.

9. *Сили И. И.* Применение информационно-энергетических излучений для угнетения репродуктивной способности колорадского

жука / *Иван Иванович Сили*. // Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. – Харків: ХНТУСГ ім. П. Василенка. – 2015. – С. 47–49.

10. *Сили И. И.* Параметры и стабильность частоты диодного генератора с резонатором проходного типа / *И. И. Сили, А. Д. Черенков.* // Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут». – 2015. – №9. – С. 53–59.

ПАРАМЕТРЫ ИМПУЛЬСНОГО ГЕНЕРАТОРА НА ЛАВИННО-ПРОЛЕТНЫХ ДИОДАХ ДЛЯ УНИЧТОЖЕНИЯ ВРЕДИТЕЛЕЙ КАРТОФЕЛЯ

И. И. Сили

Аннотация **-** статья посвящена актуальной проблеме современности - поиск новых современных методов борьбы с колорадским жуком и сохранение урожайности посевов картофеля. В статье предложено использование нового инновационного электромагнитного метода уничтожения вредителей на основе генераторов СВЧ излучения на лавинно-пролетных диодах, приведены результаты расчета генератора импульсного действия миллиметрового диапазона, который формирует импульсы заданной длительности с необходимым уровнем мощности.

Создание современных полупроводниковых источников мощности в диапазоне СВЧ для воздействия на вредителей картофеля в растительном слое должно базироваться на применении новых полупроводниковых материалов и их композиций, внедрению новых физических принципов для построения активных элементов, разработке и применении прецизионных технологических операций и оборудования, обеспечивающих субмикронные размеры элементов полупроводниковых структур, высокую надежность соединений активных элементов и цепей СВЧ, контроль параметров и характеристик в процессе эксплуатации.

Возможности создания мощных источников импульсного излучения зависят от наличия соответствующих полупроводниковых приборов и схемы суммирования.

На основе полученных ранее данных выбираем корпусной GaAs ЛПД типа 3А762А с параметрами: диапазон частот 20 ГГц; импульсная мощность $\boldsymbol{P_i}$ = 60 Вт; импульсный ток $\boldsymbol{I_i}$ = 25 А; импульсное напряжение $\boldsymbol{U_i}$ = 50 В; Q ≥ 160, КПД = 4%; параметры корпуса: $\boldsymbol{C_к}$ = 0,3 пФ, $\boldsymbol{L_к}$ = 0,4 нГн, С = 0,25 пФ, $\boldsymbol{R_s}$ = 0,5 Ом.

Результаты численного анализа показали, что обеспечить требования, предъявляемые к импульсным источникам миллиметрового диапазона длин волн с выходной мощностью 300 Вт, возможно на основе однокаскадного суммирования мощности (N = 6) в цилиндрическом резонаторе. Для получения на выходе многодиодного (N = 12) импульсного ЛПД суммарной мощности $P_{вых}$=600 Вт используем двухкаскадного схему суммирования в общей разветвленной схеме. Число каскадов равно 2, для величины потерь L = 0,2 дБ.

Следующим этапом разработки является определение геометрических и энергетических параметров синхронизирующего генератора на лавинно-

пролетных диодах и перспективы использования резонатора проходного типа в единой конструкции с генератором.

Ключевые слова: генератор СВЧ, лавинно-пролетный диод, СВЧ излучение, импульсный генератор, сумматор, мощность излучения

PARAMETERS OF THE IMPULSE GENERATOR BASED ON IMPATT DIODES FOR THE POTATO`S PESTS EXTERMINATION PURPOSE

I. Sili

Summary

The article is devoted to the main problem of the present times - the search for the new modern methods to combat with the Colorado beetle and to preserve the productivity of potato crops. The article proposes the usage of a new innovative electromagnetic method to exterminate potato`s pests based on microwave radiation generators with IMPATT diodes inside. The results of the calculation the impulsive impact generator of the millimeter range, which generates impulses of a given duration with the required power level were showed.

Creation of modern semiconductor power sources in the microwave range for the potato pests extermination in the plant layer should be based on the usage of new semiconductor materials and their compositions, the introduction of new physical principles for the construction of active elements, the development and application of precision technological operations and equipment that provide sub-micron sizes of elements semiconductor structures, high reliability of active elements connections and microwave chains, control of parameters and characteristics in the exploitation process.

Possibilities of creation powerful pulsed radiation sources depend on the availability of appropriate semiconductor devices and the scheme of summation.

Based on previous calculation we choose GaAs 3A762A type of IMPATT diodes with next parameters: the frequency range is 20 GHz; pulse power is P_i=60 W; pulse current is I_i=25 A; pulse voltage is U_i= 50 V; Q≥160, Efficiency = 4%; housing parameters: c_k=0,3 pF, L_k=0,4 nH, C=0.25 pF, R_s= 0.5 Ohm.

The results of analysis showed to provide the requirements for pulsed sources of millimeter wavelength range with a power output of 300 Watts is possible on the basis of a single-cascade power summation (N = 6) in a cylindrical resonator. To get an output multi-diode (N = 12) IMPATT generator of total output power P_{out} = 600 Watts, we use a two-stage summation scheme in the general circuit. The number of cascades is 2, for the loss value L = 0,2 dB.

The next stage of development is the determination of the geometrical and energy parameters of the synchronize generator based on IMPATT diodes and the prospect of usage a passage-type resonator in a same single design with a generator.

Keywords: microwave ge***nera***tor, IMPATT diode, ultra-high frequency UHF radiation, pulse generator, an adder, radiation power.

УДК 004.04 DOI: 10.31388/2220-8674-2018-2-42

МЕТОД ОБРОБКИ ДАНИХ В УМОВАХ СКЛАДНОГО ШУМОВОГО ОТОЧЕННЯ

Вовк С. М., к.ф.-м.н.
Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара,
e-mail: vovk_s_m@ukr.net
Гнатушенко В. В., д.т.н.
Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара,
e-mail: vvgnat@ukr.net

Анотація – запропоновано метод обробки даних в умовах складного шумового оточення, який ґрунтується на методі узагальненої максимальної правдоподібності та «супермножині» вартісних функцій. Ідея методу полягає в налаштуванні процесу обробки даних на поточне шумове оточення шляхом встановлення значень трьох вільних параметрів, пов'язаних з масштабом, важкістю «хвостів» й формою закону розподілу шуму, а також з фактом наявності аномальних значень. У загальному випадку запропонований метод вимагає рішення задачі оптимізації з неунімодальною цільовою функцією та пошуку відповідного локального мінімуму. Представлені результати порівняння ефективності запропонованого методу з методами арифметичного усереднення, медіанної, міріадної та меридіанної фільтрацій.

Ключові слова **- обробка даних, шумове оточення, робастні методи.**

Постановка проблеми. Актуальність обробки даних в умовах складного шумового оточення, обумовленого «забрудненнями» невідомої статистичної природи і, зокрема, аномальними значеннями, визначається різноманіттям моделей даних, шумів та аномалій [1]. Традиційний підхід до обробки даних в зазначених умовах заснований на методі М-оцінювання [2]. В його рамках звичайно виникає проблема вибору вартісної функції, яка має забезпечувати найкраще рішення для поточного шумового оточення й заданої моделі даних. На практиці рішення цієї проблеми ускладнюється через необхідність здійснювати такий вибір серед великої кількості відомих вартісних функцій, багато з яких є дуже схожими одна на одну (наприклад, такими є вартісні функції Тьюкі [2], Хампеля [3], Ендрюса [4] і Мєшалкіна [5]). Для усунення цього недоліку пропонується використати «супермножину» вартісних функцій [6], яка надає можливість генерувати різні вартісні функції з широким діапазоном їх властивостей шляхом встановлення відповідних значень її трьох вільних параметрів. В цьому випадку використання методу

© Вовк С. М., Гнатушенко В. В.

узагальненої максимальної правдоподібності [2] та «супермножини» вартісних функцій з відповідним механізмом їх перетворень [7] призводить до побудови методу, який дозволяє оптимально налаштовувати обробку даних як на шум апріорно відомої статистичної природи з законами узагальнених розподілів Гаусса або Коші, так і на шум з «забрудненнями» невідомої статистичної природи. В останньому випадку налаштування здійснюється методом навчання.

Аналіз попередніх досліджень. Класичні методи обробки даних побудовані на використанні повного статистичного опису даних. Ці методи ґрунтуються на критерії максимуму правдоподібності, в якому функцією правдоподібності є функція спільної щільності імовірності випадкових значень [8]. Відомими результатами цього підходу є методи найменших квадратів та найменших модулів, які отримуються за умови, що випадкові значення є незалежними та ідентично розподіленими за законами Гаусса та Лапласа, відповідно [9]. Останніми досягненнями цього класичного підходу є методи міріадної [10] та меридіанної [8] фільтрації, які отримуються за умови, що випадкові значення є незалежними та ідентично розподіленими за законами Коші та «меридіанним» (або «гостровершинним») законом розподілу, відповідно.

Робастні методи обробки даних побудовані на припущенні неповного статистичного опису даних. Вони призначені для рішення задач в умовах «забрудненого» шуму та ґрунтуються на застосуванні критерію максимуму узагальненої функції правдоподібності, причому ця функція може й не мати імовірнісного трактування [3]. З цієї причини відповідні методи називають методами побудови оцінок «типу максимальної правдоподібності», або скорочено – методами M-оцінювання [2]. Їх основою є вибір відповідної вартісної функції, яка має відповідати поточному шумовому оточенню та моделі даних. В умовах наявності аномальних значень вартісні функції мають відповідати умові B-робастності, коли супремум абсолютного значення функції впливу є обмеженим, та мати скінченне значення точки видалення (англ. rejection point), яка вказує на значення, починаючи з якого забруднення не буде впливати на отримуваний результат [3]. Основними вартісними функціями, які використовуються для цього, є вартісні функції Тьюкі [2], Хампеля [3], Ендрюса [4], Мєшалкіна [5], Демиденка [11] (ця функція також була запропонована в [12]), Гонсалеса-Арса [10] і Аясала-Барнера [8]. Кожна з цих функцій володіє зазначеними вище властивостями та може здійснювати обробку аномальних значень, причому дві останні з них налаштовані на шумове оточення імпульсного типу.

Об'єднання низки вартісних функцій в єдину «супермножину» [6] і побудова відповідного механізму їх перетворень [7] дозволяє одночасно усунути «надмірність» схожих вартісних функцій і забезпечити широкий діапазон можливих рішень, включаючи в якості їх граничних випадків моду, медіану, середнє арифметичне значення, «міріадне» значення і «меридіанне» значення. Можливість побудови «супермножини» визначається відомими формальними перетвореннями функцій (наприклад, перетворення функції Лоренца-Моффата в функцію Гаусса [13]), а також їх асимптотичною поведінкою. Корисність побудови такої супермножини обумовлена можливістю виконувати налаштування методу обробки на невідомий шум та/або перешкоду.

Формулювання цілей статті. Метою даної роботи є розробка методу обробки даних, який грунтується на методі узагальненої максимальної правдоподібності й «супермножині» вартісних функцій та який призначений для обробки даних в умовах складного шумового оточення.

Основна частина. Узвичаєним методом обробки даних, спотворених «брудним» шумом, є метод М-оцінювання [2]. Далі будемо використовувати модель даних у вигляді константи, що в статистичному сенсі призводить до необхідності рішення задачі оцінювання параметра зсуву θ елементів даних x_i; $i=1,...,N$. В рамках методу М-оцінювання ця задача має вигляд [2]:

$$\min_{\theta}[\sum_{i=1}^{N}\psi(x_i-\theta)], \qquad (1)$$

де $\psi(x)$ є заданою вартісною функцією [8], яку також називають функцією втрат або ваговою функцією [11]. Зауважимо, що позначення $\psi(x)$ взяте з [11] і відповідає позначенню $\rho(x)$ в [14]. З (1) видно, що вартісна функція формує цільову функцію задачі мінімізації.

Метод обробки даних, який пропонується, ґрунтується на виборі вартісної функції $\psi(x)$ з супермножини вартісних функцій, котра визначається формулою [6]:

$$\psi_S^{(\alpha,\beta,q)}(x)=k_S^{(\alpha,\beta,q)}[(1+|x/\alpha|^q)^{\beta/q}-1]; \quad -\infty<\beta\le 1, \qquad (2)$$

де $0<q<\infty$; $\beta<q$; $k_S^{(\alpha,\beta,q)}=1/[(1+|x_1/\alpha|^q)^{\beta/q}-1]$, $\psi_S^{(\alpha,\beta,q)}(x_1)=1$ і $x_1=1$. З (2) можна отримати, що супермножина включає велику кількість множин вартісних функцій, у складі яких є квадратична та

модульна вартісні функції, псевдо-Хьюберівська вартісна функція, вартісні функції Аясала-Барнера, Гонсалеса-Арса, Демиденка тощо [7]. Супермножина (2) може бути модифікована шляхом вирівнювання поведінки вартісних функцій в околиці нуля, що розширює діапазон вартісних функцій шляхом включення в нього узагальнених функцій Мєшалкіна [7]. Тоді виходячи з (1) та (2), для дискретного випадку пропонуємий метод полягає у рішенні задачі:

$$\min_{\theta}[\sum_{i=1}^{N}\psi_S^{(\alpha,\beta,q)}(x_i-\theta)]=\min_{\theta}\left\{k_S^{(\alpha,\beta,q)}\sum_{i=1}^{N}\left[\left(1+\left|\frac{x_i-\theta}{\alpha}\right|^q\right)^{\beta/q}-1\right]\right\}, \qquad (3)$$

де значення вільних параметрів α, β та q повинні бути налаштованими на поточне шумове оточення. У загальному вигляді обробка послідовності даних на основі (3) полягає у використанні вікна, яке ковзає послідовністю даних та виробляє вихідні значення.

В табл.1 наведені результати рішення задачі оцінювання параметра зсуву оброблюваних даних запропонованим методом та іншими відомими методами для різних прикладів складного шумового оточення. Ці результати були отримані шляхом числового моделювання спотвореного фрагмента постійної функції, яка дорівнювала одиниці, де довжина фрагмента даних складала 101 дискретний відлік, а спотворення накладалися адитивно.

Табл.1 має наступну будову та позначення. Ліворуч у вертикальному стовпчику вказані імена методів обробки, які застосовувались. У верхньому рядку номерами позначені шість варіантів шумового оточення, які розглядалися. В комірках таблиці вказані значення середньоквадратичної помилки, яка обчислювалась за формулою: $\varepsilon=\sqrt{\frac{1}{J}\sum_{j=1}^{J}|\theta_j-\theta^*|^2}$, де $J=100$ є кількість випадкових реалізацій заданого оточення, $\theta^*=1$ та θ_j позначає j–ту отриману оцінку для θ^*. При цьому для етапів навчання та обробки після значення середньоквадратичної помилки вказані найкращі з отриманих значень вільних параметрів та використаний інтервал пошуку значення параметра зсуву θ.

Таблиця 1

Середньоквадратична помилка для 100 реалізацій

метод обробки	номер прикладу шумового оточення					
	1	2	3	4	5	6
mean	0,371	0,492	0,827	2,216	0,962	1,332
median	0,265	0,229	1,060	0,296	0,282	0,971
myriad training (β=0, q=2)	0,115 $\alpha=10^{-6}$ 0…2	0,081 $\alpha=10^{-3}$ 0…2	0,029 α=0,01 0…2	0,143 $\alpha=10^{-3}$ 0…2	0,085 $\alpha=10^{-4}$ 0…2	0,033 α=0,01 0…2
meridian training (β=0, q=1)	0,115 $\alpha=10^{-6}$ 0…2	0,081 $\alpha=10^{-4}$ 0…2	0,029 α=0,01 0…2	0,145 $\alpha=10^{-3}$ 0…2	0,085 $\alpha=10^{-4}$ 0…2	0,035 α=0,01 0…2
proposed method, training	0,083 α=0,1 β= -16 q=10 0…2	0,048 α=0,1 β= -16 q=10 0…2	0,016 α=0,1 β= -16 q=2 0…2	0,100 α=0,01 β= -16 q=1 0…2	0,054 α=0,01 β= -16 q=1,5 0…2	0,021 α=0,1 β= -4 q=2 0…2
myriad processing	0,108	0,074	0,032	0,154	0,093	0,032
meridian processing	0,109	0,075	0,031	0,154	0,093	0,035
proposed method, processing	0,085	0,062	0,016	0,109	0,072	0,023

Номери варіантів шумового оточення мають наступний сенс. Номер 1 позначає суму гауссівського шуму та завади у вигляді широкого гауссівського імпульсу одиничної амплітуди з рівномірно розподіленим в інтервалі від 30 до 60 дискретних відліків положенням його максимуму та півшириною, яка дорівнює протяжності 15 дискретних відліків. Номер 2 позначає суму гауссівського шуму та завади у вигляді послідовності вузьких додатних гауссівських імпульсів, в яких амплітуда, місцезнаходження та півширина розподілені за рівномірним законом в інтервалах [0, 2], [1, 101] та [0, 2], відповідно. Номер 3 позначає суму гауссівського шуму та завади у вигляді низки викидів з імовірністю їх появи p=0,56 та рівномірним законом розподілу амплітуд в інтервалі [2, 3]. Номери 4, 5 та 6

позначають суму шуму Коші з тими ж самими видами завад, які відповідають номерам 1, 2 та 3.

Методи обробки мають такі умовні назви: mean – метод обчислення арифметичного середнього значення; median – метод обчислення медіанного значення; myriad training – метод обчислення міріадного значення на етапі навчання; meridian training – метод обчислення меридіанного значення на етапі навчання; proposed method, training – запропонований метод на етапі навчання; myriad processing – метод обчислення міріадного значення на основі результатів навчання; meridian processing – метод обчислення меридіанного значення на основі результатів навчання; proposed method, processing – запропонований метод на основі результатів навчання. Під час моделювання етап навчання (training) відрізнявся від етапу обробки (processing) різним початковим значенням датчика випадкових чисел перед формуванням того чи іншого шумового оточення та випадкової завади. Крім того, на етапі навчання виконувався пошук найкращих значень вільних параметрів, які потім використовувались на етапі обробки.

В табл.1 доцільно звернути увагу на те, що значення помилок, які отримані для методів myriad, meridian та proposed на етапі обробки, мають той самий порядок малості, що й значення помилок, які отримані для них на етапі навчання. Крім того, з табл.1 видно, що для перших двох комбінацій метод proposed навчається певній «інтервальній» фільтрації, де параметр згладжування α збігається з параметром масштабу шуму, а значення параметрів $\beta = -16$ та $q = 10$ відповідають вартісній функції, яка за формою є близькою до форми «прямокутної ями». Для третьої комбінації метод proposed навчається фільтрації Мєшалкіна, про що кажуть значення $\beta = -16$, $q = 2$ й $q = 2{,}5$. Нагадаємо, що ці перші три комбінації шуму та завади пов’язані з шумом Гаусса. Для наступних трьох комбінацій шуму та завади, які пов’язані з шумом Коші, налаштування вільних параметрів методу proposed також приводить до гарних результатів. Так, його використання дає приблизно в півтора рази кращий результат, ніж результат налаштування методів myriad та meridian, а також в три, в чотири та в сорок два рази кращий результат, ніж медіанна фільтрація, коли вона застосовується до комбінації шуму Коші з широким гауссівським імпульсом, з низкою вузьких гауссівських імпульсів та з викидами значень (номери 4, 5 та 6, відповідно). Найбільш значущими тут можна вважати результати обробки комбінацій шуму Гаусса та шуму Коші з викидами (номери 3 та 6, відповідно). Оскільки при цьому кількість викидів перевищувала половину кількості елементів даних (бо імовірність появи викидів дорівнювала 0,56), то метод

медіанної фільтрації в якості рішення кожен раз давав значення одного з цих викидів та, відповідно, давав велику помилку. З табл.1 також видно, що налаштування методу proposed для випадку комбінації шуму Коші з викидами (номер 6) привело не до методу міріадної фільтрації, а до методу фільтрації на основі узагальненої вартісної функції Демиденко [7] з параметрами $\alpha = 0{,}1$, $\beta = -4$ та $q = 2$. В цілому можна зазначити, що налаштування вільних параметрів методу proposed забезпечує найкращі результати.

Висновки. Запропонований метод може бути використаний для обробки даних в умовах складного шумового оточення шляхом налаштування його вільних параметрів. Якщо шумове оточення є простим та має відомі статистичні характеристики, то запропонований метод приводить до відповідних для них оптимальних оцінок. Якщо шумове оточення є складним й не має повного статистичного опису, то запропонований метод дозволяє отримувати оцінки, які є більш ефективними у порівнянні з оцінками методів арифметичного усереднення, медіанної, міріадної та меридіанної фільтрацій.

Література

1. Chandola, V., Banerjee, A., & Kumar, V. (2009). Anomaly detection: A survey. *ACM Computing Surveys*, *41*(3), 15-58.
2. Huber, P., & Ronchetti, E. M. (2009). *Robust statistics*. 2nd ed. Hoboken: Wiley. doi: 10.1002/9780470434697.
3. Робастность в статистике. Подход на основе функций влияния / Ф. Хампель. – М.: Мир, 1989. – 512 с.
4. Andrews, D. F., Bickel, P. J., Hampel, F. R., Huber, P. J., Rogers,W. H., & Tukey, J.W. (1972). *Robust Estimates of Location*. Princeton Univ. Press, Princeton.
5. Meshalkin, L. D. (1973). Some mathematical methods for the study of non-communicable diseases. *Uses of epidemiology in planning of health services. Proc. of the Sixth International Scientific Meeting,* (Primosten, August 29 –September 3, 1971), 250–256.
6. Borulko, V.F., & Vovk, S. M. (2016). Minimum-duration filtering. *Радіоелектроніка, інформатика, управління*, *1*, 7-14. doi: 10.15588/1607-3274-2016-1-1.
7. Vovk, S. M. (2016). General approach to building the methods of filtering based on the minimum duration principle. *Radioelectronics and Communications Systems*, *59*(7), 281-292. doi: 10.3103/S0735272716070013.
8. Aysal, T. C., & Barner, K. E. (2007). Meridian filtering for robust signal processing. *IEEE Trans. on Signal Processing*, *55*(8), 3949–3962.

9. Nadarajah, S. (2005). A generalized normal distribution. *Journal of Applied Statistics*, *32*(7), 685–694. doi: 10.1080/02664760500079464.
10. Gonzalez, J. G., & Arce, G. R. (2001). Optimality of the myriad filter in practical impulsive-noise environments. *IEEE Trans. on Signal Processing, 49*(2), 438–441. doi: 10.1109/78.902126.
11. Демиденко Е. З. Оптимизация и регрессия / Е. З. Демиденко. – М.: Наука. – 1989. – 296 с.
12. Вовк С. М. Метод минимума длительности для восстановления финитных сигналов / С. М. Вовк, В. Ф. Борулько // Методы представления и обработки случайных сигналов и полей: тезисы докладов Всесоюзной научно-технической конференции (Туапсе, 10-12 октября 1989 г.). – Харьков, 1989. – С. 98.
13. Trujillo, I., Aguerri, J.A.L., Cepa, J., Gutierrez, C.M. (2001). The effects of seeing on Sersic profiles – II. The Moffat PSF. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, *328*(3), 977–985.
14. Huber, P. J. (1984). Finite sample breakdown of M- and P-estimators. *The Annals of Statistics*, *12*(1), 119-126.

МЕТОД ОБРАБОТКИ ДАННЫХ В УСЛОВИЯХ СЛОЖНОГО ШУМОВОГО ОКРУЖЕНИЯ

Вовк С. М., Гнатушенко В. В.

Аннотация

Предложен метод обработки данных в условиях сложного шумового окружения, который базируется на методе обобщенной максимальной правдоподобности и «супермножестве» оценочных функций. Идея метода состоит в настраивании процесса обработки данных на поточное шумовое окружение путем определения значений трех свободных параметров, связанных с масштабом, тяжестью «хвостов» и формой закона распределения шума, а, так же, с фактом наличия аномальных значений. В общем случае предложеный метод требует решения задачи оптимизаци с неунимодальной целевой функцией и поиску соответствующего локального минимума. Представлены результаты сравнения эффективности предложенного метода с методами арифметического усреднения, медианной, мириадной и меридианной фильтраций.

DATA PROCESSING METHOD FOR COMPLEX NOISE ENVIRONMENT

S. Vovk, V. Hnatushenko

Summary

The use of the robust method of M-estimation to data processing under conditions of complex noise environment is complicated by the problem of choosing a cost function that should provide the best solution. To eliminate this shortcoming, it is proposed to use a "superset" of cost functions, which enables the generation of cost functions in a wide range of their properties by setting the corresponding values of three free parameters.

Objective. The purpose of this work is to develop a method of data processing, which is based on the method of generalized maximum likelihood and "superset" of cost functions and which is intended for data processing in conditions of complex noise environment.

Method. The proposed method of data processing under conditions of complex noise environment is based on the method of generalized maximum likelihood and "superset" of cost functions. The idea of the method is to tune the data processing onto the current noise environment by setting the values of three free parameters, which are related to the scale, the heaviness of tails and the form of noise distribution law, as well as the fact of the presence of abnormal values. In the general case, the proposed method requires a solution of the optimization problem with a non-unimodal objective function and finding the appropriate local minimum.

Results. The simulation of the problem of estimating the location parameter of the processed data for various examples of complex noise environment confirmed the performance of the proposed method.

The proposed method can be used to data processing under conditions of complex noise environment by adjusting its free parameters. If the noise environment is simple and has known statistical characteristics, the proposed method leads to the optimal estimates for them. If the noise environment is complex and does not have a complete statistical description, the proposed method allows to obtain estimates that are more effective than those of arithmetic averaging, median, myriad and meridian filtering.

Keywords: data processing, noise environment, robust methods.

УДК 515. 2 + 563. 3 DOI: 10.31388/2220-8674-2018-2-43

DATA PROCESSING OF TECHNOLOGICAL PROCESSES IN MECHANICAL ENGINEERING

Solomija Ljaskovska
Department of designing and operation of machines
Lviv Polytechnic National University
Lviv, Ukraine
solomiam@gmail.com
Тел/факс (032) 258-26-80

Abstract **-** during intensive process of industrial manufacturing engineers has to find new ways and services for creation of modern manufacturing equipment.The problem of setting the peculiarities of interconnections parameters of the multiparameter technological systems in mechanical engineering is set and solved in the work. The article describes the developed mathematical model of dependencies of input and output data for the technological system in the field of machine-engineering.The stages of data collection, analysis and processing of information for the creation of machine-building products are presented. The main result this is to take into account the peculiarities of the receipt information flows about the essence of the project of manufacturing the product of mechanical engineering.

Keywords **- input parameters, factor model, mechanical engineering, planning process, technological process.**

Introduction Planning of the production process is an important stage in modeling and implementation of products. It allows to optimize the work of multi-parameter technological systems. During planning process it is essential to create a detailed work breakdown structure before the product is presented to the customer.The current state of automation of modeling stages requires thorough planning, data processing and data management during mechanical engineering products manufacturing. Modern computer technologies contain a wide range of programs that allow to automate each stage [1]. Manufacturing starts from collecting of maximum amount of product or a series of products data that are going to be created [2]. One of the components of planning process is the process of data collection for the production part, design development and a graphical part that can be considered as part of the production process[3,4].These stages are included in the manufacturing process, which is described as a multi-parameter system.

The influence of many parameters on the technological process requires the construction of a conceptual clustered model, whichcontains

© Solomija Ljaskovska

determined relationships between all parameters and their impact on the model being created.

One of the key factors in the world of mechanical engineering is usage of the CAD/CAM/CAPP systems [4, 5], since such systems allow to plan certain steps in machine modeling and engineering. It is important to construct afactor model that establishes relationships between the parameters of the technological process of parts processing and also to represent the input data by means of CAPP systems.

In mechanical engeneering industry [6,7], when building relationships of different parts of the technological process it is very important to take into account specifics of technological process itself.

Problem Statement Analysis and research of multi-parameter technological systems requires the use of detailed algorithms that allow processing of input data and help to predict output data.The designer acts as a manager, combining two roles - a developer and a problem solver.
In the process of solving problems, he encounters many challenges, faces non-typical problems and still needs to make a decision for solvingtrivial orcomplex task. In manufacturing decision making and acting should be immediate and accurate to avoid resources utilization issues. For an engineer, the process of decision-making and problem-solvingcontains of following steps:

1. Identify the problem
2. Perform root cause analysis and collect relevant all data.
3. Create arelationship diagram of the parameters causing the problem.
4. Determine technical means for achieving the goal.
5. To choose a fast and optimal path for problem solving.

Related Works For a mechanical system it is important to research how to decrease it weight and guarantee best parameters in strength, stiffness, stability, load on structural elements. On initial design stage, a sufficient amount of input data. which ensures further design of technological equipment in analized. In the mechanical system the adjustments object is imfluenced by both stimulating and regulating actions. Control system controls numeric parameters and keeps them aligned with technological process requirements.One of the key components is organizing and planning of the manufacturing process, in particular, setting up of the engineering part in production, which is formed by multiple factors.

Let's determine keylife-cycle stages of machine-engineering products: processing the order, that is, data analysis, creation of 3D models, working drawings, compiling a mathematical model. As a result of data analysis, a technical task is formed, which determines the effectiveness of

further cooperation between the customer and the engineer. The next stage is the selection of methods and tools for project implementation, in particular, the selection of the CAD/CAE/CAM and CAPP systems, the DFMA methodology, which is effectively used for technical experiments to demonstrate to the team of designers the features of the product structure, reduce costs, improve and simplify the structure of production, eliminate inefficiencies in product design. Next is the process of manufacturing, selling a product or a series of products. Serial production of products begins after approval by the customer of the final version of the technical documentation. The manufacturer also makes technical specifications - a normative document that defines the requirements for the product, further support of production. Management and implementation stages includefollowing components: determine production conditions, provide appropriate technical equipment for employees of manufacturing line (turners, electricians, etc.), work with staff and customers, sales, analysis of products of competitor manufacturers, representation of the company on the market, waste management without harm to the environment. One of key components in the life cycle of a product is the stage of geometric modeling and processing of the part, executed in CAD/CAE/CAM environment. Let's analyze the process of designing machine equipmentand mechanisms by means of CAPP systems.

The first step is to create a sketch project, which in turn is a step of the process of geometric modeling of parts. Such systems allow users to control the process of creating the product, detect and promptly correct errors, create new and leverage existing databases. Qualitative improvement of constructions of mechanical engineering products - is the result of processexecution. Product construction parameters, such as characteristics of strength, durability, interchangeability, processability, simplicity of manufacture, etc. are key components of the developed conceptual model.

The listed features of such interaction are reflectedby implemented conceptual model of the organization of the engineering part in manufactuing (Fig. 1).

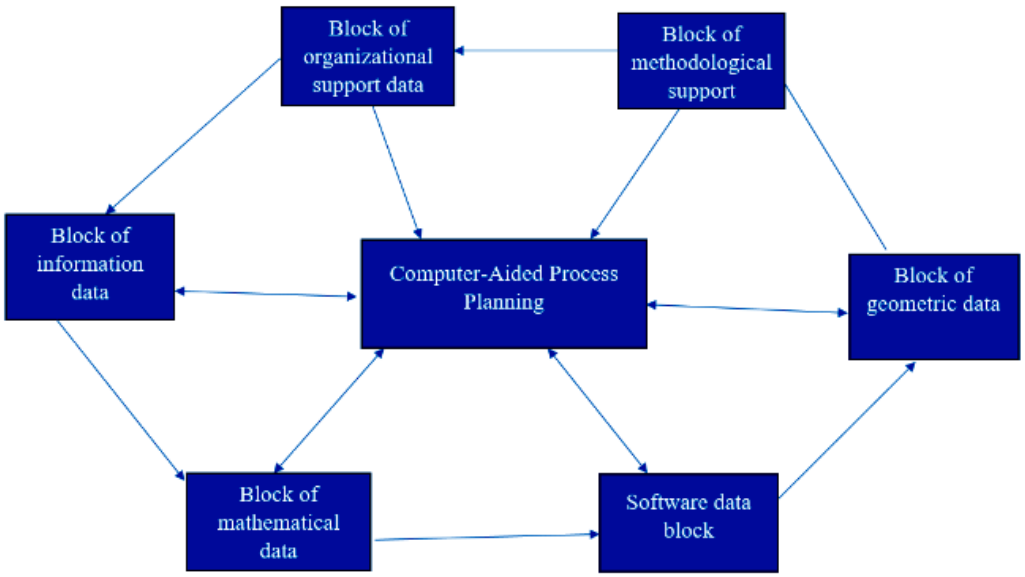


Figure1. Conceptual model of the organization of the engineering part in manufactuing

The proposed structure allows promptly to receive the optimal result of the work of CAPP systems, as it contains a full spectrum of functional nodes,neededby a technologist to ensure organization and further planning of the production process, such as: project metadata, results of data analysis contributing to the order, data processing and data flow, creation of databases.The block of mathematical data - is a mathematical model of the task, calculations, as well as relationships of input and output parameters of the investigated process of product manufacturing. The conceptual model provides relationships between data clusters for different types of CAD systems provisioning.In the "Information Data" block, project description and metadata, scientific research, analysis of order data, description of technical task implementation and process of creation of the database should be provided.Mathematical description blockcontains mathematical models and interconnections of various parameters of a technological object.The software package block contains executable applications, including CAD/CAE/CAM environment for building 3D models, as well as CAPP systems, allowingto create technological process of parts processing.The geometric modeling block is connected with product design, in particular via sketch design.The sketch designing stage contains visual model of a technical detail or equipment.This block consists of 2D- and 3D-modeling.Implemented model of the detail is imported into CAPP environment, where its processing is executed.The following block contains methodical support.At this stage product requirements and specifications are created including, but not limited to: technical documentation, environmental conditions, functional and non-functional requirements.These requirements should not contradict with industry

standards.The organizational support block contains contact information of developers and staff that support project life-cycle, as as the list of technical components that quarantee production process execution. A very important rolein implementation of production modelingapplications and machine-building products manufacturing -plays the creation of a data center for this cluster, which stores all project related data and metadata.Such data structure allows to increase the efficiency, performance and quality of data processing, as well as improve intercation with data interaction withinthe cluster.We compiled a factor mathematical model, *Mod*, which describes the relationships between the data parameters:

$$Mod = (Is, Gkom, Tn, Mid, Fop), \quad (1)$$

Is – is a set of input data,neededfor creation of project's technical specification;

Gkom - is a graphical component, which contains the results of sketch design, and 3D modeling, in particular;

Tn – is a set of time units for capturing and processing data flows;

Mid – is a set of primary results, obtained after processing of the input data, in other words, results of manufacturing, testing and enhancing of the prototype, etc.;

Fop – is a set of organizational factors that affect design, processing, and manufacturing of engineering models.

Let's review the information stream Is (1). Information about the project can be received from individual streams $I_1, I_2, \ldots, I_s$, as well as from multiple streams of input data I_q

$$I_q = \sum_{i=1}^{s} I_1 + I_2 + \cdots I_i + \cdots + I_s. \quad (2)$$

Cloud data services not only can be used for client-server data transfer and exchange needs, but also they allow to effectively process and store the data.The model of work of engineer-mechanic by means of Cloud services is very important in the process of creating the product (Fig. 2).

Engineers can leverage following Cloud services for developing of their mechanical details models: A360, GstarCAD, CADPockets, AutoCAD360 PRO and Fusion 360 (Fig. 2).

The presented model describes the process of interaction between engineer and client as well as engineering team and a client, who design product models in CAD / CAE / CAM systems, based on various input parameters.It is highly recommended to store preliminary results of all stages of development in cloud environment.

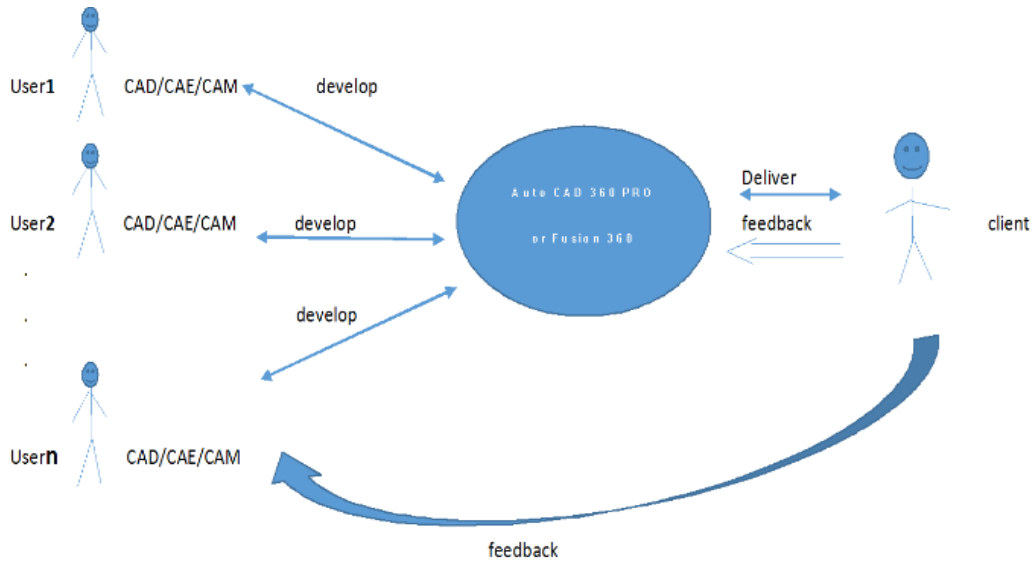


Figure 2. The model of implementation of mechanical details design inCloud environment

By means of cloud services and their capabilities, the client can promptly interfere in development process, provide valuable feedback, add improvements and enhancements, thus improving time-to-market.

Cloud environment can not only be used for modeling, transferring schemes and drawings, but also as a primary way of interaction with client, as well as for creation and maintenance of project documentation and supporting materials.

In result of modeling all received information, data and metada about the project as a whole is being processed.

Let's analyze the time component *Tn*, which can be described by the following time streams in the system: the time of receiving initial information about the project, initially received data processing time, time of obtaining of the results, results exchange and verification time, ("developer-customer" dialogue), production time, etc.

Thus, the time component T_k can be represented as multiple streams of time data:

$$T_k = \sum_{i=1}^{k} T_1 + T + \cdots T_i + \cdots + T_k, \qquad (3)$$

or each individual time flow can be described separately $T_1, T_2, \ldots, T_i, \ldots, T_k$.

Model application example. Let's reviewan example of creation of technical process of parts processing in the CAPP system. The first stage involves graphic modeling and creation of working drawings and 3D models in CAD system environment and their further importing into CAPP Vertycal (Fig. 3).

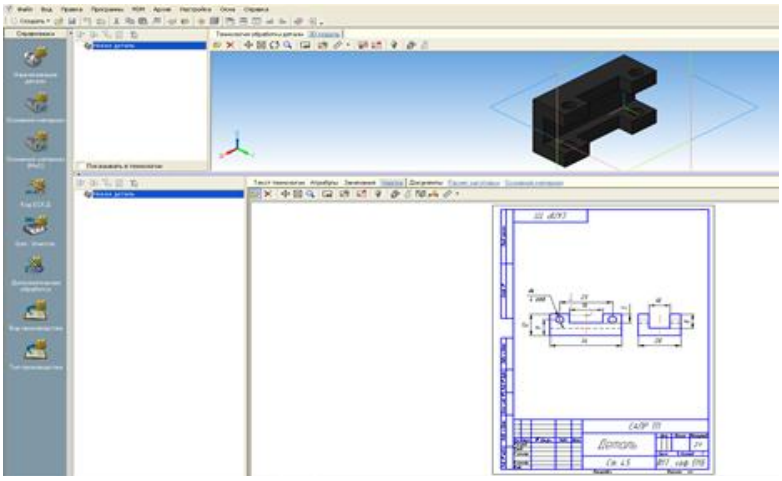


Figure 3. Creation of drawing and 3D model in CAD system

The next step is to analyze the structure of the details. The engineer-mechanic should analyze all received information and project data in accordance with (2), think over the technological path of details processing and manufacturing prior to its creation in the CAPP system.So, one needs to work out several steps in advance before starting to create a technological process. Then it is necessary to enter the processed data into the CAPP system and form a set of technical documentation.All steps of creating of technological process the engineer-mechanic analyzes based on (3) and later he can gradually create a technological path. Fig. 4 illustrates results of holes formation stageimplementation.

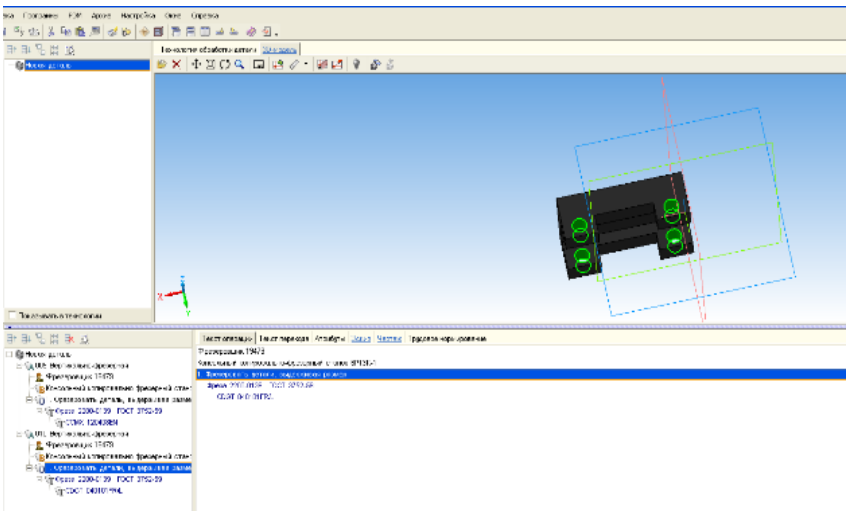


Figure 4. The stage of forming the holes

The engineer has to choose the appropriate tool that meets the technological requirements for the construction, such as dimensions of the holes and their location within this detail. Among all available tools in the system (Fig. 4), the spiral drill was selected (Fig. 5).

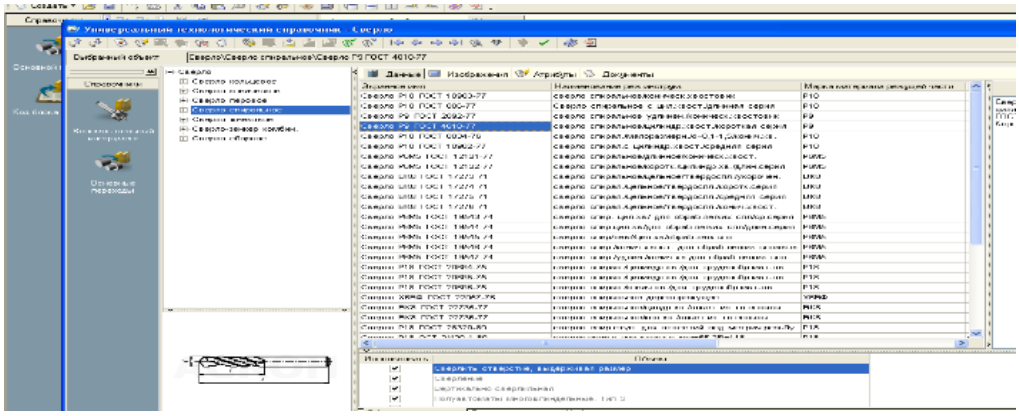


Figure 5. Choosing a tool for hole formation

The technologist also selects a specialist who will perform this operation, for example, a driller (Fig. 6).

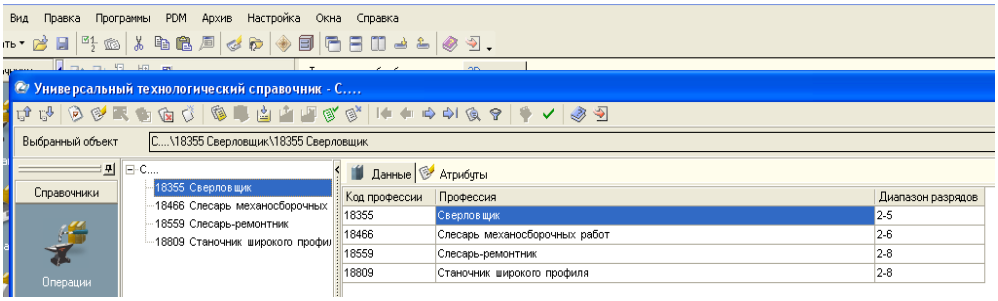


Figure 6. The choice of a specialist

These data are necessarily added to the overall technological process description.

Also you can specify the factory and inventory number, repair date, workshop number and site number, etc in the Attributes tab of this directory.

All data contained in the Attributes section for each instance of equipment are made in the form of directories. The set of attributes depends on the type of equipment. These attributes can be entered and changed by the engineerbut he must have access rights to the attributes of the technology system.

Fig. 8 shows a part of a technological process. It includes the names of technological operations and transitions, information about equipment, tools, personnel. This systemhelps the designer to organize the "engineer-client" received information flows for the implementation of the project.

Conclutions The main result this is to take into account the peculiarities of the receipt information flows about the essence of theproject of manufacturing the product of mechanical engineering. The model of interaction of elements in the "engineer-client" system is developed. A model of the life cycle of machine-building products has

been created. This model allows to take into account sufficient for engineering calculations the number of interconnections of parameters that are important at the stage of development and production of quality products and support the production process. As a result the conceptual model of the engineering part in the production is created.

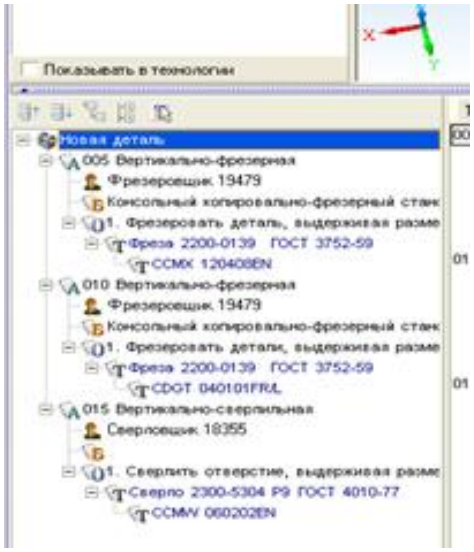


Figure 8. The created part of thetechnological process

References

1. Morteza, S. A. (2017). Intelligent computer aided process planning system for milling operation. *International Journal of Advanced Engineering and Technology*, *1*(1), 52-57.
2. Gopal, G, Suresh K., Dr. L., & Sriramadasu S. B. (2014). Design of Computer Aided Process Plan for a Casing Cover Plate. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET)*, *5*(9), 361-373.
3. Liaskovska, S. E. (2018). Vzajemozvjazky mig etapamy gyttevogo cyclu objectiv mashynobydyvannja. *Naukovyj visnuk Tavrijskogo dergavnogo agrotechnologichnogo universytety*, *8*(1), 145-152.
4. Han, J., Kamber, M., & Pei, J. (2011). Data mining : concepts and techniques. Morgan Kaufmann, 703 p.
5. Lyskovska, S. (2016). Integration of graphical objects means of CAD systems. *Scientific bulletin of the Tavria agrotechnological state university*, *6*(2), 69-77.
6. Velyka, O, Lyskovska, S., & Demkiv, I. (2012). Optimization of stages designing parts of equipment for food industries by means of CAD systems. *Optimization of production processes and technical control in machine-building and instrument making*№ 760.*Lviv Polytechnic State University*, *760*, 3-8.

7. Topilnytskyy, V., Rebot, D., Sokil, M., Velyka, O., Lyskovska, S., Verkhola, I., Kovalchuk, R., Dzyubyk, L. (2017). Modeling the dynamic of vibratory separator of the drum type with concentric arrangement of sieves. *Eastern – European Journal of Enterprise Technologies 2/7* (86).

ОБРОБКА ДАНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У МАШИНОБУДУВАННІ

Лясковська С. Є.

Анотація

В роботі поставлено і розв’язано проблему встановлення особливостей взаємозв’язків параметрів багатопараметричних технологічних систем у машинобудуванні. Показано, що у процесі інтенсивного розвитку промислового виробництва, зокрема потокового виробництва, виконання спеціальних замовлень передбачає широке залучення інформаційних технологій для створення сучасних засобів виробництва. Встановлено, що важливими постають питання взаємозвязків вхідних даних та їх вплив на зміну одержаних вихідних технологічних параметрів. Розроблено та описано математичну модель залежностей вхідних та вихідних даних для технологічної системи у галузі машинобудування.

Подано етапи збору даних, аналізу та оброблення інформації для створення виробів машинобудування, зокрема, електронної промисловості.

Ключові слова: вхідні параметри, математична модель, вироби машинобудування, процес планування, технологічний процес.

ОБРАБОТКА ДАННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Лясковская С. Е.

Аннотация

В работе решена проблема определения особенностей взаимосвязей параметров многопараметрических технологических систем в машиностроении. Показано, что в процессе интенсивного развития промышленного производства, в частности поточного производства, выполнения специальных заказов предусматривает широкое привлечение информационных технологий для создания современных средств производства. Установлено, что важными являются возникающие вопросы взаимосвязей исходных данных и их влияние на изменение исходных технологических параметров. Разработаны и описаны математические модели зависимостей исходных и выходящих данных для технологической системы в области машиностроения.

Представлены этапы сбора данных, анализа и обработки информации для создания изделий машиностроения, в частности, электронной промышленности.

Ключевые слова: исодные параметры, математическая модель, изделия машиностроения, процесс планирования, технологический процесс.

УДК 614.84 DOI: 10.31388/2220-8674-2018-2-44

ОПТИМІЗАЦІЯ ПОБУТОВИХ УМОВ У ПОЖЕЖНИХ ЧАСТИНАХ МІСЦЕВОЇ ПОЖЕЖНОЇ ОХОРОНИ ОБ'ЄДНАНИХ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД

Мартин Є. В., д.т.н.
Небелюк В. І.
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності
тел.032-2330088

Анотація – В роботі наведено, обґрунтовано та розроблено заходи з технічної естетики для облаштування та результативного функціонування пожежних частин місцевої пожежної охорони в об'єднаних територіальних громадах з урахуванням особливостей їх розташування та функціонування. Проведено аналіз факторів, необхідних для визначення основних завдань та специфіки організації роботи місцевої пожежної охорони в окремих об'єднаних територіальних громадах. Запропоновано результативний спосіб організації функціонування пожежної охорони в об'єднаних територіальних громадах. Розроблений і запропонований ряд заходів з технічної естетики для облаштування і ефективного виконання своїх обов'язків пожежними частинами місцевої пожежної охорони об'єднаних територіальних громад.

Ключові слова: **технічна естетика, місцева пожежна охорона, об'єднана територіальна громада, пожежник.**

Постановка проблеми. Внаслідок реформування територіальної організації влади в Україні та об'єднання населених пунктів у територіальні громади постає питання підвищення рівня пожежної безпеки в об'єднаних територіальних громадах та організації в них пожежних частин місцевої пожежної охорони з урахуванням вимог технічної естетики.

Аналіз останніх досліджень свідчить, що більше, ніж 40 % усіх пожеж в Україні відбуваються у сільській місцевості, а розміщення державних пожежних частин не дозволяє прибути до місця виклику за оптимальний час, отож основне завдання для запобігання збиткам під час пожеж покладається на органи місцевого самоврядування. [1, 2].

В наукових дослідженнях проведений аналіз факторів, які впливають на специфіку організації роботи місцевої пожежної охорони об'єднаних територіальних громад та спосіб їх обладнання [3, 4, 5], наведено приклад оптимального облаштування приміщення пожежної частини та обладнання побутових та адміністративних

© Мартин Є. В., Небелюк В. І.

приміщень відповідно до вимог технічної естетики та санітарних норм і правил [6, 7].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, яким присвячується стаття. Дослідження показали, що державні пожежні частини не завжди в змозі за оптимальний час, що не перевищує 20 хвилин, прибути до місця пожежі, а специфіка розміщення та геологічні умови об'єднаних територіальних громад не дозволяють ефективно виконувати завдання з локалізації та ліквідації небезпечних подій та надзвичайних ситуацій у віддаленій місцевості. Завдання з забезпечення пожежної безпеки, мінімізації матеріальних втрат та запобігання людських жертв після реформування місцевого самоврядування переважно покладається на об'єднані територіальні громади. Тому актуальним є питання організації місцевої пожежної охорони об'єднаних територіальних громад. Важливим є питання облаштування будівлі пожежної частини місцевої пожежної охорони відповідно до вимог технічної естетики.

Маючи справу з облаштуванням будівлі місцевої пожежної охорони, слід брати до уваги специфіку її роботи та кількість персоналу, яка передбачена для її функціонування.

Формулювання цілей статті. Розроблення заходів технічної естетики для обладнання і функціонування пожежної частини місцевої пожежної охорони об'єднаних територіальних громад та оптимізація побуту пожежників.

Основна частина. Наявна система Державної служби України з надзвичайних ситуацій наразі не дозволяє в повному обсязі забезпечувати належний рівень безпеки життєдіяльності і здійснювати захист населення від надзвичайних ситуацій, пожеж та інших небезпечних подій. Сили та засоби Державної служби з надзвичайних ситуацій не завжди можуть вчасно зреагувати на надзвичайні ситуації та пожежі через їх віддаленість від місць виникнення. Зі збільшенням проміжку часу від повідомлення до прибуття до місця виклику підвищується ризик загибелі людей, завдаються значніші збитки культурній спадщині, господарства зазнають численних втрат. Саме тому гостро постає питання організації пожежної охорони у сільській місцевості.

Для підвищення рівня пожежної безпеки, своєчасного реагування на виникнення різних надзвичайних ситуацій та надання допомоги на території об'єднаних територіальних громад, в населених пунктах, де немає підрозділів державної пожежної охорони, органами

виконавчої влади місцевого самоврядування організовується місцева пожежна охорона.

Для утворення пожежної охорони в об'єднаних територіальних громадах доцільно провести аналіз пожеж та надзвичайних ситуацій, які виникали на території об'єднаної територіальної громади протягом останніх років, оцінити стан реагування на них, врахувати небезпеки, що існують на даній території, визначити ризики виникнення небезпечних подій. Даний аналіз дозволить оцінити обсяг необхідних сил і засобів для забезпечення ефективного функціонування місцевої пожежної охорони

Відповідно до проведеного аналізу небезпечних подій можливо надати рекомендації щодо типу пожежних автомобілів та їх оснащення. Виходячи з потреб в обслуговуванні техніки, можемо розрахувати необхідну кількість пожежників та порядок їх чергування.

Розрахувати оптимальні умови праці та побуту відповідно до вимог технічної естетики можна тільки після того, коли визначимо кількість пожежників добового караулу, порядок їх змін і загальну кількість персоналу, який необхідний для функціонування та обслуговування пожежної частини місцевої пожежної охорони об'єднаних територіальних громад. Виходячи з кількості персоналу,можна оцінити обсяг робіт з будівництва та реконструкції будівлі чи пристосованого приміщення, розрахувати необхідну площу побутових та адміністративних приміщень, передбачити їх оформлення і оснащення меблями та технічними засобами, розрахувати кількість спеціального одягу та спорядження на кожного працівника.

Розглянемо приклад організації пожежної частини, яка може бути оптимальною для всіх об'єднаних територіальних громад незалежно від геологічних та кліматичних умов і складає пожежне депо на два виїзди. Тобто маємо два пожежних автомобілі, наприклад, два ПА-АЦ-40(130)63Б на базі ЗИЛ-130, один з яких в оперативному розрахунку, а інший в резерві. Для здійснення результативного цілодобового несення служби і обслуговування пожежної техніки достатньо трьох осіб персоналу: начальник караулу, водій пожежного автомобіля та пожежний. Рекомендуємо створити чотири караули для позмінності чергувань та забезпечення оптимальних умов праці особового складу. Для керівництва місцевою пожежною охороною в об'єднаній територіальній громаді доцільно призначити начальника пожежної частини (рис.1).



Рис.1. Примірна схема організації чергування караулів місцевої пожежної охорони в об'єднаних територіальних громадах.

З приведеної схеми можна зробити висновки, що загальна кількість персоналу становитиме тринадцять осіб, а найчисленніша зміна буде налічувати чотири особи.

Отже, виходячи з кількості необхідного персоналу, визначимо номенклатуру устаткування адміністративних побутових та санітарно-побутових приміщень пожежної частини місцевої пожежної охорони об'єднаних територіальних громад відповідно до вимог технічної естетики та ДБН В.2.2-28:2010, серед яких: гардеробна-коридор, караульне приміщення, кабінет начальника пожежної частини, пост технічного обслуговування пожежних автомобілів та пожежно-рятувальної техніки, акумуляторна - гараж, умивальне приміщення, душ та туалет.

Пожежний, який приходить на роботу, повинен переодягнутися в робочу форму. Тому постає питання: де він має зберігати робочу форму та цивільний одяг? Для цього доцільно обладнати гардеробну. Для економії витрат на будівництво та площі приміщення, рекомендуємо обладнати в загальному коридорі гардеробну з шафами для роздільного зберігання робочої форми та домашнього одягу, а також вішаками для верхнього одягу пожежників відповідно до вимог технічної естетики. Робочий одяг рекомендуємо зберігати саме в гардеробних, і не брати додому, оскільки він може мати на собі залишки шкідливих речовин та інші різноманітні забруднення. Шафу для зберігання одягу слід передбачити закритого типу, розділити її на два відділення з окремими дверцятами. Одна частина шафи,

призначена для домашнього одягу, обладнується вішаками та місцем для взуття, інша частина – для робочої форми; також варто передбачити відведене місце для зберігання засобів індивідуального захисту. Розміри шафи доцільно передбачити не менше 0,4×0,5×1,5 метра. Шафи обладнуються відкидними сидіннями, за їх відсутності слід передбачити лавки шириною не менше 0,3 метра та довжиною не менше 0,6 метра на одне місце. Для зберігання верхнього вуличного одягу працівників доцільно встановити гачки. Чисельність гачків має дорівнювати чисельності працівників у двох суміжних караулах, тобто з розрахунку на три особи в караулі та начальника пожежної частини: їх кількість має становити сім. При цьому ширина проходу коридору-гардеробної повинна становити не менше двох метрів.

Загальний коридор має з'єднувати такі приміщення як караульне приміщення, гараж, кабінет начальника пожежної частини та санітарно-побутові приміщення. Вихід до гаража рекомендуємо обладнати герметичними дверима для ізоляції приміщень постійного перебування людей від вихлопних та інших шкідливих газів.

Караульне приміщення передбачає постійне перебування в ньому людей. В ньому рекомендуємо облаштувати окремі зони для роботи, відпочинку, зберігання та побутову. В зоні відпочинку доцільно встановити диван та крісла для відпочинку особового складу, а також стіл для прийому їжі. В зоні для роботи слід обладнати робоче місце для прийому повідомлень про пожежі чи небезпечні події, оснащене телефонним зв'язком, та робоче місце начальника караулу. Робочі місця слід оснастити двома письмовими столами з полицями та відділеннями, ергономічними кріслами та лампами місцевого освітлення. Письмові столи доцільно розмістити поблизу вікон, щоб забезпечити їх освітлення в світлу пору дня природним освітленням. Зону для зберігання службової документації та деяких особистих речей пожежників доцільно розмістити в куті біля внутрішньої стіни будівлі, так, щоб вона не загороджувала прохід. Зону зберігання доцільно представити окремою комбінованою шафою. Відкриті полиці шафи призначені для зберігання документації, що знаходиться в постійному користуванні. Полиці, оснащені дверцятами, необхідні для зберігання архівної службової документації, що в свою чергу захищає її від дії сонячного проміння та механічних пошкоджень. Місце для зберігання продуктів харчування має включати в себе холодильник та невелику шафу з дверцятами для зберігання посуду та продуктів, які не потрібно зберігати в холоді. Поблизу зони зберігання на окремому невеликому столі рекомендуємо розмістити мікрохвильову піч та електричний чайник. Площа караульного приміщення має становити не менше 18 $м^2$ відповідно до вимог ДБН В.2.2-28:2010. Все устаткування та

оснащення даного приміщення має розміщуватися ближче до стін та не створювати перешкод під час руху особового складу відповідно до вимог технічної естетики та техніки безпеки.

Кабінет начальника пожежної частини має становити не менше чотирьох $м^2$. Рекомендуємо обладнати великим робочим столом та декількома ергономічними стільцями, що дозволить проводити наради та переговори як з особовим складом, так і з представниками влади, вищого керівництва та інших установ та організацій. Також доцільно встановити шафу та сейф для зберігання особливо важливих документів.

Пост технічного обслуговування пожежних автомобілів та пожежно-рятувальної техніки розраховується та обладнується відповідно до габаритів та наявної кількості техніки та обладнання стелажами для зберігання пожежних рукавів та іншого устаткування, необхідними верстатами та станками. Також рекомендуємо в даному приміщенні встановити умивальник, щоб забезпечити одразу змивання забруднень від обслуговування устаткування. Доцільно обладнати дане приміщення стендами з інформацією про правила користування даним устаткуванням та правилами охорони праці при роботі з ним. Акумуляторну доцільно обладнати стелажами та стендами з правилами роботи в такому приміщенні. Акумуляторна обов'язково обладнується освітленням у вибухобезпечному виконанні. Такі приміщення доцільно обладнувати з виходом в гараж, а не в загальний коридор, для обмеження потрапляння шкідливих хімічних речовин в приміщення з постійним перебуванням людей.

Гараж пожежного депо в нашому випадку містить два автомобілі, тому він обладнаний двома виїздами, відстань між пожежними автомобілями має бути не менше двох метрів, відстань від пожежного автомобіля до дверей приміщень та до задньої стінки складає теж не менше двох метрів. Позаду пожежних автомобілів рекомендуємо розмістити спеціально обладнані стелажі або тумбочки для захисного одягу. Захисний одяг і спорядження кожного пожежника складається окремо.

Умивальне приміщення розміщуємо з виходом в загальний коридор. З розрахунку кількості працівників найчисленнішої зміни та класу виконуваних робіт відповідно до ДБН В.2.2-28:2010 та вимог технічної естетики можемо встановити в ньому один умивальник. В умивальному приміщенні рекомендуємо встановити пральну машину для робочого одягу особового складу, щоб пожежники не несли додому разом із забрудненим одягом залишки хімічних та інших шкідливих забруднень. З умивального приміщення доцільно зробити вихід до туалету та до душового приміщення на два душі з перегородкою між ними відповідно до ДБН В.2.2-28:2010.

Висновки. Особливості облаштування пожежної частини місцевої пожежної охорони об'єднаних територіальних громад залежать від передбачуваної кількості пожежних автомобілів та пожежно-рятувальної техніки. Запропонований варіант ефективної та економічно вигідної організації діяльності пожежної частини місцевої пожежної охорони може бути оптимальний, але незалежно від специфіки організації діяльності пожежної охорони об'єднаних територіальних громад необхідно дотримуватися всіх правил безпеки праці та вимог технічної естетики, забезпечувати особовий склад усім необхідним, починаючи з обладнання та робочої форми до зручних функціональних приміщень, що відповідатимуть специфіці їх роботи, облаштування яких відповідно до вимог технічної естетики усебічно сприятиме підвищенню результативності роботи кожного караульного та підрозділів у цілому.

Література

1. Методичні рекомендації для органів місцевого самоврядування щодо організації та забезпечення пожежної безпеки на території об`єднаних територіальних громад (друга редакція) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.dsns.gov.ua/ua/DSNS.html.
2. Небелюк В. І. Організація діяльності добровільної пожежної охорони відповідно до ергомічних вимог / В. І. Небелюк, Є. В. Мартин // Науковий вісник ТДАТУ. – Мелітополь, 2016. – Вип. 6, т. 2 . – С. 78-87.
3. Небелюк В. І. Облаштування пожежної частини добровільної пожежної охорони в об'єднаних територіальних громадах / В. І. Небелюк, Є. В. Мартин // Науковий вісник ТДАТУ. – Мелітополь, 2018. – Вип. 8, т. 1. – С. 30-37.
4. Небелюк В. І. Облаштування спускових конструкцій у пожежних частинах / В. І. Небелюк, Є. В. Мартин // Прикладна геометрія, дизайн, об'єкти інтелектуальної власності та інноваційна діяльність студентів та молодих вчених: зб. доп. VI Всеукр. наук.-практ. конф. студентів, аспірантів та молодих вчених / НТУУ «КПІ». – К., 2017. – С. 196-201.
5. Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення: ДБН В.2.2-28:2010 [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://mybud.com.ua/ru/normatuvni_documentu/0/87.
6. Небелюк В. І. Розрахунок штучного світлення цеху / В. І. Небелюк, О. М. Трусевич // Проблеми та перспективи розвитку системи безпеки життєдіяльності: зб. тез доп. XIII

Міжн. наук.-практ. конф. молодих вчених, курсантів та студентів / ЛДУБЖД. – Львів, 2018. – С. 305-306.

7. Небелюк В. І. Методика розрахунку природного освітлення робочих місць / В. І. Небелюк, О. М. Трусевич // Проблеми та перспективи розвитку системи безпеки життєдіяльності: зб. тез доп. XIII Міжн. наук.-практ. конф. молодих вчених, курсантів та студентів / ЛДУБЖД. – Львів, 2018. – С. 56-57.

ОПТИМИЗАЦИЯ БЫТОВЫХ УСЛОВИЙ В ЧАСТЯХ МЕСТНОЙ ПОЖАРНОЙ ОХРАНЫ ОБЪЕДИНЕННЫХ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ ОБЩЕСТВ

Небелюк В. И., Мартын Е. В.

Аннотация

В работе обоснованы и разработаны мероприятия по технической эстетике для обустройства и результативного функционирования пожарных частей местной пожарной охраны в объединенных территориальных общинах с учетом особенностей их размещения и функционирования. Проведен анализ факторов, необходимых для определения основных задач и специфики организации работы местной пожарной охраны в отдельных объединенных территориальных общинах. Предложен оптимальный способ организации функционирования пожарной охраны в объединенных территориальных общинах. Разработан и предложен ряд мер по технической эстетике для обустройства и эффективного выполнения своих обязанностей пожарными частями местной пожарной охраны объединенных территориальных общин.

OPTIMIZATION OF HOUSING CONDITIONS IN FIRE PARTS OF LOCAL FIRE PROTECTION OF THE UNION TERRITORIAL COMMUNITIES

V. Nebelyuk, E. Martyn

Summary

In work steps of technical aesthetics for arrangement and effective functioning of fire departments of local fire protection service in united territorial communities with features' accounts of their location and functioning have been directed, proved and processed. Factors' analysis which are needed for definition the main tasks and specificity of organization work of local fire protection service in separate territorial communities has been held. The effective way of organization the functioning of fire protection service in separate territorial communities has been suggested. A number of technical aesthetics steps for arrangement and effective implementation yours duties by fire departments of local fire protection service of united territorial communities was developed and suggested.

УДК 514.18 DOI: 10.31388/2220-8674-2018-2-45

КІНЕМАТИЧНИЙ ГВИНТ ТРИГРАННИКА ФРЕНЕ

Пилипака С. Ф., д.т.н.
Національний університет біоресурсів і природокористування України,
Тел.: (044) 527-82-26
Кресан Т. А., к.т.н.
ВП НУБіП України «Ніжинський агротехнічний інститут»,
Тел.: (0463`) 2-31-30
Кремець Я. С., к.т.н.
Національний університет біоресурсів і природокористування України,
Тел.: (044) 527-82-26

Анотація – При переміщенні твердого тіла в просторі його рух в кожен момент часу можна розкласти на обертальний навколо осі миттєвого обертання і поступальний в певному напрямі. Якщо за тверде тіло взяти супровідний тригранник Френе напрямної кривої, то характер його руху в просторі цілком залежатиме від диференціальних характеристик цієї кривої. Значення кутової швидкості обертання, положення миттєвої осі обертання, поступальної швидкості в напрямі орта дотичної залежатиме від її кривини і скруту.

В статті графічними і аналітичними методами знайдено положення миттєвої осі обертання, яка проходить через вершину тригранника, величину кутової швидкості його обертання. Два рухи – обертальний навколо осі миттєвого обертання і поступальний в напрямі орта дотичної – замінено одним гвинтовим рухом навколо миттєвої осі обертання і ковзання. Для цього застосовані формули Френе. Знайдено кінематичний гвинт, його положення і параметр для напрямних просторових кривих. Розглянуто частковий випадок для узагальнених кривих укосу, зокрема, для гвинтової лінії.

Ключові слова – **тригранник Френе, кінематичний гвинт, вектор Дарбу, напрямна крива, крива укосу, кривина, скрут.**

Постановка проблеми. Положення твердого тіла в просторі задається трьома його точками. При його просторовому русі в конкретний момент часу ці точки мають визначений напрям і величину швидкостей. Відніманням вектора швидкості однієї із точок від векторів швидкостей всіх трьох точок ми отримаємо одну точку нерухомою. Через неї проходить миттєва вісь обертання тіла. Це є розкладання просторового руху тіла на обертальний і поступальний рухи. Таких варіантів може бути багато. Однак існує тільки одна миттєва вісь обертання, в проекції на яку швидкості всіх інших точок

© Пилипака С. Ф., Кресан Т. А., Кремець Я. С.

мають рівні значення. Така вісь носить назву миттєвої осі обертання і ковзання, або кінематичного гвинта.

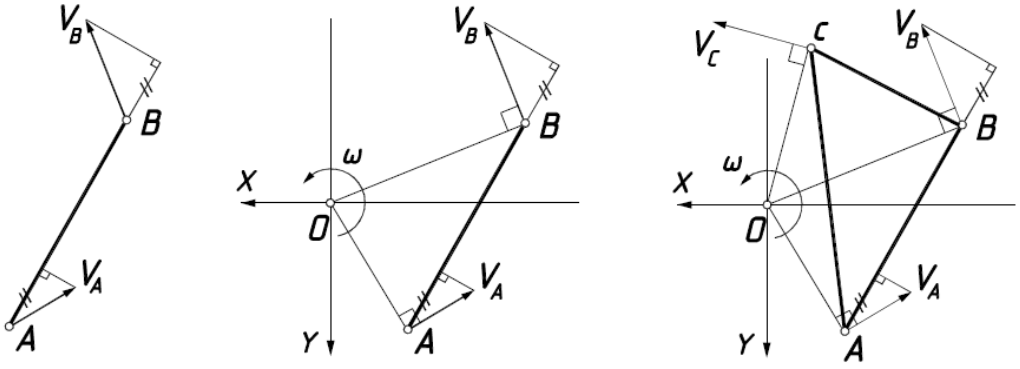
Рух супровідного тригранника Френе по напрямній кривій можна розглядати, як рух твердого тіла, закономірність якого визначено диференціальними характеристиками кривої. Очевидно, що і кінематичний гвинт тригранника буде залежати від цих характеристик кривої.

Аналіз попередніх досліджень. В праці [1] зазначається, що в багатьох питаннях механіки виявляється корисним розглядати рух твердого тіла по відношенню до системи координат, яка збігається із натуральним тригранником траєкторії однієї із точок тіла з використанням формул Френе. Так, в праці [2] наводиться приклад із застосуванням формул Френе при розгляді руху твердого тіла в системі натурального тригранника, за яке прийнято літак. В праці [3] в ролі твердого тіла розглянуто тригранник гвинтової лінії. Ми будемо розглядати тригранник Френе напрямної просторової кривої, заданої у функції довжини s власної дуги. В такому випадку можна застосувати формули Френе.

Формулювання цілей статті. Визначити характеристики кінематичного гвинта тригранника Френе напрямної просторової кривої.

Основна частина. Якщо одна із трьох точок твердого тіла віддалена в нескінченність, то тоді його рух можна вивчати за кінцями відрізка AB, вектори швидкостей V_A і V_B яких лежать в площині (рис. 1,а).

Величину і напрям швидкості однієї точки можна задати, а такі ж характеристики точки протилежного кінця відрізка повинні задовольняти умову рівності проекцій цих швидкостей на сам відрізок (на рис. 1,а рівні проекції позначено двома рисками). Це зумовлено тим, що для відрізка AB існує миттєва вісь обертання, яка проходить через нескінченно віддалену точку, тобто вона перпендикулярна площині розташування відрізка і векторів швидкостей його точок.

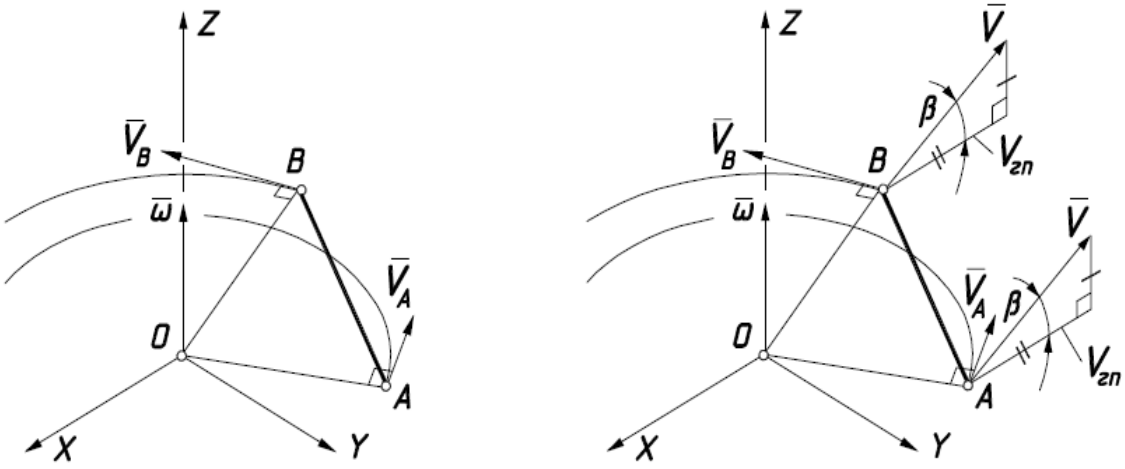


а б в

Рис. 1. До знаходження миттєвої осі обертання плоскої фігури:
а) зв'язок між швидкостями кінців відрізка, що рухається у площині;
б) визначення миттєвої осі обертання відрізка *AB*;
в) до знаходження швидкості будь-якої точки, жорстко
прив’язаної до відрізка *AB*

На рис. 1,б миттєва вісь обертання проекціюється в точку *O* і знайдена на перетині перпендикулярів *OA* і *OB*, проведених із точок *A* і *B* до векторів швидкостей цих точок. Величина лінійної швидкості будь-якої точки відрізка *AB* визначається як добуток кутової швидкості ω його обертання навколо осі миттєвого обертання на відстань від осі до вектора швидкості. Отже, $V_A=OA\cdot\omega$, $V_B=OB\cdot\omega$. Спільна кутова швидкість обертання ω дозволяє знайти лінійну швидкість будь-якої точки відрізка *AB*, а також точки поза його межами, але жорстко зв’язаної із ним. Наприклад, для точки *C* (рис. 1,в) $V_C=OC\cdot\omega$. Проекції швидкостей V_B і V_C на відрізок *BC* будуть рівними. Якщо взяти точку поза межами площини трикутника *ABC*, але жорстко зв’язаної із ним, то таким же способом можна знайти вектор і величину швидкості і для неї. Вектори швидкостей всіх точок твердого тіла в даному випадку будуть перпендикулярними осі миттєвого обертання, тобто їх проекції на вісь будуть рівними нулю.

На рис. 1,б,в вісь миттєвого обертання проекціюється в точку, яку ми прийняли за початок координат. На рис. 2,а вектори швидкостей точок *A* і *B* зображені в аксонометрії і є дотичними до траєкторій обертального руху, а вектор кутової швидкості $\overline{\omega}$ збігається із віссю *OZ*. Надамо для всіх точок тіла лінійну швидкість *V*, вектор якої утворює із площиною розташування відрізка кут β (на рис. 2,б цей вектор показано для точок *A* і *B*). Вказаний вектор можна розкласти на дві складові: горизонтальну проекцію $V_{гп}$ (позначено двома рисками) і вертикальну складову (позначено однією рискою). Вектор швидкості *V* ми спрямували так, щоб його горизонтальні проекції були паралельними осі *OX*.



а б

Рис. 2. Додавання до точок тіла, яке здійснює обертальний рух, поступальної швидкості V в заданому напрямі:
а) точки тіла здійснюють обертальний рух;
б) вектор поступальної швидкості V розкладено на горизонтальну і вертикальну складові

На рис. 3 зображено горизонтальну проекцію рис. 2,б. Векторна сума швидкостей V_A і V_B точок A і B із горизонтальними складовими $V_{гп}$ дає нові вектори $V_{Агп}$ і $V_{Вгп}$ швидкостей цих точок. Графічним методом на перетині перпендикулярів до векторів $V_{Агп}$ і $V_{Вгп}$ знаходимо нове положення миттєвої осі обертання, яка проходить через точку $O_г$ (рис. 3). Ця точка знаходиться на осі OY, оскільки складові $V_{гп}$ спрямовані паралельно осі OX. Величина ω кутової швидкості точок не змінилася, оскільки ми додали тільки поступальну складову. Ця складова прикладена і в точці O, тому можна записати $V_{гп}=OO_г\cdot\omega$. Звідси знаходимо відстань $OO_г$, на яку змістилася миттєва вісь обертання паралельно самій собі. Однак ця вісь буде одночасно ще і миттєвою віссю ковзання, оскільки вертикальні складові поступальної швидкості точок (на рис. 2,б позначені однією рискою) проекціюються на неї рівними відрізками, величину яких можна знайти із прямокутних трикутників (рис. 2,б): $V\cdot\sin\beta$. Знайдена вісь є одночасно миттєвою віссю обертання і ковзання або кінематичним гвинтом. Він характеризується співвідношенням поступальної швидкості вздовж осі і кутової навколо осі. Це відношення називається параметром p гвинта. Для нашого випадку $p=V\cdot\sin\beta/\omega$. Тверде тіло за проміжок часу Δt можна перевести в нове положення комбінацією обертального і поступального рухів або ж одним гвинтовим рухом за допомогою кінематичного гвинта.

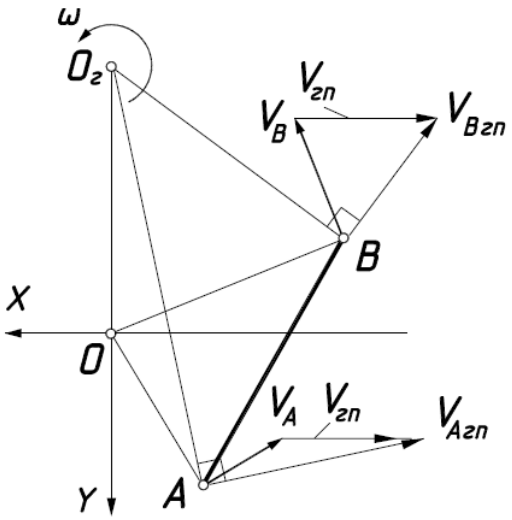


Рис. 3. До знаходження положення нової миттєвої осі обертання після надання точкам додаткової поступальної швидкості

Рух тригранника Френе по кривій можна розкласти на дві складові: обертальний навколо осі миттєвого обертання і поступальний вздовж орта дотичної. На рис. 4,а зображено тригранник Френе з вершиною A на кривій. Орти $\bar{\tau}$, $\bar{n}$, $\bar{b}$ є одиничними, тобто їх довжина рівна одиниці. Миттєвою віссю обертання тригранника є вектор Дарбу $\bar{\omega}$ [4], який розташований в спрямній площині тригранника і складає кути φ і ψ із ортом $\bar{\tau}$ і $\bar{b}$ відповідно (рис. 4,а). Напрям і величина вектора Дарбу залежить від значень кривини k і скруту σ кривої в точці A розташування тригранника, причому його проекція на орт $\bar{\tau}$ чисельно рівна скрутові σ, а на орт $\bar{b}$ - кривині k. Звідси можна знайти модуль вектора $\bar{\omega}$, тобто чисельне значення кутової швидкості ω:

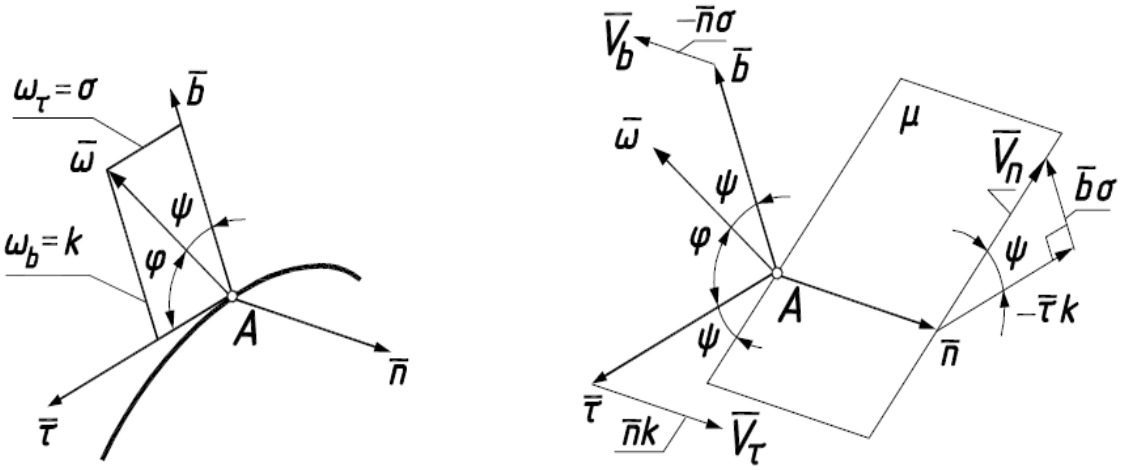
$$\left|\bar{\omega}\right| = \omega = \sqrt{k^2 + \sigma^2}\,. \qquad (1)$$

Слід зазначити, що значення кутової швидкості ω (1) наведено для швидкості руху V_A=*1 м/с* тригранника по кривій. Для інших випадків $\omega = V_A\sqrt{k^2+\sigma^2}$, що узгоджує розмірність кутової швидкості. Цей результат у векторному вигляді наведено також у праці [1, стор. 296, формула (38)]: $\bar{\omega} = V_A(\bar{\tau}\sigma + \bar{b}k)$.

Основними формулами диференціальної геометрії, у яких незалежною змінною служить дугова координата s напрямної кривої, є формули Френе:

$$\bar{\tau}' = k\bar{n}; \qquad \bar{n}' = \sigma\bar{b} - k\bar{\tau}; \qquad \bar{b}' = -\sigma\bar{n}. \tag{2}$$

В праці [5] розкрито кінематичну суть формул Френе, які дають можливість швидко і просто розкласти похідні будь-якого порядку від одиничних ортів $\bar{\tau}, \bar{n}, \bar{b}$ рухомого тригранника Френе напрямної кривої на складові в проекціях на ці ж орти. В цій праці показано, що перші похідні (2) є швидкостями кінців кожного орта тригранника в його обертальному русі навколо вектора Дарбу. На рис. 4,б ці складові згідно формул (2) відкладені із кінців кожного орта. Через точку A (вершину тригранника) проведено площину μ, перпендикулярну до вектора Дарбу. Із рис. 4,б видно, що швидкості кінців ортів $\bar{\tau}$ і $\bar{b}$ паралельні площині μ, тобто перпендикулярні вектору Дарбу. Швидкість кінця орта $\bar{n}$ є сумою двох складових і розташована в площині μ, тобто теж перпендикулярна вектору Дарбу. Отже вектор Дарбу є віссю миттєвого обертання тригранника Френе без врахування його поступального руху вздовж орта $\bar{\tau}$. Для підтвердження цього ми маємо переконатися, що для всіх кінців ортів їх лінійна швидкість дорівнює добутку кутової швидкості $\sqrt{k^2+\sigma^2}$ на відстань від кінця орта до вектора Дарбу. Якщо тригранник Френе із площиною μ (рис. 4,б) повернути так, щоб орт $\bar{n}$ спроекціювався в точку, то ми отримаємо зображення, наведене на рис. 5,а.



а б

Рис. 4. Кінематична інтерпретація формул Френе:
а) положення вектора Дарбу в системі тригранника Френе;
б) векторна інтерпретація формул Френе в проекціях
на орти тригранника

Знайдемо швидкості кінців одиничних ортів беручи до уваги те, що всі вони обертаються навколо вектора Дарбу із відомою кутовою

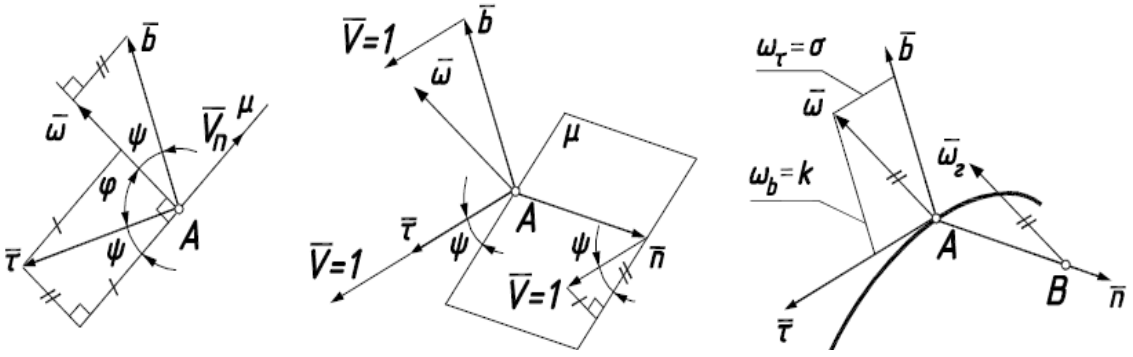
швидкістю ω (1). Для цього потрібно знати відстань від кінця кожного орта до вектора Дарбу.

Вектор Дарбу $\bar{\omega}$ і орти $\bar{\tau}$, $\bar{b}$ лежать в спрямній площині тригранника (рис. 5,а). Із прямокутних трикутників знаходимо відстань L до вектора Дарбу (від кінця орта $\bar{\tau}$ позначено однією рискою, а від кінця орта $\bar{b}$ - двома). Ці відстані можна знайти через кути φ і ψ, для яких із рис. 4,а можна записати:

$$\sin\varphi = \frac{k}{\sqrt{k^2+\sigma^2}}; \qquad \sin\psi = \frac{\sigma}{\sqrt{k^2+\sigma^2}}. \tag{3}$$

Відстані від кінців ортів до вектора Дарбу мають наступні значення (рис. 5,а):

$$L_\tau = \sin\varphi = \frac{k}{\sqrt{k^2+\sigma^2}}; \qquad L_b = \sin\psi = \frac{\sigma}{\sqrt{k^2+\sigma^2}}; \qquad L_n = 1. \tag{4}$$



а б в

Рис. 5. До знаходження миттєвої осі кінематичного гвинта тригранника Френе:

а) положення тригранника, при якому орт головної нормалі $\bar{n}$ проекціюється в точку;

б) надання всім точкам тригранника поступальної швидкості $V=1$ *м/с* в напрямі орта дотичної $\bar{\tau}$;

в) положення миттєвої осі $\bar{\omega}_г$ кінематичного гвинта в системі тригранника Френе

Кутова швидкість обертання всіх точок тригранника має значення (1). Множенням відстаней (4) на кутову швидкість (1) ми отримаємо швидкості кінців ортів тригранника. Їх значення збігається із результатами векторного запису формул Френе (2). Отже, формули Френе описують швидкість кінця кожного орта навколо миттєвої осі

обертання (вектора Дарбу) у векторному вигляді. Такий рух показано також на рис. 2,а.

Додамо тепер до всіх точок тригранника поступальну швидкість *V=1* в напрямі орта $\bar{\tau}$ (рис. 5,б). Таку операцію ми робили для точок *A* і *B* твердого тіла на рис. 2,б. В результаті цього вектор $\bar{\omega}$ зміститься вздовж орта $\bar{n}$ із точки *A* в точку *B* (рис. 5,в). Величина цього зміщення *AB* знаходиться аналогічно, як і для рис. 3, тобто $AB=V_{гп}/\omega$. Величину проекції $V_{гп}$ поступальної швидкості *V=1* на площину μ знаходимо із прямокутного трикутника (рис. 5,б): $V_{\tilde{a}ï} = \cos\psi = k/\sqrt{k^2+\sigma^2}$. Враховуючи величину кутової швидкості ω (1), знаходимо відстань зміщення вектора $\bar{\omega}$*:*

$$AB = \frac{k}{k^2+\sigma^2}. \tag{5}$$

Друга проекція швидкості *V=1* на вектор Дарбу є складовою швидкістю ковзання:

$$V_{\omega} = \sin\psi = \frac{\sigma}{\sqrt{k^2+\sigma^2}}. \tag{6}$$

Розділивши поступальну швидкість (6) на кутову швидкість обертання (1), одержимо параметр *p* кінематичного гвинта тригранника Френе:

$$p = \frac{\sigma}{k^2+\sigma^2}. \tag{7}$$

Отримані результати повністю збігаються із результатами, наведеними в праці [6].

Знайдемо розташування кінематичного гвинта та його параметр для супровідного тригранника Френе лінії укосу. Її параметричні рівняння одержимо із рівнянь, наведених у праці [7] при куті підйому *β=const*. Крива задана у функції довжини *s* власної дуги із заданою закономірністю зміни кривини *k=k(s)*:

$$x = \cos\beta \int \cos\left(\frac{1}{\cos\beta}\int k ds\right) ds;$$
$$y = \cos\beta \int \sin\left(\frac{1}{\cos\beta}\int k ds\right) ds; \quad (8)$$
$$z = s\sin\beta.$$

Кривина і скрут кривої укосу зв'язані між собою через кут β наступною залежністю:

$$\sigma = k\,\mathrm{tg}\beta. \quad (9)$$

Величина кутової швидкості обертання тригранника при русі його по кривій (8) із швидкістю $V=1$ *м/с* буде:

$$\omega = \sqrt{k^2 + \sigma^2} = \sqrt{k^2 + k^2\,\mathrm{tg}^2\beta} = \frac{k}{\cos\beta}. \quad (10)$$

Відстань AB і параметр p згідно виразів (5) і (7) набувають вигляду:

$$AB = \frac{\cos^2\beta}{k}; \qquad p = \frac{\sin\beta\cos\beta}{k}. \quad (11)$$

Якщо $k=const$, то напрямною кривою буде гвинтова лінія. Всі характеристики кінематичного гвинта супровідного тригранника матимуть сталі значення.

Висновки. Рух супровідного тригранника Френе по напрямній кривій можна вважати рухом твердого тіла в просторі за певним законом. В кожен момент часу тригранник обертається навколо миттєвої осі обертання, що проходить через його вершину, з певною кутовою швидкістю і переміщується в напрямі дотичної із поступальною швидкістю V. Компоненти такого руху залежать від кривини і скруту кривої в точці знаходження тригранника. Два рухи (обертальний і поступальний) можна замінити одним рухом навколо миттєвої осі обертання і ковзання, тобто замінити кінематичним гвинтом. В статті знайдено розташування миттєвої осі обертання і ковзання кінематичного гвинта через кривину і скрут напрямної кривої в точці знаходження тригранника та знайдено його параметр.

Література

1. Лойцянский Л. Г. Курс теоретической механики: в 2-х. т. / Л. Г. Лойцянский, А. И. Лурье. – Т. 1: Статика и кинематика. – 8-е изд. – М.: Наука, 1982. – 352 с.
2. Лурье А. И. Аналитическая механика / А. И. Лурье. – М.: ФМ, 1961. – 823 с.
3. Лойцянский Л. Г. Курс теоретической механики: в 2-х. т. / Л. Г. Лойцянский, А. И. Лурье. – Т. 1: Статика и кинематика. – М.: ГИТТЛ, 1954. – 379 с.
4. Рашевский П. К. Курс дифференциальной геометрии / П. К. Рашевский. – М.: ГИТТЛ, 1956. – 420 с.
5. Пилипака С. Ф. Кінематична інтерпретація руху супровідних тригранників Френе і Дарбу через внутрішні параметри кривих / С. Ф. Пилипака // Науковий вісник Національного аграрного університету / НАУ. – К., 1998. – Вип. 4. – С. 143-146.
6. Панчук К. Л. Элементы кинематической геометрии кривой линии / К. Л. Панчук // Омский научный вестник / ОГТУ. – Омск, 2005. – № 2 (31). – С. 68-69.
7. Войтюк Д. Г. Конструювання просторової кривої лінії із заданою кривиною, як траєкторії руху матеріальної точки / Д. Г. Войтюк, С. Ф. Пилипака // Механізація сільськогосподарського виробництва: зб. наук. праць / НАУ. – Т. 10. – К., 2001. – С. 74-78.

КИНЕМАТИЧЕСКИЙ ВИНТ ТРЕХГРАННИКА ФРЕНЕ

Пилипака С. Ф., Кресан Т. А., Кремец Я. С.

Аннотация

Во время перемещения твердого тела в пространстве его движение в каждый момент времени можно разложить на вращательное вокруг оси мгновенного вращения и поступательное в определенном направлении. Если в качестве тела взять сопровождающий трёхгранник Френе направляющей кривой, то характер его движения в пространстве целиком будет зависеть от дифференциальных характеристик этой кривой. Значение угловой скорости вращения, положение мгновенной оси вращения, поступательной скорости по направлению орта касательной будет зависеть от ее кривизны и кручения.

В статье графическими и аналитическими методами найдено положение мгновенной оси вращения, которая проходит через вершину трёхгранника, размер угловой скорости его вращения. Два движения - вращательное вокруг оси мгновенного вращения и поступательное в направлении орта касательной - заменены одним винтовым движением вокруг мгновенной оси вращения и скольжения. Для этого были использованы формулы Френе. Найден кинематический винт, его положение и параметр для направляющих

пространственных кривых. Рассмотрен частичный случай для обобщенных кривых укоса, в частности, для винтовой линии.

Ключевые слова: трехгранник Френе, кинематический винт, вектор Дарбу, направляющая кривая, кривая укоса, кривизна, кручение.

KINEMATIC CREW OF TREE-EDGE OF FRENET

S. Pylypaka, T. Kresan, Ya. Kremetz

Summary

When moving a rigid body in space, its motion at each instant can be decomposed into a rotation around the axis of instantaneous rotation and translational motion in a certain direction. If as a solid body to take the accompanying three-edge of Frenet of a directional curve, then the character of its motion in space will depend entirely on the differential characteristics of this curve. The value of the angular speed of rotation, the position of the instantaneous axis of rotation, the translational velocity in the direction of the unit vector tangent will depend on curvature and torsion of the curve.

In the article by graphical and analytical methods have found the position of the instantaneous axis of rotation, which passes through the top of the trihedral and the magnitude of the angular velocity of it's rotation. Two motions, rotating around the axis of instantaneous rotation and moving in the direction of the tangent, are replaced by one screw motion around the instantaneous axis of rotation and sliding. To do this, the formulas of Frenet were used. The kinematic screw, its position and parameter for guides of spatial curves have found. The partial case for generalized slope curves, in particular for a screw line, have considered.

Keywords: three-edge of Frenet, the kinematic screw, vector Darby, a directing curve, curve a hay crop, curvature, torsion.

УДК 514.18

СПОСІБ НЕРЕГУЛЯРНОГО РОЗБИТТЯ НЕЗВ'ЯЗНОЇ МНОЖИНИ БАГАТОКУТНИКАМИ ЗІ ЗМІННИМИ МЕТРИЧНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

Соболь О. М., д.т.н., с.н.с.
Арнаго Г. В.,
Олійник Т. М.
Національний університет цивільного захисту України,
E-mail: uodscz@nuczu.edu.ua

Анотація - У різних сферах людської діяльності існують проблеми, які пов'язані з обробкою і перетворенням геометричної інформації. Ці проблеми стосуються класу оптимізації геометричних питань проекту. Зазначений клас задач складається з: завдань оптимального розміщення геометричних об'єктів; проблем оптимального охоплення геометричних об'єктів; проблем оптимального розподілу геометричних об'єктів; задач побудови оптимальних рішень. У сфері цивільного захисту, є багато важливих практичних проблем, вирішення яких вимагає використання методів оптимізації геометричних задач. Як правило, це територіальні задачі планування, так як правильність територіально розподілених елементів системи цивільного захисту залежить, більшою мірою, від їх місця розташування і готовності сил ліквідації наслідків надзвичайних станів усувати їх в найкоротший час.

В роботі розроблено спосіб нерегулярного розбиття незв'язної множини багатокутниками зі змінними метричними характеристиками. Для цього було сформульовано постановку задачі оптимального розбиття незв'язної множини, побудовано дерево рішень для перебору можливих варіантів розбиття заданої множини, наведено правила відтинання безперспективних гілок дерева.

Ключові слова **- нерегулярне розбиття, незв'язна множина, дерево рішень, правила відтинання.**

Постановка проблеми. У різних сферах діяльності людини виникають задачі, що пов'язані з обробкою та перетворенням геометричної інформації, тобто відносяться до класу задач оптимізаційного геометричного проектування. Зазначений клас задач складають:

– задачі оптимального розміщення геометричних об'єктів;
– задачі оптимального покриття геометричних об'єктів;
– задачі оптимального розбиття геометричних об'єктів;
– задачі побудови оптимальних шляхів і з'єднувальних мереж.

© Соболь О. М., Арнаго Г. В., Олійник Т. М.

Слід відзначити, що в сфері цивільного захисту виникає ціла низка важливих практичних задач, розв'язання яких потребує використання методів оптимізаційного геометричного проектування. Як правило, це задачі територіального планування, оскільки успішність дій територіально розподілених елементів системи цивільного захисту в значній мірі залежить від їх розташування та наявності достатньої кількості сил та засобів для ліквідації в найкоротший термін наслідків надзвичайних ситуацій різного характеру. Таким чином, важливою науково-прикладною проблемою є розробка методів та способів для розв'язання даного класу задач.

Одним з напрямків вирішення зазначеної проблеми є створення способів розбиття заданих множин на підмножини, зокрема способу нерегулярного розбиття незв'язної множини багатокутниками зі змінними метричними характеристиками. Даний спосіб можна застосувати, наприклад, для розв'язання задачі раціонального територіального розподілу захисних споруд, що є актуальним в умовах реформування системи цивільного захисту, оскільки це дозволить підвищити рівень захищеності населення в умовах надзвичайних ситуацій.

Аналіз останніх досліджень. Розробці методів та способів розв'язання класу задач оптимального розміщення геометричних об'єктів присвячено, наприклад, роботи [1, 2]. Що стосується задач оптимального покриття, то вони досліджувалися, наприклад, в роботах [3, 4]. Розвитку методів розв'язання задач оптимізаційного розбиття множин присвячено наукові праці [5, 6]. Разом з тим, потребує подальшого дослідження задача оптимізаційного розбиття незв'язної множини багатокутниками зі змінними метричними характеристиками.

Формулювання цілей статті. В даній роботі необхідно розробити спосіб нерегулярного розбиття незв'язної множини багатокутниками зі змінними метричними характеристиками.

Основна частина. Постановка задачі нерегулярного розбиття незв'язної множини багатокутниками зі змінними метричними характеристиками на прикладі задачі раціонального територіального розподілу захисних споруд має наступний вигляд.

Нехай задано незв'язну множину розбиття S_0 у просторі R^2. На даній множині задано неперервні характеристики $c_j = c_j(x, y)$, $j = 1, \ldots, n_c$ (n_c - кількість неперервних характеристик множини розбиття), що являють собою розподіл населення тощо. Необхідно розбити задану множину на мінімальну кількість підмножин таким чином, щоб час досягнення населенням захисних споруд не перевищував заданий.

Інакше кажучи:

$$N\left(s_1,\ldots,s_N,m_1^1,m_2^1,\ldots,m_1^N,m_2^N\right)\to\min,$$

$$\left(\bigcup_{k=1}^{N}S_k\right)\bigcap cS_0=\varnothing;$$

$$\left(\bigcup_{k=1}^{N}S_k\right)\bigcap S_0=S_0;$$

$$S_k\bigcap S_l=\varnothing;$$

$$\max T\left(s_k,m_1^k,m_2^k\right)\le T^*;$$
$$k,l=1,\ldots,N;\ k\ne l;$$

причому $S_0\bigcup cS_0=R^2$.

Тут $N(.)$ - кількість підмножин розбиття S_k; s_k та $\left\{m_1^k,m_2^k\right\}$ - форми та метричні характеристики підмножин розбиття, $m_2^k=m_2^k\left(c_1,\ldots,c_{n_c}\right)$, $k=1,\ldots,N$; $\max T(.)$– час прибуття населення з найвіддаленішої точки району захисту до захисної споруди; T^* – заданий час прибуття населення до захисної споруди.

Для розв’язання поставленої задачі було розроблено спосіб нерегулярного розбиття незв’язної множини багатокутниками зі змінними метричними характеристиками. Сутність даного способу полягає у такому.

Нехай незв’язна множина розбиття S_0 має компоненти зв’язності S_0^r, $r=1,\ldots,R$ (рис. 1), причому геометрична інформація стосовно даної області має наступний вигляд:

$$G_0=\left(\left\{s_0^1,\ldots,s_0^R\right\},\left\{m_0^1,\ldots,m_0^R\right\},\left\{v_0^1,\ldots,v_0^R\right\}\right),\qquad(3.1)$$

де $\left\{s_0^1,\ldots,s_0^R\right\}$ – багатокутники;

$\left\{m_0^r\right\} = \left\{x_1^{0,r}, y_1^{0,r}, \ldots, x_{n_{0,r}}^{0,r}, y_{n_{0,r}}^{0,r}\right\}$, де $n_{0,r}$ – кількість вершин компонент зв'язності S_0^r, $r = 1, \ldots, R$;

$\left\{v_0^1, \ldots, v_0^R\right\}$ – параметри розміщення компонент зв'язності S_0^r, $r = 1, \ldots, R$.

Позначимо відрізок між вершинами $P_1^{0,1}$ та $P_2^{0,1}$ як $b_1^{0,1}$ (сторона компоненти зв'язності S_0^1) і т.д. до $b_{n_{0,1}}^{0,1}$. Тоді рівень дерева рішень, що відповідає побудові підмножини S_1, матиме наступний вигляд:

$$S_1 : b_1^{0,1}, \ldots, b_{n_{0,1}}^{0,1}, \ldots, b_1^{0,R}, \ldots, b_{n_{0,R}}^{0,R}, \left(b_1^{0,1}, b_2^{0,1}\right), \ldots, \left(b_1^{0,R}, \ldots, b_{n_{0,R}}^{0,R}\right).$$

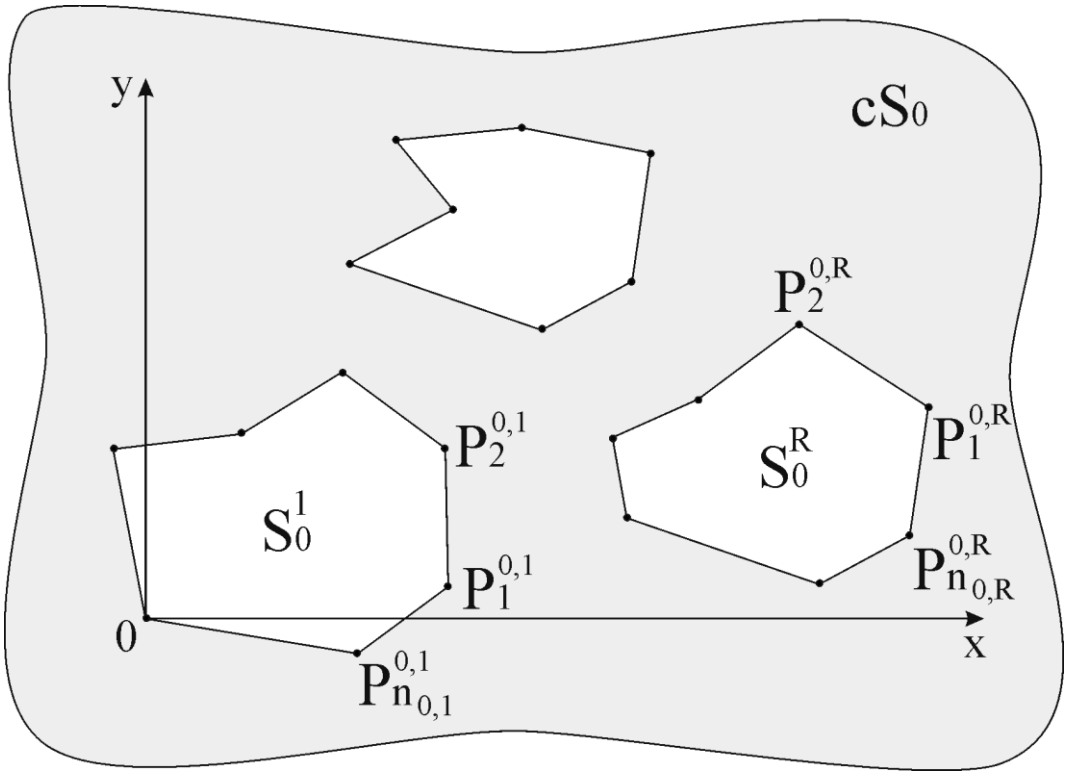


Рис. 1. Незв'язна множина розбиття S_0

Сформулюємо таку властивість.

Властивість 1. На рівнях дерева рішень не може бути комбінацій елементів границь різних компонентів зв'язності S_0^r, $r = 1, \ldots, R$.

Таким чином, виходячи з властивості 1, на вищенаведеному рівні дерева рішень, що відповідає побудові підмножини S_1, не може бути елементів виду $\left(b_1^{0,1}, b_1^{0,R}\right)$, $\left(b_1^{0,1}, \ldots, b_{n_{0,R}}^{0,R}\right)$ і т.д.

Нехай підмножину S_1 побудовано так, як це наведено на рис. 2.

Тоді рівень дерева рішень, що відповідає побудові підмножини S_2, має наступний вигляд:

S_2:

$$b_1^1, \ldots, b_{n_1}^1, b_2^{0,1'}, \ldots, b_{n_{0,1}}^{0,1}, \ldots, b_1^{0,R}, \ldots, b_{n_{0,R}}^{0,R}, \left(b_1^{0,1}, b_2^{0,1}\right), \ldots, \left(b_1^{0,R}, \ldots, b_{n_{0,R}}^{0,R}\right).$$

Тут $b_2^{0,1'}$ - відрізок між точками $P_{n_1}^1$ та $P_3^{0,1}$.

Аналогічно можна побудувати наступні рівні дерева рішень (з урахуванням попередніх). Таким чином, для даного способу розв’язання дерево рішень має вигляд, наведений на рис. 3.

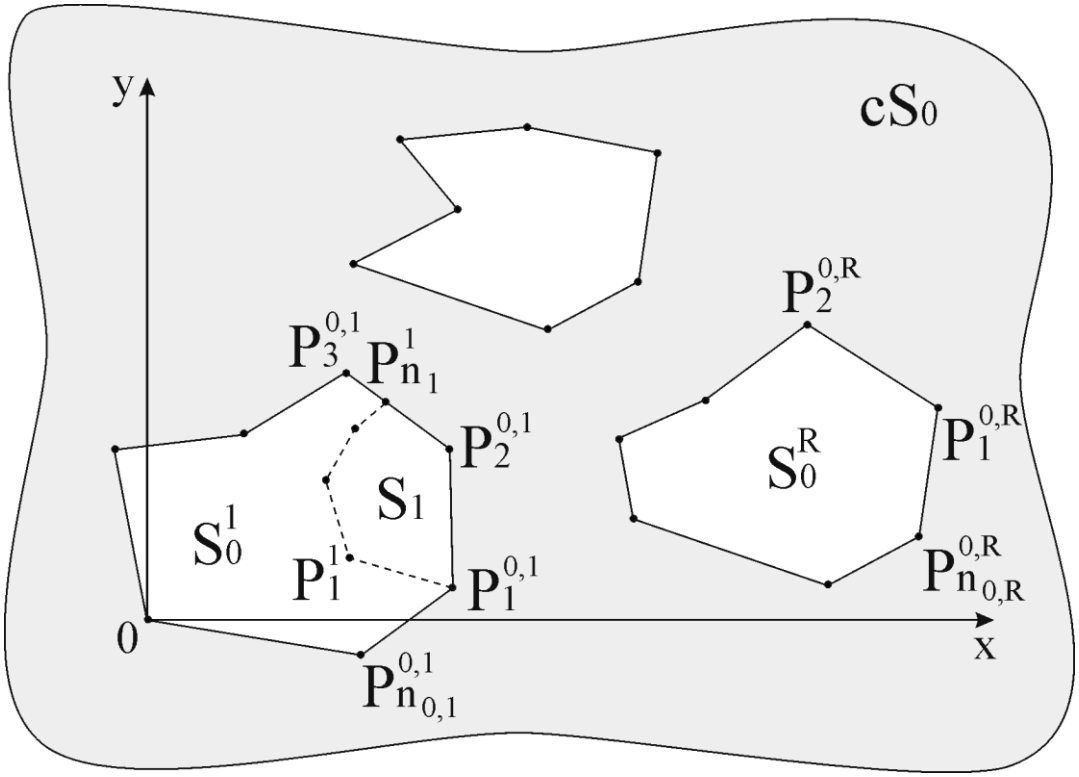


Рис. 2. Побудова підмножини S_1

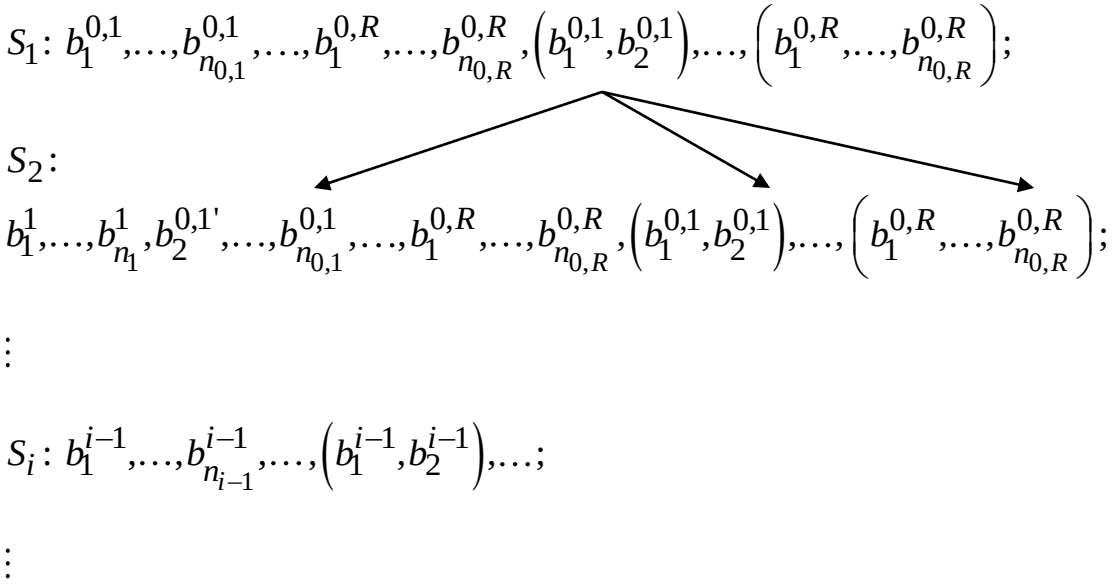
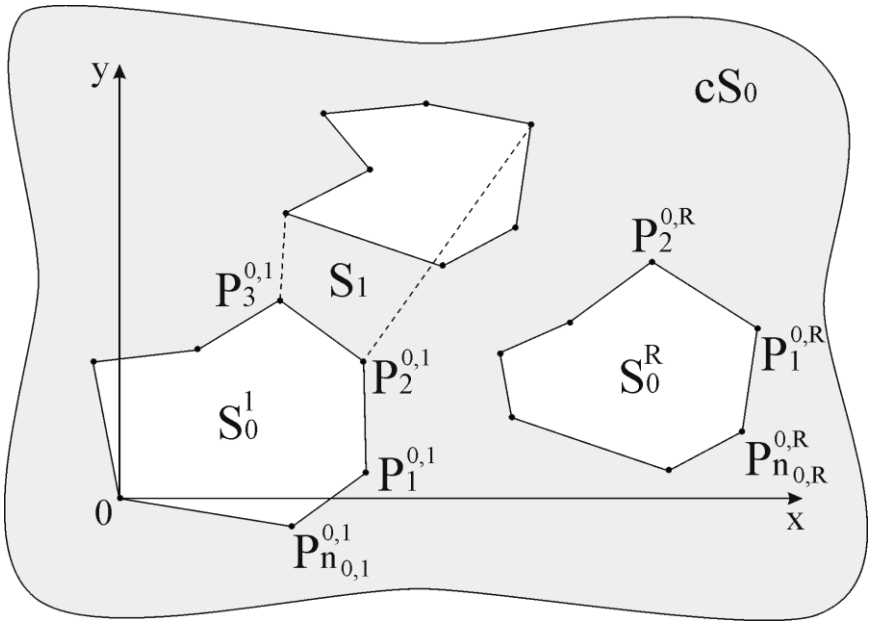


Рис. 3. Дерево рішень

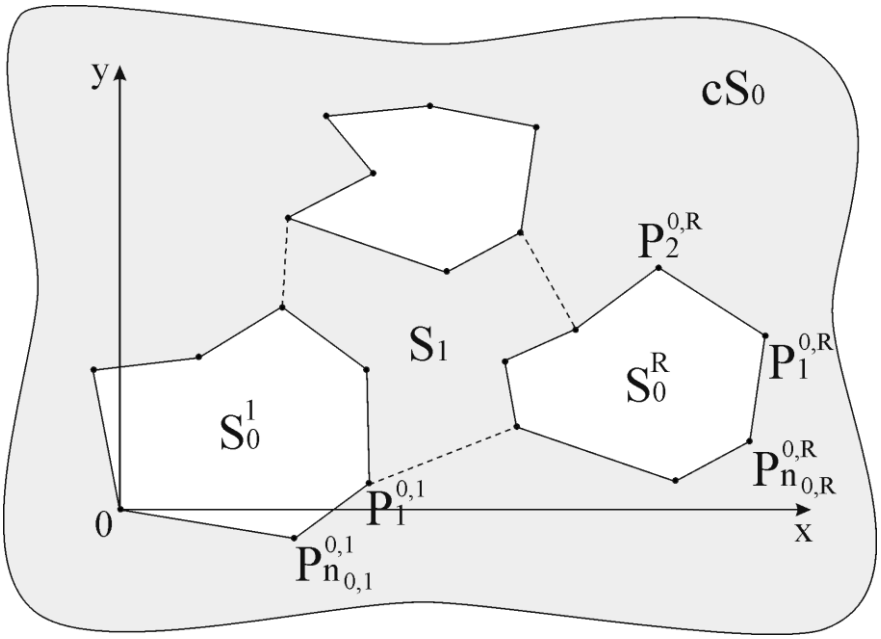
Таким чином, перебір гілок дерева рішень дозволяє отримати раціональну кількість підмножин при розбитті багатозв'язної множини.

Для відтинання безперспективних гілок дерева рішень необхідно використовувати правила відтинання, геометрична інтерпретація яких наведена на рис. 4. Тобто на даному рисунку наведено неприпустимі випадки щодо побудови підмножин розбиття.

Висновки. В даній роботі було розроблено спосіб нерегулярного розбиття незв'язної множини багатокутниками зі змінними метричними характеристиками. Для цього було сформульовано постановку задачі оптимального розбиття незв'язаної множини, розглянуто приклади побудови підмножин та записано дерево рішень для даної задачі. Дерево рішень дозволяє здійснити перебір можливих варіантів розбиття заданої множини та одержати раціональний розв'язок задачі. Для відтинання безперспективних гілок дерева рішень було надано геометричну інтерпретацію правил відтинання, тобто наведено неприпустимі випадки щодо побудови підмножин розбиття. Розроблений спосіб дозволить у подальшому розв'язувати важливі практичні задачі у різних сферах діяльності людини.



а)



б)

Рис. 4. Графічне уявлення правил відтинання

Література

1. Stoyan, Yu. G. (2001). Analytical description of interactions of point sets. *Journal of mechanical engineeering*, *1-2*(4), 77-88.
2. Chaplya, Yu., & Sobol, O. (2016). Development the methods of optimum placement undirected planar objects with piecewise non-

linear boundaries in the multiply area. *ECONTECHMOD. An international quarterly journal*, *5*(2), 39-44.

3. Оптимізація покриття заданих областей геометричними об’єктами зі змінними метричними характеристиками: монографія / В. М. Комяк [та ін.]. – Х.: НУЦЗУ, 2013. – 124 с.
4. Собина В. О. Моделювання раціонального покриття об’єктів залізниці районами виїзду пожежно-рятувальних підрозділів / В. О. Собина // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних сил / ХУПС. – Харків, 2011. – Вип. 1(27). – С. 240-242.
5. Киселева Е. М. Непрерывные задачи оптимального разбиения множеств: теория, алгоритмы, приложения: монография / Е. М. Киселева, Н. З. Шор. – К.: Наукова думка, 2005. – 564 с.
6. Садковий В. П. Раціональне розбиття множин при територіальному плануванні в сфері цивільного захисту: монографія / В. П. Садковий, В. М. Комяк, О. М. Соболь; Ун-т цивільного захисту України. – Горлівка, 2008. – 174 с.

СПОСОБ НЕРЕГУЛЯРНОГО РАЗБИЕНИЯ НЕСВЯЗНОГО МНОЖЕСТВА МНОГОУГОЛЬНИКАМИ С ПЕРЕМЕННЫМИ МЕТРИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

Соболь А. Н., Арнаго А. В., Олейник Т. Н.

Аннотация

В различных сферах человеческой деятельности существует проблемы, которые связаны с обработкой и преобразованием геометрической информации. Эти проблемы касаются класса оптимизации геометрических вопросов проекта. Указанный класс задач состоит из: задач оптимального размещения геометрических объектов; проблем оптимального охвата геометрических объектов}; проблем оптимального разделения геометрических объектов; задач построения оптимальных решений. В сфере гражданской защиты, есть множество важных практических проблем, решение которых требует использования методов оптимизации геометрических задач. Как правило, это территориальные задачи планирования, так как правильность территориально распределенных элементов системы гражданской защиты зависит, в большей степени, от их местоположения и готовности сил ликвидации последствий чрезвычайных положений устранять их в самое короткое время.

В работе разработан способ нерегулярного разбиения несвязного множества многоугольниками с переменными метрическими характеристиками. Для этого была сформулирована постановка задачи оптимального разбиения несвязного множества, построено дерево решений для перебора возможных вариантов разбиения заданного множества, приведены правила отсечения бесперспективных ветвей дерева.

Ключевые слова: нерегулярное разбиение, несвязное множество, дерево решений, правила отсечения.

METHOD OF NON-REGULAR PARTITION UNCONNECTED SETS BY POLYGONS WITH VARIABLE METRIC CHARACTERISTICS

O. Sobol, G. Arnago, T. Oliynyk.

Summary

In various spheres of human activity there are exists problems that will be associated with the processing and transformation of geometric information. These problems will be relating to a class of optimization geometric design problems. The specified class of tasks consists of: tasks of optimal placement of geometric objects; problems of optimal coverage of geometric objects; problems of optimal partition of geometric objects; tasks of constructing optimal roots and connecting networks.

For example, in the field of civil defense, there are a number of important practical problems, the solution of which requires the use of methods of optimization geometric design. Typically, these are territorial planning tasks, since the success of territorially distributed elements of the civil defense system depends to a large extent on their location and the availability of sufficient forces and means to eliminate them in the shortest possible time of the consequences of emergencies of a different nature. Thus, an important scientific and applied problem is the development of methods and methods for solving this class of tasks.

In this paper, a method of non-regular partition unconnected sets by polygons with variable metric characteristics was developed. To this end, the formulation of the problem of optimal partition of unconnected sets was formulated, examples of constructing subsets are considered and a decision tree is written for this problem. The decision tree allows sorting out possible variants of the partition of a given set and obtaining a rational solution to the problem. For the removal of the branches of the decision tree, a geometric interpretation of the punctuation rules was given, that is, there are unacceptable cases of constructing subsets of the partition. The developed method will allow solving important practical problems in different areas of human activity in the future.

Keywords: non-regular partition, unconnected set, decision tree, punctuation rules.

УДК 614.843(075.32) DOI: 10.31388/2220-8674-2018-2-47

РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ АНАЛІЗУ ПОЖЕЖНИХ СИТУАЦІЙ

Мартин Є. В., д.т.н.,
Тарапата Н. В.
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності
тел.: 032-2330088

Анотація - У роботі розглянуто вплив основних чинників на параметри пожежі, а також проведено аналіз пожежних ситуацій у різних приміщеннях для визначення рівня безпеки. Наведено приклад та описано роботу розробленого програмного забезпечення, яке дозволяє із використанням попередньо заданих, випадкових або налаштовуваних умов стану пожежної ситуації здійснювати оцінку стану пожежної безпеки у приміщенні, а також аналізувати ймовірність того, чи вдасться врятувати усіх присутніх у приміщенні. На основі цього аналізу можна видавати рекомендації, що вказують на те, які умови стали причиною погіршення ситуації, і до чого варто придивитись уважніше під час облаштування пожежної безпеки приміщення. Розроблений емулятор аналізу пожежних ситуацій дасть змогу суттєво полегшити розрахунок параметрів розвитку пожежі та оптимальної кількості сил та засобів для її ліквідації.

Ключові слова - **пожежна безпека, програма-емулятор, аналіз пожежних ситуацій у приміщенні.**

Постановка проблеми. В Україні має місце проблема, пов’язана з тим, що пожежна безпека мало синхронізована з сучасними інформаційними технологіями. Через їх відсутність щорічно від пожеж стається безліч нещасних випадків, завдаються значні матеріальні втрати. Будь-яка пожежа починається із загорання, яке інколи може ліквідувати одна людина, якщо має відповідні навички та знає правила поведінки під час пожежі [3]. Тому, у разі виникнення пожежі необхідно заздалегідь знати де і які засоби пожежогасіння розміщуються та як ними користуватися. Зважаючи на обмеженість матеріальних ресурсів навчальної пожежно-рятувальної частини, вважаємо, що використання спеціального програмного забезпечення є інноваційним та доцільним, тому потрібно прикладати більше зусиль для його розробки.

Аналіз останніх досліджень свідчить про те, що створити будинок максимально безпечним для його мешканців можна, якщо всі основні елементи його пожежної безпеки закладені на етапі планування та проектування [4]. Створити абсолютно

© Мартин Є. В., Тарапата Н. В.

пожежобезпечне приміщення неможливо. Реально лише зменшити ризики пожежної небезпеки.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, яким присвячується стаття. Дослідження та практика щодо зменшення небажаних наслідків можливих руйнівних пожеж показали, що план будівлі потрібно розробляти відповідно до будівельних норм з урахуванням вимог пожежної безпеки [5]. Актуальним є питання аналізу пожежних ситуацій з використанням інформаційних технологій для вирішення рівня безпеки у будівлі. Маючи дані та план облаштування будівлі, можна зробити висновки щодо безпеки з використанням спеціально розробленого програмного забезпечення, яке може бути використане у навчальному процесі.

Формування цілей статті. Розроблення програмного забезпечення для аналізу пожежної безпеки у приміщенні.

Основна частина. У процесі навчання за напрямком пожежної безпеки від майбутнього фахівця вимагається вміння оцінювати ризики, пов’язані із пожежею. У майбутньому це вміння є дуже важливим фундаментом, коли необхідно швидко оцінити ситуацію, розставити у ній пріоритети, бути готовим діяти в нестандартних умовах. У зв'язку із недосконалістю та обмеженістю пожежно-навчальної бази, та зважаючи на стрімкий розвиток комп'ютерних технологій, є доцільним використання спеціалізованого програмного забезпечення у навчальному процесі. Результатом роботи стала нами розроблена програма-емулятор, яка дозволяє на основі попередньо заданих, випадкових або налаштовуваних умов стану пожежної ситуації, здійснювати оцінку становища, також аналізувати ймовірність того, що вдасться врятувати усіх присутніх у будівлі та на основі цього аналізу, видавати рекомендації, які вказують не те, які умови стали причиною погіршення ситуації, і до чого варто придивитись уважніше під час облаштування пожежної безпеки приміщення. На сьогоднішній день існує дуже багато мов програмування [5]. Кожна мова і технологія існує для певних завдань і цілей. Наприклад, одні мови призначені тільки для розробки сайтів, інші – тільки для розробки програм під Windows, а деякі можуть поєднувати в собі обидві функції. Окремо існують мови для програмування на Android та iOS.

Для розробленого нами програмного забезпечення було обрано мову програмування із кількох значущих причин [6].

В першу чергу, було звернуто увагу на те, що мова для виконання даного проекту має реалізовувати принципи об’єктно-орієнтованого програмування (ООП). ООП як парадигма, розглядає програму як множину об’єктів, що взаємодіють між собою. Її основу складають чотири принципи: інкапсуляція, успадкування,

поліморфізм та абстракція. Одною з переваг ООП є краща модульність програмного забезпечення (тисячу функцій процедурної мови в ООП можна замінити кількома десятками класів із своїми методами).

За допомогою класів та об'єктів можна досягнути набагато більшої структурованості програми, яка при розробці потужних систем, буде дозволяти в межах кількох кліків знайти необхідний клас чи метод.

Також, великою зручністю ООП є принцип наслідування, який дозволяє повторно використовувати код, і створювати свої варіанти існуючих класів, не ламаючи логіку програми модифікаціями в наявний клас.

Наступним важливим чинником для нас стала можливість виконання нашої програми на будь-якій платформі, для якої є написана java-машина [7].

Вона дозволяє інтерпретувати байт-код програми в машинний код конкретного пристрою, завдяки чому, написавши програму для одного середовища, вона працюватиме всюди. Також приваблює автоматичне керування пам'яттю і ресурсами комп'ютера, що дозволяє позбавитись від не надто безпечної і зручної роботи з ресурсами комп'ютера. На теперішній стадії еволюції автоматичне управління пам'яттю і, зокрема, «збірник сміття» показують чудові результати роботи і фактично не викликають нарікань у тих, хто обрав java мовою програмування [8].

Також плюсом стали строга типізація мови, яка дозволяє уникнути помилок при роботі з різними типами даних, ну і неймовірно великий вибір всеможливих фреймворків для роботи з нею.

Для розробки програми - емулятора, було використано сучасний редактор і компілятор Intellij IDEA (рис. 1), який найкраще зарекомендував себе серед подібних додатків для створення програмного забезпечення.

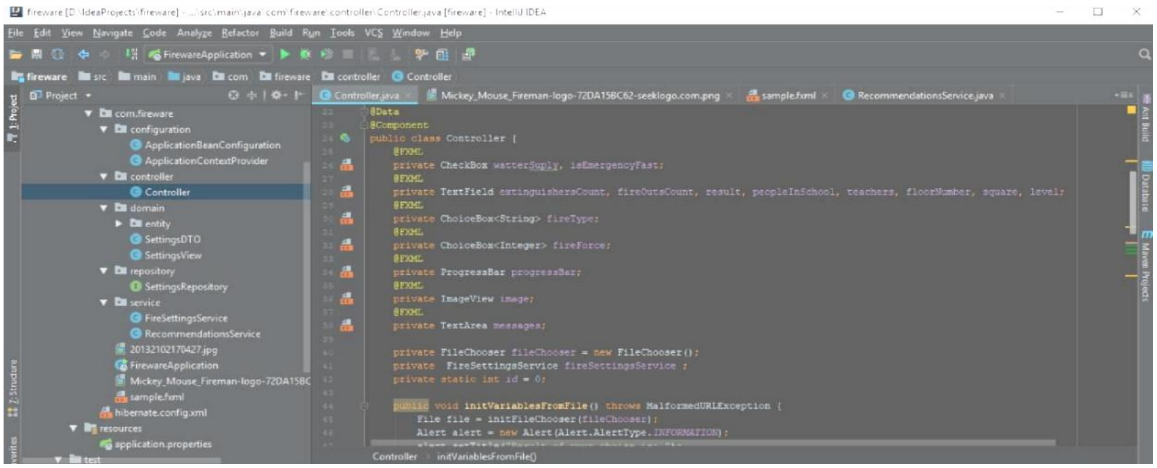


Рис. 1 Інтерфейс Intellij IDEA

Враховуючи специфіку навчального процесу пожежних-рятувальників слід розуміти потреби та принципи, які мусить задовільняти програмне забезпечення, тому програма-емулятор «Fireware Emulation» повинна відповідати наступним критеріям:

1. Простота використання:
   - логічний та зрозумілий інтерфейс;
   - доступність та точність інструкцій роботи з програмним забезпеченням.
2. Постійна підтримка та оновлюваність матеріальної бази:
   - постійне оновлення матеріальної бази, додаванням до неї нових пожежних планів;
   - систематичне оновлення програмного забезпечення з додавання до неї нового функціоналу та покращення роботи існуючого.
3. Доступність та надійність.
4. Мультиплатформеність.
5. Говорячи про мультиплатформеність, мається на увазі, що «Fireware Emulation» має працювати не залежно від того, яке операційне програмне забезпечення використовується (Windows, Linux, MacOS, та інші). Відповідно до операційної системи та платформи, дизайн програмного забезпечення має підлаштовуватись під користувача та розмір екрану, маючи гнучкий дизайн.
6. Доступ до програмного забезпечення не має бути складним. Паролі для запуску та роботи з ним використовуватись не будуть, тобто доступ може отримати будь-який курсант чи рятувальник. Водночас з цим софт має бути відлагодженим, щоб знизити можливість помилок у програмному коді, гальмування програмного забезпечення, самостійне вимкнення, а також має мати надійний захист від зовнішніх втручань у програмний код.

7. Програмне забезпечення повинне систематично оновлюватись, щоб покращити свою зручність для користувача та виправити можливі помилки при роботі. Разом з цим розширення функціоналу та матеріальної бази може спростити навчальний процес та зробити його більш інтерактивним.
8. Інтерфейс «Fireware Emulation» повинен бути зрозумілим та легким у використанні, щоб користувач не витрачав велику кількість часу на освоєння принципів роботи програмного забезпечення, а також мав доступ до усіх програмних інструкцій та підказок [9].

Нами запропонований наступний алгоритм написання «Fireware Emulator»:

- Відкриваємо середовище розробки Intelleij IDEA(подвійний клік лівою клавішею миші по ярлику).
- Наступним кроком потрібно створити пакети та класи, щоб об’єднати ряд змінних різних типів в одне ціле. Для цього натискаємо на вкладку “File”, вибираємо “створити пакет” та задаємо йому певну назву. Теж саме робимо і з класами.
- Після цього, можна приступати до написання коду за допомогою змінних та методів. За допомогою методів виносимо текст повторюваного коду програми окремо в тіло методу, після чого можна викликати даний метод з будь-якого місця програми безліч разів.
- На завершення потрібно підключити базу даних для розроблення програмного забезпечення. Для зберігання даних можна використовувати різні бази даних - Oracle, MS SQL Server, MySQL, Postgres і т.д. Всі ці системи управління базами даних мають свої особливості. Головне, що їх об'єднує це взаємодія зі сховищем даних за допомогою команд SQL.

Після запуску програми потрібно завантажити план приміщення. Для цього потрібно натиснути на кнопку «Choose plan» та обрати у кореневій папці потрібний файл. Відповідно до плану будівлі, ми маємо заповнити пусті комірки певними значеннями. Тут можна також скористатись приладами для вимірювань.

Фрагмент інтерфейсу розробленого програмного забезпечення у вигляді скріншоту представлено на рис. 2, зображено доволі безпечне приміщення, тут лише один поверх, 7 вогнегасників та 3 запасних виходи, а також присутнє постачання води. На основі аналізу, якщо вогонь буде помірним, незважаючи на присутність великої кількості осіб та раптової назвичайної ситуації, уникнути небезпеки буде не так складно.

На рис. 3 можна побачити, що після проведення аналізу, так швидко уникнути небезпеки не вдасться, адже будівля має велику площу, багато осіб, вогонь розгоряється швидко і присутні лише 8 вогнегасників та один запасний вихід. Тому у разі виникнення небезпеки, потрібно буде прикласти неабияких зусиль.

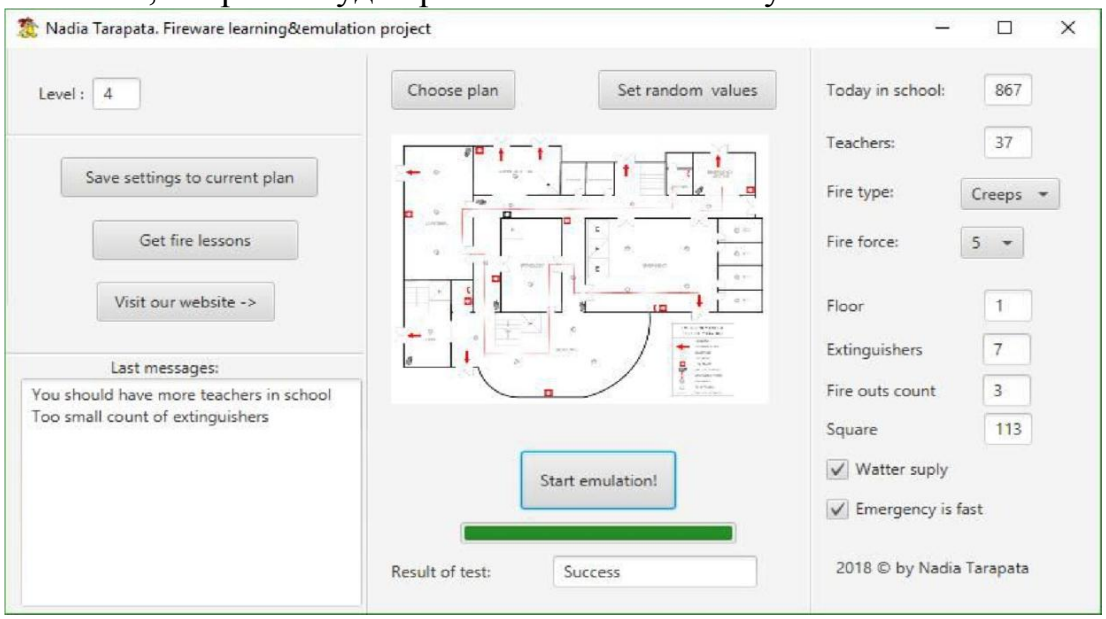


Рис.2 Інтерфейс «Fireware Emulator»

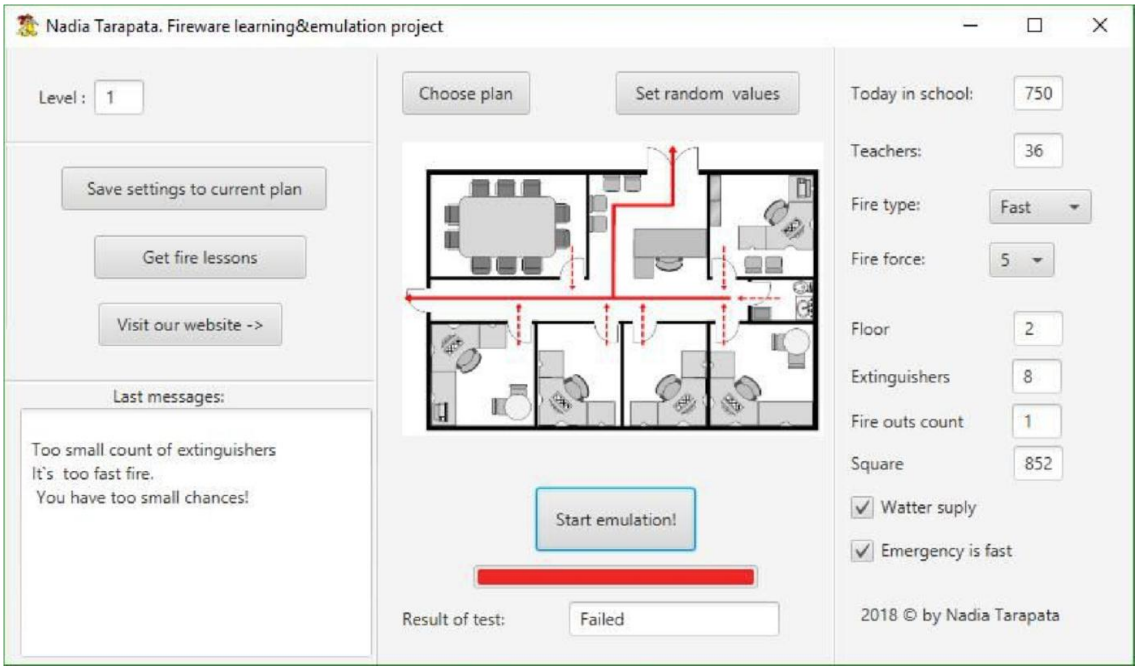


Рис. 3 При евакуаційному плані результат емуляції негативний

Висновки. Розроблений емулятор «Fireware Emulator» дозволяє виконувати аналіз пожежних ситуацій у приміщеннях різного функціонального призначення. Для того, щоб визначити рівень безпеки, необхідно знати основні параметри будівлі, провести моніторинг стану техногенної (пожежної) безпеки. Результатом

роботи емулятора є визначення фактичного ступіню вогнестійкості будівлі. Він дозволяє проводити розрахунок сил та засобів для ліквідації надзвичайної ситуації (пожежі) на об'єкті. Розроблене програмне забезпечення дозволяє досягнути мінімального рівня ризику, оскільки досягти нульового рівня ризику, тобто абсолютної безпеки, сьогодні неможливо.

Література:

1. Дії у разі виникнення пожежі [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://vseosvita.ua/library/dii-u-razi-viniknenna-pozezi-56634.html
2. Про затвердження Правил пожежної безпеки в Україні: Наказ МВС України № 1417 від 03.10.2017 р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0252-15.
3. Державні будівельні норми України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: kbu.org.ua/assets/app/documents/dbn2/14.1.%20ДБН%20360-92~~.%20%20%20%20%20%20Містобудування.%20Планування%20і%20за.pdf
4. Пожежна безпека технологічних процесів. Аналіз пожежної небезпеки технологічних процесів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://res.in.ua/pojejna-bezpeka-tehnologichnih-procesiv-kategoriyi-primishene.html
5. Паливода А. В. Правила пожежної безпеки в Україні / А. В. Паливода. – К., 2017. – 104 с.
6. Мови програмування [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://kamzosh.at.ua/publ/2-1-0-6
7. Васильев А. П. Java с примерами и программами / А. П. Васильев. – М.: 2017. – 368 с.
8. Програмна система оцінювання та прогнозування надійності програмного забезпечення / М. М. Сенів // Відбір і обробка інформації : міжвід. зб. наук. праць / НАН України, Фіз.-мех. ін-т ім. Г.В. Карпенка. – Львів, 2010. – Вип. 33 (109). – С. 123-129.

РОЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА ПОЖАРНЫХ СИТУАЦИЙ

Мартын Е. В., Тарапата Н. В.

Аннотация

В работе рассмотрено влияние основных составляющих на параметры пожара, а также проведено анализ пожарных ситуаций в разных помещениях для определения уровня безопасности. Приведен пример и описана работа разработанного программного обеспечения, которое позволяет с использованием предварительно заданных, случайных или настраиваемых условий состояния пожарной ситуации выполнять оценку уровня пожарной безопасности в помещении, а также проводить анализ вероятности того, удастся ли спасти всех присутствующих в помещении. На основании этого анализа можна выдавать рекомендации, которые указывают на то, какие условия стали причиной ухудшения ситуации и чему следует уделить внимание во время обустройства пожарной безопасности помещения. Розработанный эмулятор анализа пожарных ситуаций даст возможность существенно облегчить расчет параметров развития пожара. оптимального колличества сил и средств для ее ликвидации.

Ключевые слова: пожарная безопасность, программа-эмулятор, анализ пожарных ситуаций в помещении.

EMULATOR OF ANALYSIS OF FIRE SITUATIONS

E. Martyn**,** N. Tarapata,

Summary

The influence of the main factors on the parameters of the fire is considered in the work, as well as the analysis of fire situations in different premises to determine the level of safety. An example is given and describes the operation of software that allows pre-set, random or customizable fire conditions, assess the situation, and analyze the likelihood of saving all those present in the room. On the basis of this analysis, to issue recommendations that indicate not what conditions have caused the deterioration of the situation, and what should be looked at more carefully during the installation of fire safety premises. The emulator of the analysis of fire situations will enable to significantly facilitate the calculation of parameters of fire development, as well as the optimal amount of forces and means for its elimination.

Keywords: fire safety, the program-emulator, the analysis of fire situations in a premise.

УДК 004.93 DOI: 10.31388/2220-8674-2018-2-48

АЛГОРИТМ ПОСТРОЕНИЯ РАЗДЕЛЯЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ДВУХ ТОЧЕЧНЫХ МНОЖЕСТВ МЕТОДОМ РАЗБИЕНИЯ ПРОСТРАНСТВА НА РЕГУЛЯРНУЮ СЕТКУ

Дашкевич А. А., к.т.н.
Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»
Тел. (057) 707–64–31

Аннотация – в работе рассмотрен подход к решению задачи классификации данных двух точечных множеств на основе построения их разделяющей поверхности. Предлагается понятие гиперкуба, как расширение метода пространственного хеширования. Обобщенный подход к построению разделяющей поверхности двух точечных множеств заключается в разбиении пространства, занимаемого множествами на регулярную сетку с помощью метода пространственного хеширования, построения гиперкуба для полученной сетки и нахождения значений в ячейках гиперкуба методом проведения дискретизированных гиперпрямых для нахождения средней ячейки гиперкуба между двумя ячейками, принадлежащими разным классам. Наиболее вероятный класс для новых точек определяется знаком и модулем значения в той ячейке гиперкуба, в которой находится эта точка. Преимуществом предложенного подхода является простота вычислений и возможность расширения для данных произвольной размерности.

Ключевые слова **– гиперкуб, пространственное хеширование, разделяющая поверхность, регулярная сетка, точечное множество, классификация.**

Постановка проблемы. В настоящее время существует большое количество подходов к классификации многомерных данных, среди которых можно выделить такие направления: методы основанные на поиске ближайших соседей [1], методы поиска разделяющих гиперплоскостей на основе машин опорных векторов [2], построение деревьев решающих правил [3], нейронные сети [4] и др.

При этом, алгоритмы, основанные на поиске ближайших соседей являются одними из самых простых в реализации и наглядности результата с точки зрения геометрической структуры данных. Недостатком таких методов является недостаточная гибкость в настройке алгоритма для различных типов данных и размерностей.

---

* Науковий консультант: Шоман О. В. д.т.н., проф.
© Дашкевич А. А.

Анализ последних исследований. В большинстве работ, посвящённых методам классификации, не уделяется достаточно внимания геометрической структуре исходных данных. Можно выделить подходы, основанные на разбиении пространства параметров на регулярные и нерегулярные сетки [5]. Так, в работе [6] предлагается подход к классификации данных на основе адаптивных разреженных сеток и его преимущества перед регулярными сетками, а в работе [7] показана взаимосвязь решающих правил классификатора и точек в многомерном пространстве. В работе [8] предлагаются методы классификации на основе разбиения на сетки для задач управления транспортными средствами. В работе [9] используются пространственные характеристики данных для прогнозирования преступлений. В работе [10] сеточное представление графов применяется для классификации изображений. В работе [11] предложен алгоритм пространственного хеширования на основе разбиения многомерных пространств на сетки для поиска ближайших соседей.

Формулирование целей статьи. Разработка метода построения оболочки точечного множества на дискретной сетке и алгоритма классификации на её основе.

Основная часть. В работе предлагается расширение алгоритма [11] - концепция линейного хеша H_d^T — пространственный хеш, в котором на одно пространственное измерение d_i приходится один разряд хеша, T — разрешение сетки, максимальное целочисленное значение в её ячейках. Примеры линейных хешей:

- H_3^{10} — трёхмерный десятичный линейный хеш, в котором для каждого из трёх пространственных измерений допустимыми значениями хеша являются $\{0, .., 9\}$;
- H_4^2 — четырехмерный двоичный линейный хеш, в котором для каждого из четырёх пространственных измерений допустимыми значениями хеша являются $\{0, 1\}$ и т.д.

Преимуществом пространственных хешей и, в частности, линейных хешей, является то, что они могут быть представлены в виде единственного целого числа, что позволяет их использовать в качестве ключей хеш-таблицы с константным временем поиска элементов. Также хеши могут быть представлены в виде одномерных массивов или строковых переменных. Другим преимуществом является быстрый поиск соседних ячеек - у линейного хеша H_d^T ближайшие ячейки имеют значения по каждому из пространственных измерений, отличающиеся не более, чем на 1 от соответствующих значений заданного хеша. Например, для двумерного десятичного хеша $H_2^{10} = [4, 2]$ ближайшие 8 хеш-ячеек: $[3, 1]$, $[3, 2]$, $[3, 3]$, $[4, 1]$, $[4, 3]$, $[5, 1]$, $[5, 2]$, $[5, 3]$.

Таким образом, точечное множество может быть представлено в виде гиперкуба на основе линейных хешей C_d^T - d-мерный гиперкуб на основе линейных хешей H_d^T с размерностью $T_1 \times T_2 \times ... \times T_d$, в заполненных ячейках которого находится значение *1*, а в пустых — *0*. Другим вариантом заполнения ячеек предлагается количество точек в ячейке.

Гиперкубы на основе линейных хешей позволяют приводить различные точечные множества одной размерности к регулярному представлению константного размера, что даёт возможность проводить, например, прямое сравнение точечных множеств без учёта различного количества точек в них.

В работе предлагается метод построения разделяющей поверхности для двух точечных множеств на основе дискретизации пространства и алгоритма пространственного хеширования [11]. Общая схема алгоритма следующая:

1) Инициализируется гиперкуб, необходимой размерности, все ячейки заполняются нулями;

2) Вычисление хеш-функции для всех попарных сочетаний точек из двух множеств;

3) Для каждой пары хешей вычисляется ячейка гиперкуба, находящаяся посередине между ними;

4) Нахождение всех ячеек гиперкуба вдоль дискретной гиперпрямой, проходящей через крайние ячейки пары через центральную ячейку;

5) Все ячейки линии с шага (4), находящиеся ближе к одной крайней ячейке хеша увеличиваются на *+1*, а ячейки, находящиеся по другую сторону — на *-1*, в центральную ячейку устанавливается *0*;

6) В результате ячейки гиперкуба, относящиеся к одному множеству будут иметь положительные значения, относящиеся к другому — отрицательные. Разделяющие ячейки — значения близкие к *0*. Максимальные по модулю значения, будут находиться в ячейках гиперкуба, через которые прошло максимальное количество линий — центроиды множеств.

Схематическое изображение построения разделяющей поверхности показано на рис. 1. На рис. 2 показаны исходные точечные множества для классификации. На рис. 3 показано разбиение пространства на области при значении разрешения сетки хешей *T=64*.

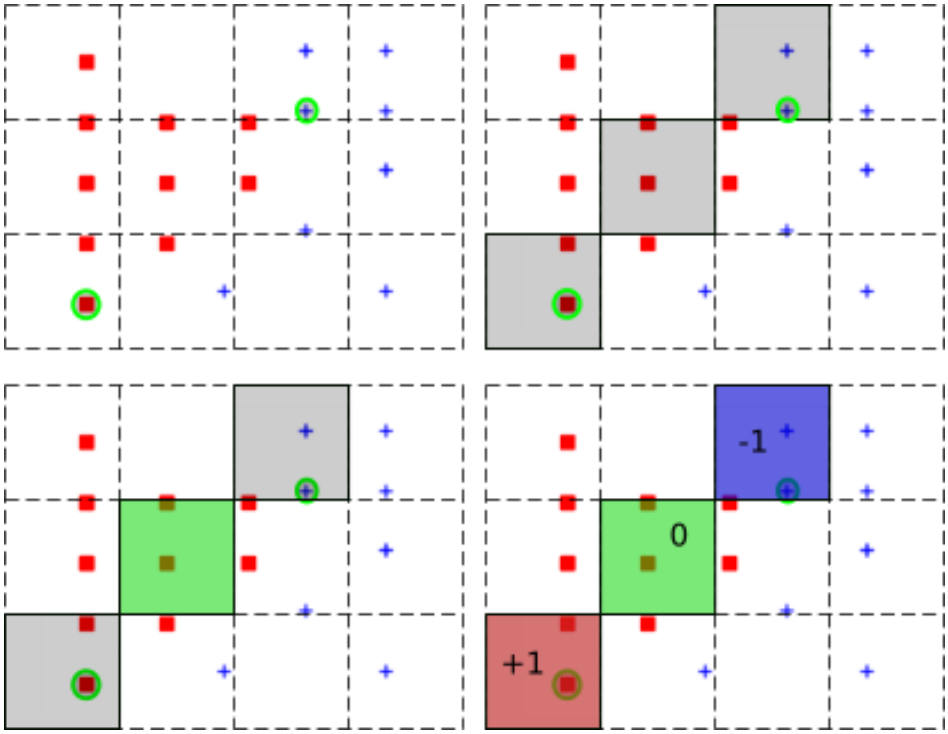


Рис. 1. Иллюстрация работы алгоритма

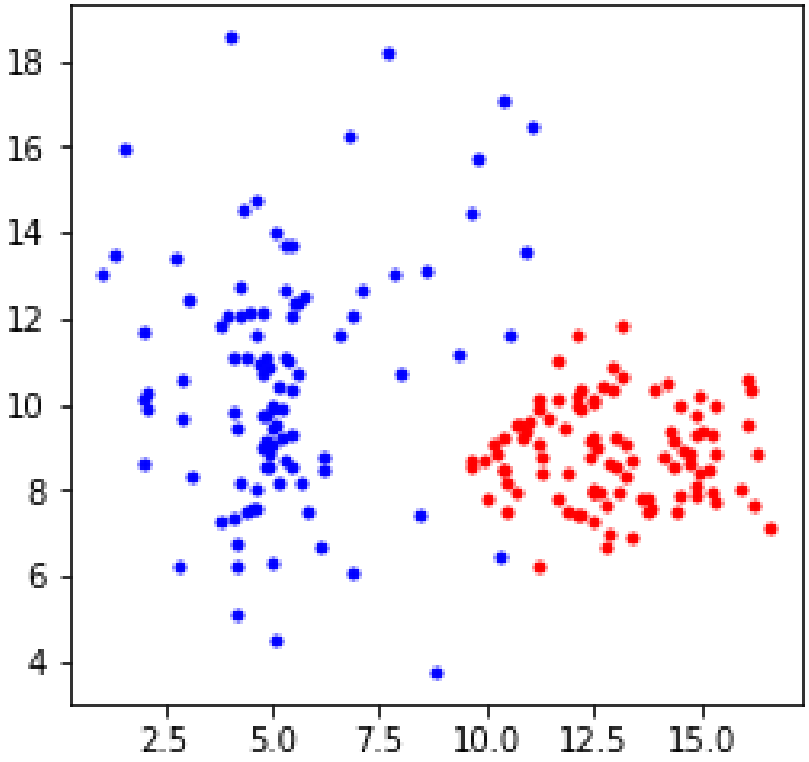


Рис. 2. Исходные точечные множества

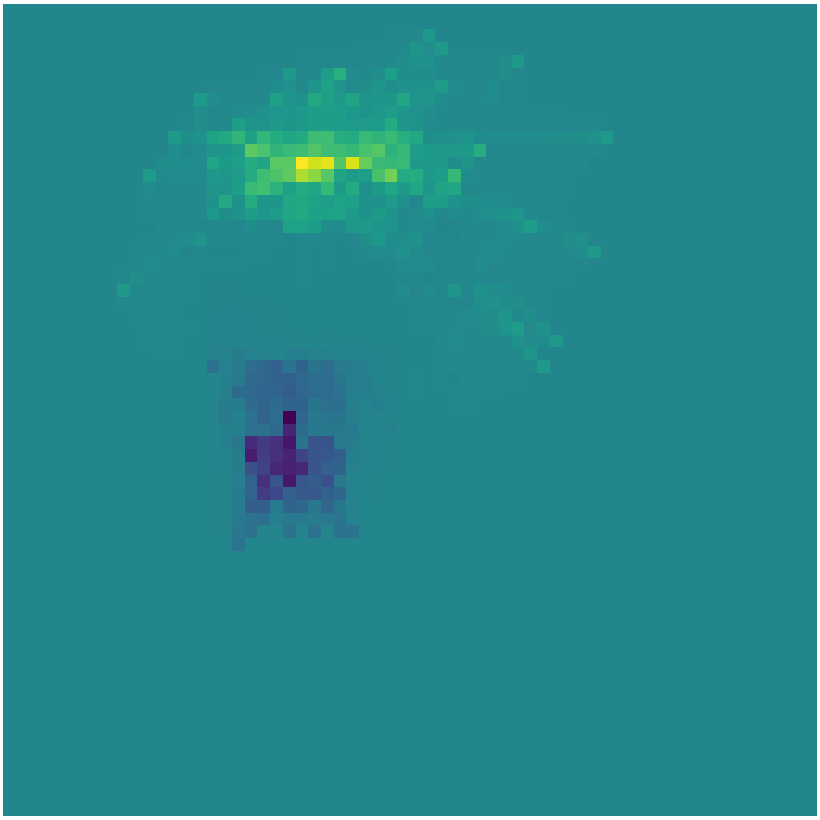


Рис. 3. Результат работы алгоритма при T = 64 (изображение увеличено)

Представленный алгоритм реализован в виде программного приложения на языке Python с использованием библиотеки NumPy.

Выводы и перспективы дальнейших исследований. В результате работы разработан метод построения разделяющей поверхности двух точечных множеств на основе дискретизации пространства на регулярную сетку.

Предложенный алгоритм обладает простотой вычислений и программной реализации. Метод может быть применён для классификации данных произвольной размерности.

К недостаткам метода следует отнести невозможность построения разделяющей поверхностей и классификации при числе классов >2.

Дальнейшие исследования будут направлены на повышение точности классификации и расширение алгоритма на случай мультиклассовой классификации.

Література

1. Ougiaroglou, S., Nanopoulos, A., Papadopoulos, A. N., Manolopoulos, Y., & Welzer-Druzovec, T. (2007). Adaptive k-Nearest-Neighbor Classification Using a Dynamic Number of Nearest Neighbors.

ADBIS'07 Proceedings of the 11th East European conference on Advances in databases and information systems, 4690, 66-82.

2. Wenzel, F., Galy-Fajou, T., Deutsch, M., & Kloft, M. (2017). Bayesian Nonlinear Support Vector Machines for Big Data. *Machine Learning and Knowledge Discovery in Databases*. ECML PKDD, 307-322. doi: 10.1007/978-3-319-71249-9_19.
3. Painsky, A., & Rosset, S. (2017). Cross-Validated Variable Selection in Tree-Based Methods Improves Predictive Performance. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, *39*(11), 2142-2153. doi: 10.1109/TPAMI.2016.2636831.
4. Najibi, M., Rastegari, M., & Davis, L.S. (2016). G-CNN: An Iterative Grid Based Object Detector. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). Presented at the 2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2369-2377. doi: 10.1109/CVPR.2016.260.
5. Garcke, J., & Griebel, M. (2002). Classification with sparse grids using simplicial basis functions. *Intelligent Data Analysis*, *6*(6), 483-502.
6. Pflüger, D., Muntean, I. L., & Bungartz, H.-J. (2007). Adaptive Sparse Grid Classification Using Grid Environments. *Computational Science – ICCS 2007*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 708–715. doi: 10.1007/978-3-540-72584-8_94.
7. Gupta, P., & McKeown, N. (2001). Algorithms for packet classification. *IEEE Network*, *15*(2), 24-32. doi: 10.1109/65.912717.
8. Rieken, J., Matthaei, R., & Maurer, M. (2015). Benefits of Using Explicit Ground-Plane Information for Grid-based Urban Environment Modeling. *18th International Conference on Information Fusion* (Fusion), Washington, DC, 2049-2056.
9. Lin, Y.-L., Yen, M.-F., & Yu, L.-C. (2018). Grid-Based Crime Prediction Using Geographical Features. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, *7*, 298. doi: 10.3390/ijgi7080298.
10. Deville, R., Fromont, E., Jeudy, B., & Solnon, C. (2016). GriMa: A Grid Mining Algorithm for Bag-of-Grid-Based Classification. *Structural, Syntactic, and Statistical Pattern Recognition*: Joint IAPR International Workshop, S+SSPR 2016, Mérida, Mexico, November 29 - December 2, 2016, Proceedings, 132-142. doi: 10.1007/978-3-319-49055-7_12.
11. Дашкевич А. А. Алгоритм пространственного хеширования для решения задач приблизительного поиска ближайших соседей / А. А. Дашкевич // Науковий вісник ТДАТУ. − Вип. 8, т. 1. − Мелітополь, 2018. − С. 79-86.

АЛГОРИТМ ПОБУДОВИ РОЗДІЛЬНОЇ ПОВЕРХНІ ДЛЯ ДВОХ ТОЧКОВИХ МНОЖИН МЕТОДОМ РОЗБИТТЯ ПРОСТОРУ НА РЕГУЛЯРНУ СІТКУ

А. О. Дашкевич

Анотація

В роботі розглянуто підхід до розв'язання задачі класифікації даних двох точкових множин на основі побудови роздільної поверхні. Пропонується поняття гіперкуба, як розширення метода просторового хешування. Узагальнений підхід до побудови роздільної поверхні полягає в розбитті простору, що займають точкові множини, на регулярну сітку з використанням методу просторового хешування, побудови гіперкуба для отриманої сітки і знаходження значень в клітинах гіперкубу методом проведення дискретизованих гіперпрямих для знаходження середньої клітини гіперкуба між двома клітинами, що належать різним класам. Найбільш імовірний клас для нових точок визначається знаком та абсолютним значенням в тій клітині гіперкуба, в якій знаходиться ця точка. Перевагою запропонованого підходу є простота обчислень і можливість розширення для даних довільної розмірності.

Ключові слова: гіперкуб, просторове хешування, поверхня, що розділяє, регулярна сітка, точкова множина, класифікація.

ALGORITHM OF CONSTRUCTING OF SEPARATING SURFACE FOR TWO POINT SETS BY SPLITTING OF THE SPACE INTO REGULAR GRID

A. Dashkevich

Summary

In our work the approach to solve classification problem by construction of separating surface for two point sets data is considered. The concept of hypercube as the extension of spatial hashing technique is proposed. Generalized approach to construct separating surface is splitting of the space, occupied by two point sets, into regular grid by the spatial hashing approach. Then we compute hypercube based on grid and find values in hypercube cells by drawing discrete hyperlines to find medial hypercube cell between two different classes cells. The most probable class for new points is defined by the sign and absolute value of the hypercube cell the point belongs to. The advantage of the approach proposed is computational and implementation simplicity and possibility of extending the algorithm to the data of arbitrary dimensionality.

Keywords: hypercube, spatial hashing, separating surface, regular grid, point set, classification.

УДК 664.8.037.5:634.23 DOI: 10.31388/2220-8674-2018-2-51

ВИЗНАЧЕННЯ ПРИДАТНОСТІ СОРТІВ ЧЕРЕШНІ ТА ВИШНІ ДО ЗАМОРОЖУВАННЯ ЗА КРИТЕРІЄМ КРІОРЕЗИСТЕНТНОСТІ

Іванова І. Є., к. с.-г. н.,
Сердюк М. Є., д. т. н.,
Герасько Т. В., к. с.-г. н.,
Білоус Е. С.,
Кривонос І. А.
Таврійський державний агротехнологічний університет
e-mail: irynaivanova2017@gmail.com тел. +38(097)9684745

Анотація. Дослідження присвячені оцінці впливу сортових особливостей на величину втрати соку (критерій кріорезистентності) заморожених плодів черешні та вишні української селекції нових районованих сортів раннього, середнього та пізнього строків достигання, що вирощені в умовах Півдня України. Було встановлено, що серед досліджених плодів черешні мінімальною втратою соку та максимальною кріорезистентністю характеризувалися сорти групи пізнього терміну достигання. Показано, що у порівнянні з плодами черешні кріорезистентність плодів вишні була у 2 рази вищою, а отже останні є кращою сировиною для виробництва замороженої продукції. Плоди черешні групи сортів раннього та середнього термінів достигання за критерієм кріорезистентності є малопридатними, а сортів Шанс та Простір – взагалі непридатними до заморожування.

Ключові слова: **плоди черешні, плоди вишні, термін достигання, біохімічний склад, заморожені сортозразки, дефростація, біологічно-активні речовини, сорт, якість.**

Постановка проблеми. На Півдні України черешня та вишня вважаються основними плодовими культурами, але їх сортимент не в повній мірі відповідає вимогам інтенсивного садівництва. Домінантним напрямком розвитку сучасного садівництва є вирощування адаптованих сортів, які мають забезпечити одержання продукції з високими товарними і смаковими якостями [1, 2].

Одним із факторів, який істотно стримує подовження періоду споживання плодів черешні, вишні та вишнево-черешневих гібридів в свіжому вигляді, а також розвиток виробництва замороженої продукції є недосконаліть методики вибору оптимальних сортів, та їх оцінки щодо придатності заморожування та зберігання за низьких температур за комплексом споживчих властивостей [3,4,5].

© Іванова І. Є., Сердюк М. Є., Герасько Т. В., Білоус Е. С., Кривонос І. А.

Враховуючи вищенаведене, виникає необхідність проведення досліджень з удосконалення методики визначення їх придатності до виготовлення замороженої продукції.

Аналіз останніх досліджень. Черешня відрізняється раннім достиганням і досить високою поживною цінністю плодів [3]. Це справжнє джерело мінеральних речовин і вітамінів, у тому числі С, Р, Е, групи В, РР, провітаміну А, а також багаті на поліфенольні сполуки (катехіни, антоціани) [4, 6, 7, 8].

Вишня є цінною скоростиглою плодовою породою, що дає важливі для повноцінного харчування людини плоди з високими смаковими якостями, містять цінні для людського організму органічні кислоти (від 0,70 до 3,00 %), цукри (від 6,5 до 21,5 %), вітаміни; наприклад, С (від 13 до 19 мг/100 г сирої маси) [9, 10].

На більшій частині України цілорічне забезпечення населення плодовою продукцією можливе тільки при організації її тривалого зберігання у свіжому та консервованому вигляді. Плоди черешні та вишні широко використовуються в переробній промисловості. Хорошою альтернативою свіжій черешні та вишні, які характеризуються обмеженим терміном зберігання і є недоступними для споживача на протязі більшої частини року, є заморожена продукція. Особливістю цих плодів, як сировини для заморожування є їх яскраве забарвлення, наявність кісточки, висока кислотність, цукристість і характерний сильний аромат. Але не всі сорти черешні та вишні дозволяють отримувати заморожений продукт потрібної якості. В межах одного виду сорти сильно відрізняються за придатністю до заморожування [11, 12].

Придатними до заморожування вважаються сорти, що мають великі м'ясисті, смачні плоди темного забарвлення, з достатньою кислотністю й цукристістю. Не рекомендується заморожувати світло-забарвлені сорти черешні [13].

Придатність плодово-ягідної продукції до заморожування багато в чому визначається критерієм кріорезистентності, який чисельно виражається відсотком втрати соку при дефростації. Чим вище відсоток втрати соку при дефростації, тим нижче кріорезистентність плодів. При втраті соку понад 20% плоди вважаються непридатними до заморожування [14].

На думку деяких авторів втрати соку, пов'язані з порушенням клітинної структури плодів [15].

У зв’язку з постійним оновленням сортового асортименту плодових культур, у літературі відсутні дані щодо визначення сортової придатності плодів черешні та вишні до заморожування за критерієм

кріорезистентності. Тому, дослідження присвячені вирішенню цього питання є своєчасними та актуальними.

Формулювання цілей статті. Мета досліджень полягала в оцінці впливу сортових особливостей на величину втрати соку (критерій кріорезистентності) заморожених плодів черешні та вишні української селекції нових районованих сортів раннього, середнього та пізнього строків достигання, що вирощені в умовах півдня України.

Відповідно до мети поставлені наступні завдання:

- визначити критерії кріорезистентності плодів черешні в розрізі 3-х сортових груп безпосередньо після заморожування; визначити критерії кріорезистентності плодів вишні безпосередньо після заморожування; за визначеними критеріями встановити сорти черешні та вишні, що є найбільш придатними до заморожування.

Об'єкт досліджень – процес дефростації плодів черешні та вишні.

Предмет досліджень – величина втрати соку в заморожених сортозразках черешні та вишні різних термінів достигання.

Основні матеріали досліджень. Дослідження виконували на базі кафедр рослинництва ім. проф. В. В. Калитки і плодоовочівництва, виноградарства та біохімії ТДАТУ, м. Мелітополь. Плоди черешні і вишні, що взяті для досліджень, були вирощені в дослідному господарстві МДСС ім. М. Ф. Сидоренка. Сорти черешні відібрані для досліджень: Валерій Чкалов – контроль, Ера, Ласуня, Шанс (ранній термін достигання); Червнева рання – контроль, Казка, Дачниця, Простір (середній термін достигання); Мелітопольська чорна – контроль, Колхозна, Дебют, Аншлаг (пізнього термін достигання). Сорти вишні відібрані для досліджень: Шалунья (контроль), Нарядна, Сіянець Туровцевої, Експромт, Ерудітка, Відродження. Середня проба плодів - 0,5 кг. Заморожування виконували у поліетиленових пакетах місткістю 0,5 кг за температури мінус 30±1°С до досягнення в центрі плоду мінус 18 ± 1 °С. Для дослідження відібрані зразки черешні та вишні зазначених сортів одразу після заморожування.

Оцінка показників якості плодів здійснювалась у триразовій повторності величиною втрати соку [6]. Статистичну обробку даних проводили за критерієм Стьюдента при $p \leq 0,05$.

Значення критерію кріорезистентності (величина втрати соку) плодів черешні коливалась у діапазоні 12,7…21,7% (табл. 1).

Серед сортів раннього терміну достигання мінімальні значення величини втрати соку зафіксовані у заморожених сортозразків Ера, Ласуня 18,6...18,8%, при цьому різниця до відношенню до плодів контрольного сортозразку не є статистично достовірною ($НІР_{05}$ = 2,6). Дефростовані плоди сорту Шанс мають найвищу соковіддачу - 21,7%. Таким чином, плоди черешні сортів Валерій Чкалов, Ера, Ласуня за

критерієм кріорезистентності є малопридатними, сорту Шанс – взагалі непридатними до заморожування.

Таблиця 1. **Величина втрати соку (критерію кріорезистентності) у заморожених сортозразках черешні (середні значення за роками досліджень 2017-2018 рр.)**

Сорт	Величина втрати соку, %
Сорти раннього терміну достигання	
Валерій Чкалов - контроль	18,9
Ера	18,6
Ласуня	18,8
Шанс	21,7
НІР$_{05}$	2,6
Сорти середнього терміну достигання	
Червнева рання – контроль	18,2
Казка	17,4
Дачниця	16,7
Простір	21,4
НІР$_{05}$	1,2
Сорти пізнього терміну достигання	
Мелітопольська чорна – контроль	12,7
Колхозна	16,5
Дебют	13,6
Аншлаг	13,9
НІР$_{05}$	1,1

Заморожені сортозразки черешні середнього терміну достигання Казка, Червнева рання характеризувалися величиною втрати соку на рівні 17,4...18,2%. Різниця між сортами є статистично не достовірною (НІР$_{05}$ = 1,2). Плоди сорту Дачниця після дефростації характеризуються мінімальною соковіддачею – 16,7%, тобто були найбільш кріорезистентними. Величина втрати соку в плодах сортозразків Простір становила 21,4%, що на 3,2% більше ніж у плодів контрольного сорту Червнева рання після розморожування. Отже, плоди даного сорту є непридатними до заморожування.

В цілому дефростовані плоди пізнього терміну достигання мають найменшу соковіддачу по відношенню до заморожених плодів сортів раннього та середнього термінів достигання, з коливанням відсотку втрати соку в межах 12,7…16,5%. Після дефростації у плодів сортів Мелітопольська чорна, Дебют, Аншлаг значення величини втрати соку

коливається в діапазоні 12,7…13,9%, різниця в показниках по відношенню до контролю від 0,9 до 1,2%. Таким чином, плоди черешні усіх досліджених сортів даної групи, за виключенням плодів сорту Колхозна, характеризувалися найвищою кріорезистентністю, а отже є найбільш придатними до заморожування.

Величина втрати соку в досліджуваних заморожених сортозразках вишні коливалася в межах 6,3…8,5%. Теоретично показник прагне до мінімального значення (табл.2).

Таблиця 2. **Величина втрати соку (критерію кріорезистентності) у заморожених сортозразках вишні (середні значення за роками досліджень 2015-2018 рр.)**

Сорт	Величина втрати соку, %
Шалунья (контроль)	6,3
Нарядна	7,4
Сіянець Туровцевої	8,5
Експромт	6,1
Ерудітка	7,6
Відродження	7,6
$НІР_{05}$	0,36

Соковіддача відразу після заморожування у плодів вишні на рівні контролю зафіксована у сорту Експромт – 6,1%. Різниця в значенні показника по відношенню до сортозразків Шалунья складає 0,2% та не є статистично достовірною. У сортів вишні Нарядна, Сіянець Туровцевої, Ерудитка, Відродження різниця в значеннях соковіддачі по відношенню до контролю є статистично достовірною і коливається в діапазоні 1,1…2,2%.

Таким чином, за критерієм кріорезистентності плоди вишні усіх досліджених сортів є придатними до заморожування. Найбільш придатними є плоди вишні сортів Експромт та Шалунья.

Результати видового порівняння свідчать, що незалежно від сортових особливостей кріорезистентність плодів вишні у 2 рази перевищувала кріорезистентність плодів черешні пізнього терміну достигання. А отже, плоди вишні є кращою сировиною для виробництва замороженої продукції порівняно з плодами черешні.

Висновки. Серед досліджених плодів черешні мінімальною втратою соку та максимальною кріорезистентністю характеризувалися сорти групи пізнього терміну достигання.

Плоди усіх досліджених сортів вишні характеризувалися низькими втратами соку під час дефростації, і, відповідно, високою кріорезистентністю.

У порівнянні з плодами черешні кріорезистентність плодів вишні була у 2 рази вищою, а отже останні є кращою сировиною для виробництва замороженої продукції.

Плоди черешні групи сортів раннього та середнього термінів достигання за критерієм кріорезистентності є малопридатними, а сортів Шанс та Простір – взагалі непридатними до заморожування. З погляду на це, виникає потреба у подальшому пошуку шляхів їх переробки.

Література:

1. *Луговской А. П.* Концептуальные подходы к формированию сортовой политики в отрасли садоводства Краснодарского края // Новации и эффективность производственных процессов в плодоводстве. Краснодар, 2015. Т. 1. С. 143-161.

2. *Холик З.* Досвід групи виробників фруктів // Новини садівництва. 2006. № 3. С. 38-40.

3. Наиболее распространенные коммерческие сорта черешни мировой селекции // Овощи и фрукты. 2015. № 6. С. 60-68.

4. *Туровцев М. І., Туровцева В. О., Туровцева Н. М.* Сучасний стан сортименту черешні та шляхи його поліпшення // Садівництво. Київ, 2000. Вип. 50. С. 135-140.

5. *Туровцев Н. И., Тараненко Л. И., Павлюк В. В.* Слива, вишня, черешня / за ред. В. В. Павлюка. Київ: Урожай, 2004. Т. 4. 272 с.

6. *Иванченко В. И., Модонкаева А. Э., Иванова И. Е.* Оценка сортов вишнёво-черешнёвых гибридов (дюков) юга Украины на пригодность к низкотемпературному замораживанию // Виноградарство и виноделие. 2002. № 2. С. 37-38.

7. *Гриник І. В., Омельченко І. К., Литовченко О. М.* Відчизняні технології виробництва, зберігання та переробки плодів і ягід в Україні. Київ: Преса України, 2012. 120 с.

8. *Найченко В. М., Заморська І. Л.* Технологія зберігання і переробки плодів та овочів: навч. посібник. Умань: Сочінський, 2010. 328 с.

9. *Туровцева В. А., Туровцев Н. И., Туровцева Н. Н.* Результаты селекции вишни в Институте орошаемого садоводства им М.Ф. Сидоренко УААН // Сад, вино, виноград Украины. 2007. № 3. С. 8-15.

10. *Туровцева В. А., Туровцев Н. И., Шкындер-Бармина А. Н.* Создание сортов вишни и дюков на юге Украины // Методологическое обеспечение селекции садових культур и винограда на современном этапе. Краснодар, 2013. Т. 1. С. 135-142.

11. *Poiana M. A., Moigradean D., Alexa E.* Influence of home-scale freezing and storage on antioxidant properties and color quality of different garden fruits // Bulg J Agric Sci. 2010. Vol. 16(2). P. 163-171.

12. *Иванченко В.И., Модонкаева А.Э., Иванова И.Е.* Изменение биологически активных веществ в плодах вишнёво-черешневых гибридов (дюков) при низкотемпературном замораживании // Виноградарство и виноделие. 2002. № 1. С. 31-32.

13. *Vasylyshyna E.* Influence of freezing and storing cherry fruit on its nutritional value // Acta scientiarum polonorum technologia alimentaria. 2016. Vol.15 (2). P.145-150.

14. *Савельев Н. И., Богданов, Р. Е.* Итоги научной и производственной деятельности ГНУ ВНИИГИСПР им. И. Мичурина Россельхозакадемии за 2010 г. и наиболее значимые научные разработки за 2006-2010 гг. // Плодоводство и ягодоводство России. 2011. Т. 27. С. 109-130.

15. *Балан И.* Изменения механизмов белок-белковых взаимодействий в биологических системах при криоконсервации // Studia universitatis, Ştiinţe ale naturii. 2012. № 1 (51). С. 106-118.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРИГОДНОСТИ СОРТОВ ЧЕРЕШНИ И ВИШНИ К ЗАМОРАЖИВАНИЮ ПО КРИТЕРИЮ КРИОРЕЗИСТЕНТНОСТИ

Иванова И. Е., Сердюк М. Е., Герасько Т. В., Белоус Э. С., Кривонос И. А.

Аннотация. Исследования посвящены оценке влияния сортовых особенностей на величину потери сока (критерий криорезистентности) замороженных плодов черешни и вишни украинской селекции новых районированных сортов раннего, среднего и позднего сроков созревания, выращенных в условиях Юга Украины. Было установлено, что среди исследованных плодов черешни минимальной потерей сока и максимальной криорезистентностью характеризовались сорта группы позднего срока созревания. Показано, что по сравнению с плодами черешни криорезистентность плодов вишни была в 2 раза выше, а следовательно последние являются лучшим сырьем для производства замороженной продукции. Плоды черешни группы сортов раннего и среднего сроков созревания по критерию криорезистентности являются малопригодными, а сортов Шанс и Пространство - вообще непригодными к замораживанию.

Ключевые слова: плоды черешни, плоды вишни, срок созревания, биохимический состав, замороженные сортообразцы, дефростации, биологически активные вещества, сорт, качество.

THE DETERMINATION OF SUITABILITY OF SWEET CHERRY AND CHERRY VARIETIES FOR FREEZING BY CRYORESISTANCE CRITERION

Ivanova I., Serdyuk M., Herasko T., Belous E., Kryvonos I.

Summary

The studies are devoted to the evaluation of the impact of varietal features on the amount of juice loss (the cryoresistance criterion) of the frozen fruits of sweet cherries and cherries of Ukrainian selection of new zoned varieties of the early, middle and late ripening period, cultivated in the south of Ukraine. The suitability of fruit and berry production for freezing were determined by the criterion of cryoresistance, which is numerically expressed as a percentage of juice loss in defrosting. The higher the percentage of juice loss in defrosting is the lower the cryoresistance of the fruits. When more than 20% juice is lost, the fruits are considered unfit for freezing. The sweet cherry varieties of three groups were selected for the study. The first group - varieties of the early ripening period: Valerii Chkalov (control), Era, Lasunya, Shans. The second group - varieties of the middle ripening period: Chervneva rannia (control), Kazka, Dachnytsia, Prostir. The third group - varieties of the late ripening period: Melitopolska chorna (control), Kolkhozna, Debiut, Anshlah. The varieties of cherries: Shalunia (control), Nariadna, Siianets Turovtsevoi, Ekspromt, Eruditka, Vidrodzhennia. It was found that among the studied fruits of sweet cherry, the least juice loss and maximum cryoresistance were characterized by the varieties of the late ripening period group. The fruits of all studied cherry varieties were characterized by the low juice loss during defrosting, and, accordingly, high cryoresistance. It was shown that in comparison with the fruits of sweet cherry, the cryoresistance of cherry fruit was 2 times higher, and therefore the latter ones are the best raw material for the production of frozen products. Fruits of sweet cherry group of varieties of the early and middle ripening period are inadequate by the criterion of cryoresistance, and the varieties of Shans and Prostir are generally unsuitable for freezing. From the point of view of this, there is a need for further search for ways of their processing.

Keywords: sweet cherry fruits, cherry fruits, ripening period, biochemical composition, frozen varieties samples, defrosting, grade, quality, loss of juice by the fruits.

УДК 635.8 DOI: 10.31388/2220-8674-2018-2-52

ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ІНТРОДУКЦІЇ ПРОДУКТИВНИХ ШТАМІВ ЕКЗОТИЧНИХ ГРИБІВ *Cyclocybe aegerita* (V. Brig.) Vizzini та *Pleurotus eryngii* (DC.) Quél

Бандура І. І., к. с.-г. н.,
Кулик А. С., к. т. н.,
Макогон С. В.,
Синяговський С. С.
Таврійський державний агротехнологічний університет
e-mail: irabandura@gmail.com, +380677209304
e-mail: akkulichka@gmail.com, +380978860043

Анотація - дослідження виявило особливості культивування нових для українського ринку видів екзотичних їстівних грибів: гливи степової та опенька тополиного, котрі є джерелом функціональних елементів, здатних підвищити цінність харчових продуктів з їхнім використанням. Доведено, що біологічна ефективність опенька на 10 % вища на субстратах, які виготовлені стерилізацією сировини. З'ясовано, що загальний технологічний цикл культивування опенька на стерильних субстратах суттєво не залежить від їхнього складу і становить у середньому 43 доби для першої хвилі. Для ферментованих субстратів цей показник у 1,5 рази вищий (приблизно 61 доба).

Визначено оптимальну формулу субстрату для промислового культивування гливи степової та вплив складу субстрату і методу його обробки на біологічну ефективність та тривалість технологічного циклу. У різних варіантах він коливався від 37 до 57 діб для першої хвилі плодоношення.

Доведено можливість одночасного культивування означених видів, що дає перспективу для прискорення процесу розширення асортименту їстівних та лікарських грибів в Україні та за її межами.

Ключові слова: **глива степова, опеньок тополиний, стерилізація, ферментація у високому шарі, біологічна ефективність, технологічний цикл**

Постановка проблеми. В основі функціонального харчування, що набуває широкого поширення у розвинутих країнах світу, лежить використання нутрієнтів, які здатні позитивно впливати на фізіологічні процеси організму людини, підсилювати резистентність до несприятливих факторів зовнішнього середовища.

В українському товарознавстві за харчовою цінністю їстівні гриби поділяють на чотири категорії:

© Бандура І. І., Кулик А. С., Макогон С. В., Синяговський С. С.

- *перша категорія* – це найбільш цінні гриби: білі, рижики, грузді справжні.
- *друга* – маслюки, опеньки, грузді, підосичники, шампіньйони, вовнянки, дубовики, трюфеля.
- *третя* – моховики, сироїжки, зморшки, грузді чорні, лисички.
- *четверта* – сироїжки чорна і рожева, свинушки, їжовики, гливочки, зеленушки, вешенки та ін. [5].

На жаль, ця класифікація складена на основі органолептичних ознак і не враховує фізико-хімічних показників, наявність есенціальних елементів та біологічно-активних речовин, які, на думку Соломона Павловича Вассера, є найбільшою цінністю і здатні підтримати здоров'я та значно подовжити життєву функціональність людського організму [6].

Аналіз останніх досліджень. На думку Соломко Е.Ф., полісахаридні, хітиноглюканові структури дереворуйнівних грибів здатні до абсорбції радіонуклідів та важких металів [1]. За результатами досліджень армянських та українських вчених доведено, що β-глюкани гливи, а саме плеуран, проявляє противовірусні властивості, а лентінан, виділений з грибів шиїтаке має виражену цитокінетичу активність [2, 3]. У своїй дисертаційній роботі, молодий вчений Ломберг М.Л. підкреслює, що полісахариди гериція шипуватого можуть з успіхом використовуватися для профілактики та лікування захворювань, пов'язаних з функціонуванням нервової системи [4].

З іншої сторони, сучасні мікологи, зокрема Гродзинська Г.А., попереджають про суттєву небезпечність вживання лісових грибів. Вони підкреслюють, що гриби, як природні сорбенти, акумулюють в плодових тілах шкідливі речовини з активно забрудненого оточуючого середовища [7]. Споживання лісових грибів, що виросли поблизу транспортних шляхів, у зонах з підвищеною радіацією, біля сміттєзвалищ, може стати причиною отруєнь та харчових інтоксикацій.

Саме тому, цікавість до дереворуйнівних грибів, вирощених у штучних умовах, зростає з кожним роком. Але, на відміну від азіатського та європейського ринку, асортимент грибів на українських прилавках обмежений: звичайно 80-90 % грибів, що наявні в мережах, складає печериця, 9-19 % глива, і лише 1 % екзотичні гриби, до яких відносяться глива степова (*Pleurotus eryngii* (DC.) Quél), шиїтаке (*Lentinula edodes* (Berk.) Pegler), опеньки зимовий (*Flammulina velutipes* (Curtis) Singer) та тополиний (*Cyclocybe aegerita* (V. Brig.) Vizzini), їжовик (гериций) гребінчастий *Hericium erinaceus* (Bull.) Pers. та інші. Насамперед, це пов'язано з відсутністю адаптованих до локальних умов технологій

вирощування цих грибів, високоефективних промислових штамів та практичного досвіду їхньої переробки та зберігання. Якщо, технологічні особливості штучного вирощування печериці двоспорової та гливи звичайної мають достатнє наукове обґрунтування, то аспекти промислового культивування вказаних грибів недостатньо досліджені не тільки в Україні, а й в усьому світі.

Формулювання цілей статті. Обмеженість даних літератури про особливості промислового вирощування екзотичних грибів обумовило мету нашого дослідження як оцінку можливості та вивчення особливостей інтродукції штамів гливи степової та опенька тополиного в умови українського промислового виробництва їстівних та лікарських грибів.

Базою дослідів стала лабораторія біотехнологій і промислової мікології Таврійського державного агротехнологічного університету та виробничі потужності науково-виробничих підприємств «ГРИБНИЙ ЛІКАР» (м. Мелітополь), «ЕСМАШ»(м. Київ) та СФГ Чернобаєв Віктор Дмитрович (с. Тернівка Вільнянського району Запорізької обл.).

Основними завданнями досліду стали наступні питання:

1) Визначити переважний метод підготовки субстрату для вирощування екзотичних грибів за порівнянням біологічної ефективності штамів;

2) Підібрати оптимальний склад субстратної композиції на основі місцевої сировини;

3) Визначити особливості та середню тривалість технологічного циклу.

Основні матеріали дослідження. Чисті культури грибів *Pleurotus eryngii*, штам 2032 ІВК та *Cyclocybe aegerita*, штам 2230 ІВК отримали з колекції культур шапинкових грибів Інституту ботаніки ім. Холодного (м. Київ) [8]. Культивували та зберігали за температури 4ºС на стерильному середовищі наступного складу: мальт-декстроза 20 г, дріжджовий екстракт 2 г, КОН (0,1 н) 2 мл, агар-агар 20 г, вода 1 літр.

Чашки Петрі з культурами грибів та залишками поживного середовища перед інокуляцією подрібнювали в асептичних умовах за допомогою авторського устаткування. Отримували суспензію шматочків поживного середовища з міцелієм грибів розміром від 1 до 5 мм у стерильній воді. Цією суспензією інокулювали стерильну зернову суміш наступного складу: ячмінь – 50 %, пшениця – 40 %, ріпак, попередньо зволожений, - 5 %, насіння льону – 3 %, карбонат кальцію технічний – 2 %. На кожну упаковку зернової суміші масою 6 кг додавали 80 мл суспензії, запаювали пакет у ламінарному потоці повітря (очищення

HEPA 14) та ретельно перемішували.

Інкубацію посівного зернового міцелію проводили за температури 24 ºС у чистій зоні (клас очищення HEPA 13) протягом 9 діб до появи колоній діаметром 5-10 см. Після цього пакети з культурою гриба перетрушували для активації росту та виявлення сторонньої мікробіоти. Ця процедура дозволяє подрібнити гіфи гриба, рівномірно розподілити їх по об'єму пакета та прискорити, таким чином, повну колонізацію зернового субстрату. З іншого боку, перетрушування дає змогу виявити бактеріальну та плісеневу контамінацію, бо конкурентні мікроорганізми отримують функціональні переваги розвитку у порівнянні зі зруйнованою та ослабленою культурою гриба.

На 5 добу після перетрушування посівний міцелій формували у брикети видаленням залишків повітря із пакета та охолоджували. Загальний цикл підготовки посівного зернового міцелію становив 14 діб з моменту інокуляції.

Зберігали посівний зерновий міцелій за температури 0-2 ºС не довше 1 тижня. Треба зазначити, що за такої температури на поверхні брикету зернового міцелію опенька тополиного за 2-3 доби утворювався прозорий ексудат світло-бурого кольору, шо не впливало на швидкість подальшого вегетативного розвитку міцелію у субстраті.

Посівний міцелій використовували для інокуляції партій стерильного та пастеризованого субстрату у кількості 5 % від маси субстрату (або 150 г на пакет субстрату масою 3000 г) [9].

Субстрати готували методом ферментації у високому шарі (далі - ФВШ) [10] та стерилізацією протягом 2 годин за температури 125 ºС. У якості сировини використовували суміш соломи ячмінної та сіна люцерни у співвідношенні 20 : 1 та різну кількість гранул із подрібненого лушпиння соняшнику. Маса, яку отримували при зволоженні цих гранул, являла собою достатньо щільну і подрібнену субстанцію, що додавалась до субстратної композиції у якості ущільнювача. Для балансу карбон : нітроген додавали кукурудзяні та пшеничні висівки (табл. 1). Вологість доводили до показника 75 %, баланс pH підтримували на рівні 6,7 ±0,3 за допомогою додавання карбонату кальцію (крейди) у кількості 1%.

Інокуляцію субстратів проводили у асептичних умовах. Технологічна схема інокуляції та інкубації стерильного субстрату повторювала метод виготовлення посівного міцелію, за виключенням етапу перетрушування. Іншою особливістю було ущільнення субстратної маси до показника 0,4 г/мл. Згідно з даними літератури цей показник мав становити 0,5 г/мл, але ручним способом такої щільності досягти не вдалося [11].

Таблиця 1. **Варіанти субстратних сумішей**

Варіант	Складові субстрату, %							
	Солома	Люцерна	Гранули	Рапс	Висівки кукурудзяні	Висівки пшеничні	Вода	Крейда
1	15	1	4	2	1	1	75	1
2	10,5	0,5	9					
3	8,7	0,3	11					

Інкубування субстрату проводили за температури 23 ±2 ºС протягом 20±3 діб. Відносну вологість повітря у приміщенні підтримували на рівні 65±5 %. Кількість вуглекислого газу не перевищувала 2000 *ppm*.

Особливістю вирощування гливи степової є підтримання режиму освітлення, який згідно з практичними рекомендаціями компанії Zhengzhou Satrise Industry Co., Ltd. має змінюватися на різних етапах морфогенезу плодових тіл. Так, технологи компанії рекомендують вимикати освітлення на 10-11 добу плодоутворення для стимуляції розвитку ніжки, яка у гливи степової має надзвичайно ніжну структуру.

Опеньки, навпаки, потребують стимуляції морфогенезу додатковим освітленням, тривалість якого, на думку Alain Kerbiriou (Франція), має становити не менше 8 годин на рівні 300 люксів.

Отже, в теорії промислове культивування означених видів потребує створення окремих площ (камер вирощування) для цих видів.

Нашою метою було визначення можливості одночасного вирощування, яке дає змогу значно зменшити витрати на виготовлення стерильних субстратів і, в той же час, розширити асортимент грибів для реалізації. Саме тому плодоношення штамів відбувалося за умов освітлення 150 люкс протягом 8 годин.

Результати дослідження. За описаних умов культивування на стерильних субстратах плодові тіла грибів у стадії технологічної зрілості почали отримувати з 37 доби від моменту інокуляції (рис. 1).



А Б

Рис.1. Плодові тіла гливи степової штам 2032 (А) та опенька тополиного штам 2230 (Б) на стадії технологічної зрілості

На жаль, на субстратах, виготовлених методом ФВШ, вдалої колонізації культурою гливи степової не відбулося. Під час інкубації на субстраті почали розвиватися колонії плісеневих грибів родів *Trichoderma* та *Aspergillus*, що спричинило пригнічення вегетативного розвитку міцелію гливи степової та відсутність плодоношення. Колонізація ферментованого субстрату культурою опенька тополиного відбувалася повільно, але без проявів контамінації сторонніми мікроорганізмами. Плодові тіла опенька на пастеризованих субстратах досягали технологічної зрілості з 57 до 65 доби з моменту інокуляції в залежності від складу субстрату, тоді як на стерильних - з 38 по 46 добу. Отже, за результатами статистичного аналізу достовірно доведено перевагу використання стерильних субстратів для отримання плодових тіл штамів, що досліджувалися (табл. 2).

Таблиця 2. **Стадії морфогенезу плодових тіл гливи степової та опенька тополиного за варіантами досліду**

Варіант	Дата настання технологічної зрілості, доба			
	Метод ФМШ		Стерилізація	
	глива	опеньок	глива	опеньок
1	-	65±3	43±1	46±3
2	-	61±1	37±0	46±1
3	-	57±1	57±5	38±1
НСР $_{05}$		5	5	2

За результатами досліду доведено, що технологічний цикл опенька тополиного (з урахуванням тільки першої хвилі плодоношення) був найкоротшим у варіанті 3, а для гливи степової - у варіанті 2. Варто зазначити, що на субстратній композиції другого варіанту (стерильний метод) плодові тіла гливи степової досягли технологічної зрілості одночасно. Отримані дані підтверджують дані літератури, згідно з якими середній час настання технологічної зрілості становить від 37 до 54 діб для гливи степової [12, 13] та від 45 до 76 діб для опенька тополиного [14]. Отже, штами з колекції шапинкових колекції культур шапинкових грибів Інституту ботаніки ім. Холодного можуть бути успішно впроваджені у промислове виробництво.

Найважливішим показником придатності штаму до інтродукції в промислове виробництво є біологічна ефективність. Його визначають відношенням загальної маси свіжих плодових тіл до маси сухої речовини у субстраті. У результаті статистичного аналізу отриманих даних для першої хвилі плодоношення виявилося, що субстратна композиція №2 є найбільш вдалою для культивування гливи степової (табл. 3). Достовірної різниці між варіантами для опенька тополиного у досліді не визначено, але порівняння середніх за U-критерієм Манна-Уітні довело, що більш вагомий урожай було отримано у варіанті 3.

Необхідно зазначити, що субстрати, виготовлені методом ФВШ, виявилися неефективним для культивування вищевказаних штамів. Можливо, складові субстратних композицій для такого метода температурної обробки треба змінити, бо сучасна література має підтвердження продуктивного вирощування гливи степової на ферментованих субстратах [15]. Тому це питання потребує подальшого вивчення.

Таблиця 3. **Біологічна ефективність гливи степової штам 2032 та опенька тополиного штам 2230 за варіантами досліду**

Варіант	Біологічна ефективність, %			
	Метод ФМШ		Стерилізація	
	глива	опеньок	глива	опеньок
1	-	25,3±4,34	30,1±3,83	31,9±5,81
2	-	29,4±1,29	67,1±9,44	35,0±6,70
3	-	27,3±1,97	34,2±7,47	39,9±4,48
$НСР_{05}$		3,45	16,7	5,7

Біологічна ефективність (БЕ) гливи степової на субстраті варіанту 2 виявилася у 2 рази вищою порівняно з іншими варіантами досліду та даними з літературних джерел. Тому ми рекомендуємо цю формулу для впровадження у промислове виробництво.

Показник БЕ опенька на ферментованих субстратах у середньому на 10 % був нижчим порівняно зі стерильними. Відомо, що стерилізація є більш витратним методом. Отже, з оглядом на незначну різницю в урожаї для обох методів, використання методу ФВШ для культивування опенька тополиного може бути доцільним. Порівняння собівартості субстратів та загальних витрат на підтримання умов мікроклімату впродовж технологічного циклу дасть відповідь про переваги їхнього застосування.

Висновки. За результатами досліду доведено, що культивування гливи і опенька в одній камері вирощування є можливим. Тому грибовиробники України мають змогу швидко розширити асортимент видів, що культивуються і збагатити ринок грибами, що дають змогу значно покращити функціональність української кухні.

Для промислового вирощування гливи степової штаму 2032 рекомендується формула субстратної суміші №2: 10,5 % соломи ячмінної, 0,5 % сіна люцерни, 9 % гранул лушпиння соняшнику, 2 % ріпаку, 1 % висівок кукурудзяних та 1 % висівок пшеничних, 1 % крейди на 75 % води.

Визначено, що стерилізація субстратів дозволяє підвищити ефективність вирощування на 10 % для опенька зимового, та запобігти контамінації субстратів для вирощування гливи степової конкурентними мікроорганізмами.

З’ясовано, що загальний технологічний цикл культивування опенька на стерильних субстратах суттєво не залежить від їхнього складу і становить у середньому 43 доби для першої хвилі. Для ферментованих субстратів цей показник у 1,5 рази вищий і складає приблизно 61 добу.

Для гливи степової склад субстрату та метод його обробки є важливими факторами ефективності, тому варіативність тривалості технологічного циклу становить 20 діб від 37 до 57.

З оглядом на відсутність вітчизняних наукових даних про особливості вирощування екзотичних грибів, вважаємо за необхідне продовження досліджень у цьому напрямку та вдячні за всебічну підтримку колективу відділу мікології Інституту ботаніки ім. Холодного, та персонально Бісько Н. А.

Література:

1. Экстракты мицелия Вешенки (Pleurotus ostreatus): медико–биологические эффекты и возможные механизмы действия / под ред. В. П. Герасимени, В. Ю. Полякова. Москва: Институт химической физики им. Н. Н. Семенова РАН, ООО Инбиофарм, 2013. 224 с.

2. Противовоспалительная активность экстракта культуры гриба Pleurotus ostreatus / И. А. Авагян, С. Г. Нанагюлян, М. Г. Баласанян, А. Г. Жамгарян // Иммунопатология, аллергология, инфектология. 2010. № 1. С. 236.

3. Лекарственные препараты и пищевые добавки из макромицетов / А. С. Бухало, Э. Ф. Соломко, С. П. Вассер, О. Б. Михайлова // Успехи медицинской микологии: материалы 3-го Всероссийского конгресса по медицинской микологии. Москва: Национальная академия микологии, 2005. Т. 5. С. 254−256.

4. *Ломберг М. Л.* Лікарські макроміцети у поверхневій та глибинній культурі: автореф. дис... канд. біол. наук: 03.00.21. Київ, 2005. 20 с.

5. *Орлова Н. Я., Пономарьов П. Х.* Фрукти, ягоди, овочі, гриби та продукти їхньої переробки: підручник. 2–е вид., переробл. та допов. Київ: КНТЕУ, 2008. 416 с.

6. Биологические свойства лекарственных макромицетов в культуре / А. С. Бухало и др.; под ред. С. П. Вассера. 2–е изд. Киев: Альтерпрес, 2011. 212 с.

7. *Гродзинська Г. А.* Радіонуклідне забруднення макроміцетів // Вісник Національної Академії Наук України. 2017. № 6. Р. 61–76.

8. Колекція культур шапинкових грибів (ІВК) як обєкт національного надбання України. URL: https://www.researchgate.net/publication/292604841_Kolekcia_kultur_sapinkovih_gribiv_IVK_ak_obekt_nacionalnogo_nadbanna_Ukraini (дата звернення: 20.04.2018).

9. *Мироничева О. С., Бандура І. І.* Порівняльна оцінка способів термічної обробки субстратів при виробництві ксилотрофних грибів // Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2011. № 1 (23). URL: http://www.nbuv.gov.ua/e–journals/Nd/2011_7/11mospx (дата звернення: 12.01.2019).

10. *Бандура І. І.* Удосконалення елементів технології промислового виробництва їстівних грибів роду pleurotus (Fr.) P. Kumm. А.: дис. ... к. с.-г. н.: 06.01.06. Київ: НУБіП, 2014. 227 с.

11. *Stamets P.* Growing gourmet and medicinal mushrooms. third edition. Berkeley, California: Ten Speed Press, 2000. 574 p.

12. *Kirbag S., Akyüz M.* Effect of various agro–residues on growing periods, yield and biological efficiency of Pleurotus eryngii // Journal of Food, Agriculture & Environment. 2008. Vol. 66. P. 402–405.

13. Cultivation of different strains of king oyster mushroom (Pleurotus eryngii) on saw dust and rice straw in Bangladesh / M. Moonmoon [et al.] // Saudi Journal of Biological Sciences. 2010. Vol. 17, № 4. P. 341–345. DOI: 10.1016/j.sjbs.2010.05.004.

14. *Philippoussis A., Zervakis G., Diamantopoulou P.* Bioconversion of agricultural lignocellulosic wastes through the cultivation of the edible mushrooms Agrocybe aegerita, Volvariella volvacea and Pleurotus spp. // World Journal of Microbiology & Biotechnology. 2001. Vol. 17. P. 191–200.

15. *Rodriguez Estrada A. E., Jimenez–Gasco M. del M., Royse D. J.* Improvement of yield of Pleurotus eryngii var. eryngii by substrate supplementation and use of a casing overlay // Bioresour. Technol. 2009. Vol. 100, № 21. P. 5270–5276. DOI: 10.1016/j.biortech.2009.02.073.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ИНТРОДУКЦИИ ПРОДУКТИВНЫХ ШТАММОВ ЭКЗОТИЧЕСКИХ ГРИБОВ *Cyclocybe aegerita* (V. Brig.) Vizzini и *Pleurotus eryngii* (DC.) Quél

Бандура И. И., Кулик А. С., Макогон С. В., Синяговский С. С.

Аннотация. Исследование выявило особенности культивирования новых для украинского рынка видов экзотических съедобных грибов: вешенки степной и опенка тополиного. Эти виды грибов могут стать надежным источником эссенциальных элементов, способных повысить ценность пищевых продуктов с их использованием. В ходе исследования определено, что биологическая эффективность опенка тополиного на 10% выше на стерильных субстратах. Установлено, что общий технологический цикл культивирования опенка существенно не зависит от состава субстратов и составляет в среднем 43 дня для получения первой волны плодовых тел. В случае использования ферментированных субстратов этот показатель возрастает в 1,5 раза и составляет примерно 61 день.

Определена оптимальная формула субстрата для промышленного культивирования вешенки степной и доказано влияние состава субстрата и метода его обработки на биологическую эффективность и продолжительность технологического цикла этого гриба.

Доказана возможность одновременного культивирования указанных видов, это определяет перспективы для быстрого процесса расширения ассортимента съедобных и лекарственных грибов в Украине и за ее пределами.

Ключевые слова: вешенка степная, опенок тополиный, стерилизация, ферментация в высоком слое, биологическая эффективность, технологический цикл

EXPLORING OF PECULIARITIES OF INTRODUCTION EXOTIC MUSHROOMS PRODUCTION STRAINS *Cyclocybe aegerita* (V. Brig.) Vizzini та *Pleurotus eryngii* (DC.) Quél

I. Bandura, A. Kulyk, S. Makohon, S. Synyagovskiy

Summary

In the current time, wood exotic mushrooms such as Lentinula edodes, Flammulina velutipes, Hericium erinaceus, Pleurotus eryngii and Cyclocybe aegerita become most popular among world mushroom growers. This interest has increased because new scientific data have obtained which has discovered their nutrition value and medicinal properties. Unfortunately, Ukrainian people don't have enough information about the growth of these exotic wood mushrooms. The exploration has determined features of production growing of Pleurotus eryngii and Cyclocybe aegerita which are a new perspective species for the Ukrainian market.

The different methods of substrate preparation were tested for growing eryngii and poplar mushroom: 1) fermentation of row materials in the high lay; 2) sterilization into autoclave. As a result, biological efficiency of Cyclocybe aegerita was on 10% more with using sterile substrate compare to fermentative one. In addition, the technological cycle for the first flush was in 1,5 times shorter. On the other hand, these characteristics did not depend from substrate composition.

On the contrary, for eryngii growing the significant difference was obtained between variants of this research. The second variant of substrate recipe was more effectivity for fast technological cycle and BE of Pleurotus eryngii strain 2032.

In conclusion, the production growth of exotic mushrooms can occur in one place and similar conditions. This fact allows increasing the possibility of extending the range of wood edible and medicinal mushrooms in the nearest future.

Keywords: pleurotus eryngii, poplar mushroom, sterilization, fermentation in the high lay, biological efficiency, technological cycle.

УДК [631.563.8:678.048]:635.4 DOI: 10.31388/2220-8674-2018-2-53

ЗБЕРІГАННЯ ЗЕЛЕНІ ШПИНАТУ В ЖИВИЛЬНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Прісс О. П., д. т. н.,
Булавицька К. В.,
Коляденко В. В.
Таврійський державний агротехнологічний університет
E-mail: olesyapriss@gmail.com

***Анотація*.** Шпинат користується попитом у споживачів та вирізняється високим вмістом цінних фітонутрієнтів. Однак, значна частина фітонутрієнтів зеленних овочів втрачається на етапах післязбиральної обробки, зберігання, і, особливо, під час заморожування, сушіння та консервування. Для подовження термінів зберігання і стабілізації вмісту біологічно активних речовин запропонована технологія зберігання шпинату в живильному середовищі на основі гідрогелю та хлорофіліпту. Встановлено, що зберігання шпинату у живильному середовищі з гідрогелем та хлорофіліптом сприяє подовженню терміну зберігання та стабілізації вмісту фітонутрієнтів.

***Ключові слова*: шпинат, зберігання, живильне середовище, гідрогель, хлорофіли, каротиноїди, аскорбінова кислота.**

Постановка проблеми. Численні дослідження свідчать, що стратегія здорового харчування з підвищеним споживанням плодів та овочів відіграє важливу роль у профілактиці захворювань серця, раку, інсульту, діабету, хвороби Альцгеймера, катаракти, деменції та уповільнення темпів когнітивних розладів у похилому віці [1, 2]. Така ефективність плодів та овочів пов'язана з високими концентраціями фітонутрієнтів - вітамінів, фенольних сполук, флавоноїдів, каротиноїдів [3]. Сьогодні заохочення збільшення споживання овочів і фруктів є політикою у сфері харчування та здоров'я західних суспільств та переважною стратегією профілактики захворювань і оздоровлення населення у всьому світі [4, 5]. Окреслена тенденція вимагає від плодоовочівників розширювати виробництво і асортимент продукції та використовувати ефективні способи зберігання швидкопсувної рослинної сировини [5].

Аналіз останніх досліджень. Серед усіх груп плодоовочевої продукції зелені листкові овочі вирізняються надзвичайно високим вмістом цінних фітонутрієнтів [6, 7]. Досить універсальним зеленим овочем є шпинат, адже його зазвичай використовують в якості салату, вареного овочу чи як компонент багатьох м'ясних і овочевих страв. Зелень шпинату користується попитом в українських споживачів, а в

© Прісс О. П., Булавицька К. В., Коляденко В. В.

багатьох країнах виходить на перше місце за популярністю серед зелених культур [8]. Листя шпинату багате мінеральними солями, вітамінами, провітаміном А, каротиноїдами, солями заліза, йоду, і фолієвою кислотою [9, 10].

Однак, значна частина фітонутрієнтів зелених овочів втрачається на етапах післязбиральної обробки, зберігання, і, особливо, під час заморожування, сушіння та консервування [11-14].

Зелень шпинату рекомендують зберігати при температурі близько 0 °С та відносній вологості не нижче 95 % від 14 до 18 діб [15]. Збільшення температури зберігання до 5 °С призводить до скорочення терміну зберігання до 7 діб. А подальше збільшення до 10 °С скорочує тривалість зберігання до 3..4 діб. Достатню якість протягом 14 діб забезпечує лише застосування упаковки, що перешкоджає в'яненню продукції та дотримання температури 0 °С [16]. Проте, відомо, що застосування пакувальних плівок часто призводить до загнивання продукції [17]. Відомий ефективний спосіб зберігання зелені петрушки на основі живильного середовища з гідрогелю та антиоксидантів, який дозволяє стабілізувати вміст біологічно активних речовин та продовжити термін зберігання до 90 діб [18]. Однак, видова та сортова специфіка рослинної сировини будуть важливими детермінантами біохімічної відповіді тканин, що вимагає подальших досліджень.

Формулювання цілей статті. Метою роботи є обґрунтування елементів технології зберігання шпинату, з використанням живильного середовища на основі гідрогелю та антиоксиданту, що дозволить подовжити терміни зберігання та стабілізувати вміст фітонутрієнтів.

Для реалізації поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

1. Встановити вплив живильного середовища на термін зберігання шпинату різних сортів.
2. З'ясувати вплив живильного середовища на збереженість аскорбінової кислоти під час зберігання шпинату різних сортів.
3. Дослідити вплив живильного середовища на збереженість хлорофілів і каротиноїдів під час зберігання шпинату різних сортів.

Методи і матеріали досліджень. Експериментальні дослідження були проведені в лабораторії технології первинної переробки і зберігання продуктів рослинництва НДІ Агротехнологій та екології Таврійського державного агротехнологічного університету м. Мелітополя. Дослідження проводилися у 2017 та 2018 роках.

У дослідженнях використовували ранньостиглі сорти шпинату Боа та Віроfле осіннього збору. На зберігання закладали сировину стандартної якості. Зелень шпинату фасували у пучки по 150 г та вкладали стеблами у поліетиленові пакети, попередньо наповнені живильним середовищем. Застосовували два різні варіанти живильного

середовища. Варіант 1 - живильне середовище, що містить водний розчин 1% агрогелю. Варіант 2 - живильне середовище, що містить водний розчин 1% агрогелю та 0,25% антиоксиданту хлорофіліпту. За контроль приймали шпинат без живильного середовища. Температура зберігання 1±1°С, відносна вологість повітря 95±3 %.

Вміст аскорбінової кислоти визначали методом йодометричного титрування [19]. Вміст хлорофілів a та b, каротиноїдів визначали шляхом екстрагування пігментів 100 % ацетоном з наступним визначенням їх оптичної густини спектрофотометрично [20] Дослідження проводили у трикратній повторності.

Результати досліджень. Візуальна та сенсорна якість шпинату обох сортів за вказаних умов зберігання погіршується від самого початку і термін зберігання контрольних зразків становить лише 3…5 діб. Основною причиною зниження якості є в'янення. Оскільки живильне середовище призначене в першу чергу для відновлення балансу вологи, то застосування такого способу для зберігання шпинату відповідно сприяє подовженню термінів зберігання шпинату практично втричі (табл. 1).

Таблиця 1. **Тривалість зберігання шпинату, діб**

Рік досліджень	Сорт	Варіант	Тривалість зберігання, діб
2017	Боа	Контроль	5
		Варіант 1	15
		Варіант 2	17
	Віроfле	Контроль	4
		Варіант 1	14
		Варіант 2	16
2018	Боа	Контроль	5
		Варіант 1	13
		Варіант 2	19
	Віроfле	Контроль	3
		Варіант 1	11
		Варіант 2	15

Додаткове введення у склад живильного середовища хлорофіліпту дозволяє подовжити термін зберігання в 4…5 разів залежно від сорту у порівнянні з контролем.

Свідченням стабілізації вмісту біологічно активних речовин при використанні живильного середовища є достовірно вищий вміст аскорбінової кислоти після зберігання (табл. 2).

Таблиця 2. **Кількісті аскорбінової кислоти у шпинаті, мг/100 г** $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$ **, n=3**

Зразок	Рік досліджень	Боа	Вірофле	$НІР_{0,95}$
До зберігання	2017	198,2±0,05	215,7±0,07	0,79
	2018	188,4±0,08	210,3±0,06	0,78
Контроль	2017	102,4±0,06	107,3±0,08	0,77
	2018	113,1±0,07	121,9±0,05	0,76
Варіант 1	2017	165,8±0,08	172,1±0,07	0,81
	2018	157,9±0,08	183,2±0,06	0,79
Варіант 2	2017	174,1±0,07	186,4±0,06	0,78
	2018	170,5±0,06	175,2±0,09	0,75

Сортові особливості у накопиченні рослинами аскорбінової кислоти достовірні. Ці відмінності спостерігаються і протягом зберігання. Введення у живильне середовище хлорофіліпту є повністю виправданим, адже навіть за довшого 4..5 разів зберігання втрати аскорбінової кислоти нижчі в 1,4…1,7 разів ніж у контролі.

Деградація хлорофілів і каротиноїдів під час зберігання є закономірним процесом. Сьогодні відомо, що хлорофіл та його похідні володіють антимутагенними, антиканцерогенними, бактерицидними функціями, що дуже важливі для здоров'я людини [21]. Каротиноїдні пігменти також володіють антиоксидантною здатністю [22]. Очевидно, що стабілізація хлорофілів та каротиноїдів під час зберігання шпинату є важливим завданням. Запропонований спосіб зберігання дозволяє істотно гальмувати розпад пігментів у шпинату обох сортів (табл. 3, 4).

Таблиця 3. **Вміст пігментів у зелені шпинату сорту Боа, мг/г , $\bar{x}\pm s\bar{x}$, n=3**

Пігменти	Рік дослі-джень	До зберігання	Контроль	Варіант 1	Варіант 2	$НІР_{0,95}$
Хлорофіл a	2017	20,1±0,08	11,2±0,09	15,4±0,08	18,4±0,07	0,74
	2018	19,3±0,06	12,1±0,05	14,8±0,06	17,9±0,06	0,76
Хлорофіл b	2017	19,8±0,07	12,8±0,06	14,8±0,08	17,1±0,06	0,73
	2018	17,4±0,09	11,5±0,07	13,3±0,06	16,8±0,06	0,75
Каротиноїди	2017	2,32±0,09	1,52±0,08	1,72±0,08	1,92±0,07	0,71
	2018	2,17±0,07	1,12±0,07	1,41±0,06	1,52±0,06	0,72

Таблиця 4. **Вміст пігментів у зелені шпинату сорту Вірофле, мг/г, $\bar{x}\pm s\bar{x}$ n=3**

Пігменти	Рік дослід жень	До зберігання	Контроль	Варіант 1	Варіант 2	$НІР_{0,95}$
Хлорофіл a	2017	21,3±0,09	12,7±0,07	16,9±0,08	18,3±0,07	0,78
	2018	18,5±0,08	11,8±0,08	14,1±0,07	16,8±0,09	0,75
Хлорофіл b	2017	20,2±0,07	11,4±0,05	16,81±0,07	17,4±0,08	0,69
	2018	19,8±0,06	11,5±0,06	13,5±0,05	16,0±0,07	0,72
Каротиноїди	2017	3,40±0,09	1,01±0,08	1,80±0,06	2,12±0,07	0,72
	2018	2,92±0,06	1,32±0,08	1,25±0,06	1,79±0,06	0,71

Після подовженого в 4…5 разів зберігання з використанням живильного середовища, що містить хлорофіліпт, концентрація хлорофілів залежно від року досліджень і сорту шпинату була вищою в 1,3…1,6 разів порівняно з контрольним варіантом, а концентрація каротиноїдів в 1,3…1,4 рази.

Висновки.

Таким чином, можна стверджувати, що зберігання шпинату у живильному середовищі з гідрогелем та хлорофіліптом сприяє подовженню терміну зберігання та стабілізації вмісту фітонутрієнтів.

1. Встановлено, що застосування для зберігання шпинату живильного середовища на основі гідрогелю і хлорофіліпту дозволяє подовжити термін зберігання в 4…5 разів залежно від сорту у порівнянні з контролем.

2. Доведено, що за подовженого терміну зберігання втрати аскорбінової кислоти у шпинаті, що зберігається з використанням живильного середовища на основі гідрогелю і хлорофіліпту нижчі в 1,4…1,7 разів ніж у контролі.

3. Показано, що у шпинаті після подовженого зберігання з використанням живильного середовища на основі гідрогелю і хлорофіліпту концентрація хлорофілів залежно від року досліджень і сорту була вищою в 1,3…1,6 разів порівняно з контрольним варіантом, а концентрація каротиноїдів в 1,3…1,4 рази.

Література:

1. *Loef M., Walach H.* Fruit, vegetables and prevention of cognitive decline or dementia: a systematic review of cohort studies // The journal of nutrition, health & aging. 2012. Vol. 16(7). P. 626-630. DOI: 10.1007/s12603-012-0097-x.

2. Accruing evidence on benefits of adherence to the Mediterranean diet on health: an updated systematic review and meta-analysis / F. Sofi, R. Abbate, G. F. Gensini, A. Casini // The American journal of clinical nutrition. 2010. Vol. 92(5). P. 1189-1196. DOI: 10.3945/ajcn.2010.29673.

3. *Liu R. H.* Dietary bioactive compounds and their health implications // Journal of food science. 2013. Vol. 78(s1). P. A18-A25. DOI: 10.1111/1750-3841.12101.

4. Critical review: vegetables and fruit in the prevention of chronic diseases / H. Boeing [et al.] // European journal of nutrition. 2012. Vol. 51(6). P. 637-663. DOI: 10.1007/s00394-012-0380-y.

5. Linking agricultural policies with obesity and noncommunicable diseases: a new perspective for a globalising world / C. Hawkes, S. Friel, T. Lobstein, T. Lang // Food Policy. 2012. Vol. 37(3). P. 343-353. DOI: 10.1016/j.foodpol.2012.02.011.

6. *Bower A., Marquez S., de Mejia E. G.* The health benefits of selected culinary herbs and spices found in the traditional Mediterranean diet // Critical reviews in food science and nutrition. 2016. Vol. 56(16). P. 2728-2746. DOI: 10.1080/10408398.2013.805713.

7. Nutritional composition and flavonoid content of edible wild greens and green pies: a potential rich source of antioxidant nutrients in the Mediterranean diet / A. Trichopoulou [et al.] // Food Chemistry. 2000. Vol. 70(3). P. 319-323. DOI: 10.1016/S0308-8146(00)00091-1.

8. *Morelock T. E., Correll J. C.* Spinach. In Vegetables I, Springer, New York, NY, 2008. P. 189-218.

9. *Івануса І. Б., Михалків М. М.* Визначення елементного складу шпинату городнього (Spinacia oleracea L.) родини лободових (Chenopodiaceae) // Медична та клінічна хімія. 2015. Вип. 17, № 4. С. 84-86.

10. Quality changes during storage of spinach and lettuce baby leaf / A. Spinardi [et al.] // Acta Hortic. 2010. Vol. 877. P. 571-576. DOI: 10.17660/ActaHortic.2010.877.74.

11. Effect of cutting on ascorbic acid oxidation and recycling in fresh-cut baby spinach (Spinacia oleracea L.) leaves / G. Cocetta, V. Baldassarre, A. Spinardi, A. Ferrante // Postharvest Biology and Technology. 2014. Vol. 88, P. 8-16. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2013.09.001.

12. *Lester G. E., Makus D. J., Hodges D. M.* Relationship between fresh-packaged spinach leaves exposed to continuous light or dark and bioactive contents: effects of cultivar, leaf size, and storage duration // Journal of agricultural and food chemistry. 2010. Vol. 58(5). P. 2980-2987.

13. *Доценко Н. В., Подорога В. І.* Дослідження шпинату різних термінів дозрівання для виробництва замороженого продукту // Харчові технології, хлібопродукти і комбікорми: зб. тез доп. Міжнар. наук.-практ. конф. Одеса, 2016. С. 126-128.

14. Carotenoids and flavonoids in organically grown spinach (Spinacia oleracea L) genotypes after deep frozen storage / U. Kidmose [et al.] // Journal of the Science of Food and Agriculture. 2001. Vol. 81, № 9. P. 918-923.

15. Spinach production in California / S. T. Koike [et al.]. 2011. P. 1-6.

16. Specialty salad greens: postharvest physiology and shelf-life / M. Cantwell, J. Rovelo, X. Nie, V. Rubatzky // Acta horticulturae. 1998. Vol. 467. P. 371-378. DOI: 10.17660/ActaHortic.1998.467.42.

17. The effects of modified atmosphere packaging and storage temperature on quality and biochemical properties of dill (Anethum graveolens) leaves / M. Sakaldaş, A. Ş. Aslım, C. Ö. Kuzucu, K. Kaynaş // Journal of Food, Agriculture & Environment. 2010. Vol. 8 (3&4). P. 21-25.

18. *Прісс О. П., Кулик А. С.* Стабілізація зеленого забарвлення при зберіганні овочів // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2014. Вип. 4 (10). С. 53-58.

19. *Найченко В. М.* Практикум з технології зберігання і переробки плодів та овочів з основами товарознавства. Київ: ФАДА ЛТД, 2001. 211 с.

20. *Мусієнко М. М., Паршикова Т. В., Славний П. С.* Спектрофотометричні методи в практиці фізіології, біохімії та екології рослин. Київ: Фітосоціоцентр. 2001. 200 с.

21. *Ma L., Dolphin D.* The metabolites of dietary chlorophylls // Phytochemistry. 1999. № 50. P. 195-202.

22. *Сімахіна Г. О.* Функціональна роль каротиноїдів та особливості їх використання у харчових технологіях // Наукові праці НУХТ. 2010. № 33. С. 45-48.

ХРАНЕНИЕ ЗЕЛЕНИ ШПИНАТА В ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ

Присс О. П., Булавицкая К. В., Коляденко В. В.

Аннотация - шпинат пользуется спросом у потребителей и отличается высоким содержанием ценных фитонутриентов. Однако, значительная часть фитонутриентов зеленных овощей теряется на этапах послеуборочной обработки, хранения, и, особенно, во время замораживания, сушки и консервирования. Для удлинения сроков хранения и стабилизации содержания биологически активных веществ предложена технология хранения шпината в питательной среде на основе гидрогеля и хлорофиллипта.

Установлено, что хранение шпината в питательной среде с гидрогелем и хлорофиллиптом способствует продлению срока хранения и стабилизации содержания фитонутриентов.

Ключевые слова: шпинат, хранение, питательная среда, гидрогель, хлорофиллы, каротиноиды, аскорбиновая кислота.

TECHNOLOGY OF THE SPINACH STORAGE IN THE NUTRIENT MEDIUM

O. Priss, K. Bulavitska, V. Kolyadenko

Summary

Spinach is widely used in cuisine and is in great consumers' demand. This herb contains high amount of phytonutrients and can be a valuable source of them. Nevertheless, big part of phytonutrients is lost during postharvest treatment and storage, especially freezing, drying and canning. In this study, the technology of spinach storage in the hydrogel-chlorophyllipt-based nutrient medium was suggested in order to prolong spinach shelf life and to stabilize biologically active substances.

In the study, spinach of early cultivars Boa and Virofle of the autumn harvest was used. The greenery was arranged in 150g bundles and stems were put in pre-filled with nutrient medium polyethylene bags. Two different variants of nutrient medium were used. Variant 1 contained 1% water solution of hydrogel. Variant 2 contained 1% water solution of hydrogel and 0.25% of chlorophyllipt, which acts as an antioxidant. During the storage of the control group of spinach no nutrient medium was used. Temperature of storage was held on 1±1°C, relative humidity – on 95±3 %.

It was found that usage of hydrogel-chlorophyllipt-based nutrient medium for spinach storage prolongs its shelf life 4-5 fold in comparison to the control. The loss of the ascorbic acid during the prolonged storage was proved to be 1.4-1.7 fold smaller in the spinach, which was stored in hydrogel-chlorophyllipt-based nutrient medium, comparing with the control. Concentration of spinach chlorophylls (depending on the year of study and spinach cultivar) after the prolonged storage in hydrogel-chlorophyllipt-based nutrient medium was 1.3-1.6 fold higher in comparison with the control, and the carotenoid concentration was higher 1.3-1.4 fold.

Key words: spinach, storage, nutrient medium, hydrogel, chlorophylls, carotenoids, ascorbic acid.

УДК 664. 95 DOI: 10.31388/2220-8674-2018-2-54

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСІВ ПЕРОКСИДНОГО ОКИСНЕННЯ ТА ЗМІН ЖИРНОКИСЛОТНОГО СКЛАДУ ЛІПІДІВ СЬОМГИ ПРИ ЗБЕРІГАННІ

Данченко О. О.[1], д. с.-г. н.,
Яковійчук О. В.[2],
Здоровцева Л. М.[1], к. б. н.,
Данченко М. М.[1], к. т. н.,
Майборода Д. О.[1]
[1]Таврійський державний агротехнологічний університет
[2]Мелітопольський державний педагогічний університет ім. Б. Хмельницького
E-mail: nndea@ukr.net

Анотація – у статті наведено результати дослідження процесів пероксидного окиснення і змін жирнокислотного складу ліпідів сьомги при зберіганні в охолодженому стані. Встановлено, що при зберіганні філе сьомги в охолодженому стані без консервантів на тлі мікробіологічного псування антиоксидантна активність філе достовірно зростає. Зберігання солоної сьомги характеризується перерозподілом ненасичених жирних кислот на тлі падіння антиоксидантної активності. Встановлено достовірне підвищення вмісту олеїнової і арахідонової кислот і зниження вмісту незамінних лінолевої, ліноленової, а також докозагексаєнової кислот.

Ключові слова: пероксидне окиснення, антиоксидантна активність, жирнокислотний склад, незамінні жирні кислоти.

Постановка проблеми. У функціонуючих м’язах встановлюється динамічна прооксидантно-антиоксидантна рівновага між продукцією вільних радикалів та їхньою елімінацією, підтримка якої та захист внутрішньоклітинних компонентів здійснюється через систему антиоксидантного захисту (АОЗ) [1, 2, 4, 5]. Після зупинки кровообігу відбуваються незворотні зміни, що створюють умови, за яких баланс прооксидантів і антиоксидантів зміщується в напрямку окиснення. Наслідком зупинки кровообігу є накопичення молочної кислоти, що сприяє зниженню pH середовища і, як наслідок, падінню активності антиоксидантних ензимів і активації тканинних гідролаз [6, 7, 8, 9].

Аналіз останніх досліджень. Ферменти риб відіграють виключно важливу роль у процесах, що відбуваються після зупинки кровообігу у всіх тканинах і органах риб, також при різних способах

© Данченко О. О., Яковійчук О. В., Здоровцева Л. М., Данченко М. М., Майборода Д. О.

переробки рибної сировини, особливо при засоленні. Існує твердження, що зниження температури інактивує ферментативні процеси в клітинах. Однак, є дані про те, що протеолітичні та ліполітичні ферменти можуть проявляти свою активність навіть за температури -20 ^{0} С [10, 11]. Втім, найбільшого значення у формуванні споживчих властивостей рибної продукції мають саме окисно-відновні і гідролітичні ферменти, активність яких змінюється в значних межах залежно від умов обробки і зберігання цієї продукції [3, 5, 6, 7, 8, 9]. Сьомга, як представник родини лососевих є цінним харчовим продуктом, що зумовлено, в першу чергу, особливим жирнокислотним складом її ліпідів та високим умістом поліненасичених жирних кислот. Проте високий вміст ПНЖК, водночас, є і причиною її швидкого окисного псування**.**

Метою досліджень було з'ясування особливостей перебігу процесів пероксидного окиснення і змін жирнокислотного складу сьомги при зберіганні в охолодженому стані.

Матеріали і методи. Для проведення досліджень застосовано ставковий вид сьомги (Salmo Salar). Після зупинки кровообігу з риби виділяли філе і формували зразки для двох дослідів. У досліді 1 сьомга закладена на зберігання в холодильник у свіжому (нативному) вигляді без додаткової обробки консервантами і стабілізаторами. В досліді 2 сьомга оброблялась консервантом (натрію хлоридом) у співвідношенні 1:10 за масою. Для цього сіль рівномірно наносилась на поверхню зразка філе. Сформовані проби загортали у фольгу і зберігали в холодильнику при температурі не вище 3 ^{0}С. Термін першого досліду обмежувався мікробіологічним псуванням і складав 7 діб, а другого – окисним і тривав 21 добу. Згідно зі схемою експерименту, через певні проміжки часу (для солоної риби 0, 7, 14, 21 діб, для свіжої 0, 3, 5, 7 діб) з філе відбирались проби для проведення біохімічних досліджень. Проводили визначення інтенсивності пероксидного окиснення ліпідів (ПОЛ) у зразках філе, яке оцінювали за вмістом продуктів пероксидації, що реагують з 2-тіобарбітуровою кислотою у гомогенаті філе (ТБКАП$_{вих}$) та за ініціації Fe^{2+} ПОЛ (ТБКАП$_{інк}$) [16]. Стан системи АОЗ визначали за допомогою коефіцієнта антиоксидантної активності ($К_{АОА}$), його рахували як відношення ТБКАП$_{вих}$ до ТБКАП$_{інк}$ [20], оскільки в гомогенатах тканин міститься не тільки субстрат пероксидації, а й компоненти антиоксидантного захисту, здатні гальмувати пероксидацію ліпідів. Ліпідні екстракти для визначення жирнокислотного складу одержували за методом E.G. Bligh та W.I. Dyer [11] із рекомендаціями F.B. Palmer [12]. Жирнокислотний склад визначали у ліпідному екстракті методом газорідинної хроматографії на хроматографі Carlo Erba (Італія) із скляними набивними

колонками (2,5м×3мм). Як носій використовували Chromosorb W/DP із нанесеною 10%-ною фазою Silar 5CP (“Serva”, Німеччина) в умовах програмованої температури 140 – 250ºС, 2ºС/хв. (температура інжектора 210ºС, температура детектора 240ºС). Математичну обробку експериментальних даних здійснювали відомими методами математичної статистики.

Результати ї їх обговорення. Аналіз динаміки $ТБКАП_{вих}$ у першому дослідному зразку (табл.1) свідчить, що незважаючи на очікувану інтенсифікацію пероксидного окиснення впродовж перших 5 діб на тлі мікробіологічного псування спостерігалось різке зниження вмісту $ТБКАП_{вих}$ (у 8,08 рази) і тільки наприкінці досліду відмічено стрімке зростання цього показника.

Таблиця 1. **Динаміка вмісту продуктів пероксидного окиснення і коефіцієнта антиоксидантної активності у філе сьомги при зберіганні (дослід 1)**

Термін зберігання, доба	$ТБКАП_{вих.}$, нМоль/г	$ТБКАП_{інк}$, нМоль/г	$К_{АОА}$
0	120,2±47,1	630,9± 28,7	0,190
3	46,3± 21,7**	565,9± 31,4	0,082
5	14,9± 5,3**	114,5± 5,9**	0,130
7	38,6± 2,5**	71,4± 3,2*	0,540

Примітка: Тут і в табл. 2 різниця вірогідна відносно попереднього значення: * – $p \le 0,05$; ** – $p \le 0,01$

При зберіганні філе в охолодженому стані окисне псування конкурує з мікробіологічним. Продукти декарбоксилування амінокислот – аміни проявляють відновні властивості. Саме за їхньої участі на тлі мікробіологічного псування спостерігається зниження рівня ліпопероксидації і, як наслідок, вмісту вторинних продуктів пероксидного окиснення ліпідів.

За динамікою вміст $ТБКАП_{вих}$ характеризувався значною мінливістю (коефіцієнт варіації ν =92,6%), а від’ємна кореляція з терміном зберігання (r= - 0,813) підтверджує спадаючий характер його динаміки впродовж досліду.

Вміст $ТБКАП_{інк}$ характеризує здатність тканин до гальмування пероксидного окиснення, що ініційовано $FeSO_4$ і визначається активністю антиоксидантних ферментів і низькомолекулярних антиоксидантів. Чим нижчим є резерв ендогенних антиоксидантів в тканинах, тим вищий рівень активізації ПОЛ при введенні в гомогенати тканин розчину $FeSO_4$.

Результати експерименту свідчать, що якщо впродовж 3-х перших діб спостерігався сталий рівень $ТБКАП_{інк}$, та на 5-у добу

встановлено різке зниження цього показника в 4,9 рази. Таке стрімке падіння $ТБКАП_{інк}$ може бути також спричинено відновними властивостями біогенних амінів, що в значній кількості утворюються у філе сьомги в цей період досліду. Аномально високий рівень $К_{АОА}$ цих тканин наприкінці досліду підтверджує це припущення.

Отже, при зберіганні філе сьомги в охолодженому стані (t=2±1° С) без консервантов термін придатності визначає мікробіологічне псування, а рівень пероксидного окиснення залишається низьким.

При зберіганні солоного філе сьомги (дослід 2, табл. 2) зміни вмісту $ТБКАП_{вих}$ також різноспрямовані. Впродовж першого тижня зберігання спостерігалось підвищення вмісту $ТБКАП_{вих}$ на 30,4 %, проте надалі з 7-ї до 21-ї доби встановлено зниження вмісту вторинних продуктів ПОЛ у 3,0 рази.

Можливо, на цьому етапі за відсутності мікробіологічного псування зв'язування кінцевих продуктів ліпопероксидації карбонільних сполук відбувається унаслідок їхньої взаємодії з аміногрупами білків і утворенням основ Шиффа. За середнім рівнем $ТБКАП_{вих}$ солоної сьомги у 2,0 рази перевищує відповідний показник попереднього досліду, а за динамікою характеризується більш сталим характером (коефіцієнт варіації у 2,1 рази менший за відповідний показник першого досліду).

Таблиця 2. **Динаміка вмісту продуктів пероксидного окиснення і коефіцієнта антиоксидантної активності солоного філе сьомги (дослід 2)**

Термін зберігання, доба	$ТБКАП_{вих.}$, нМоль/г	$ТБКАП_{інк}$, нМоль/г	$К_{АОА}$
0	120,2± 6,3	630,9 ± 29,8	0,190
7	156,7± 7,4*	725,9 ± 37,1*	0,216
14	115,3± 3,8*	641,9 ± 29,9*	0,180
21	51,9± 1,9**	414,1 ± 22,0**	0,125

У другому досліді вміст $ТБКАП_{інк}$ також зменшувався, але це зниження склало тільки 52,4 % за весь період, а від'ємна кореляція з терміном зберігання (r= - 0,640) суттєво поступалась відповідному показнику першого досліду.

Втім, найбільш наочним є порівняння $К_{АОА}$ досліджених зразків сьомги. За кінцевим значенням цей показник для солоного філе у 4,3 рази поступився відповідному зразку досліду 1, а за середнім – майже вдвічі.

Однією з можливих причин зменшення вмісту ТБКАП наприкінці досліду може бути зниження рівня ненасиченості жирних кислот ліпідів, як головного субстрату пероксидації.

Результати газорідинної хроматографії ЖКС ліпідів вихідного зразка сьомги свідчать, що серед насичених жирних кислот у складі цих ліпідів найбільш вмістовними є пальмітинова, арахінова і стеаринова кислоти (рис. 1). Достатньо високий вміст арахінової кислоти є специфічним для риби. М'ясо птиці характеризується достовірно нижчим рівнем цього показника. Ненасиченість жирнокислотного складу філе сьомги визначається головним чином вмістом олеїнової (32,1 %), лінолевої (15,5 %), ліноленової (4,5 %) та ейкозапентаєнової (4,4 %) кислот.

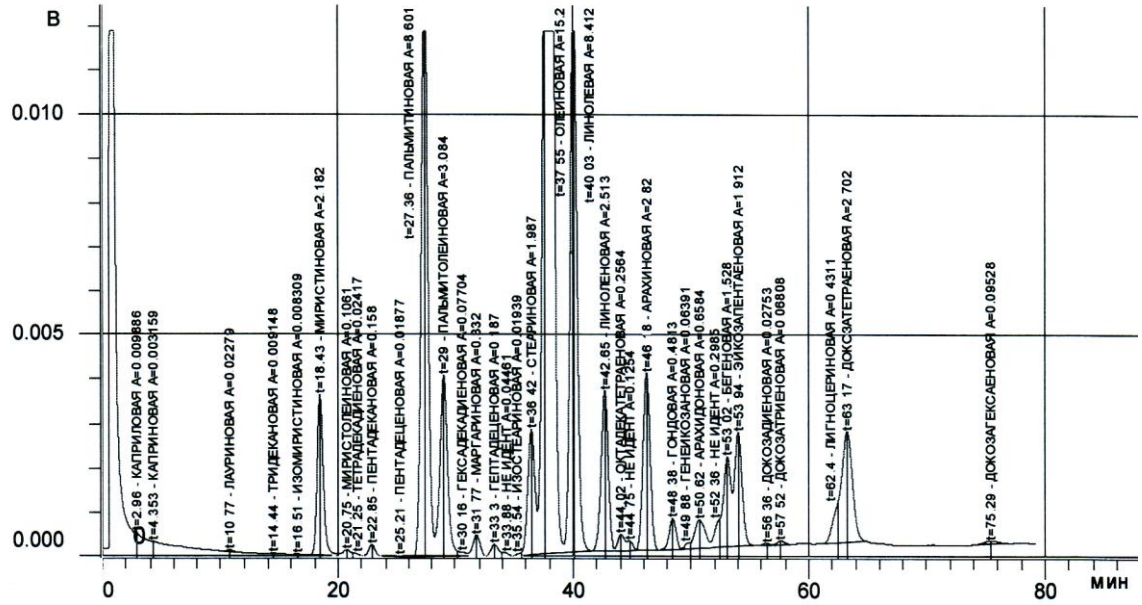


Рис. 1. Хроматограма жирнокислотного складу ліпідів вихідного філе сьомги

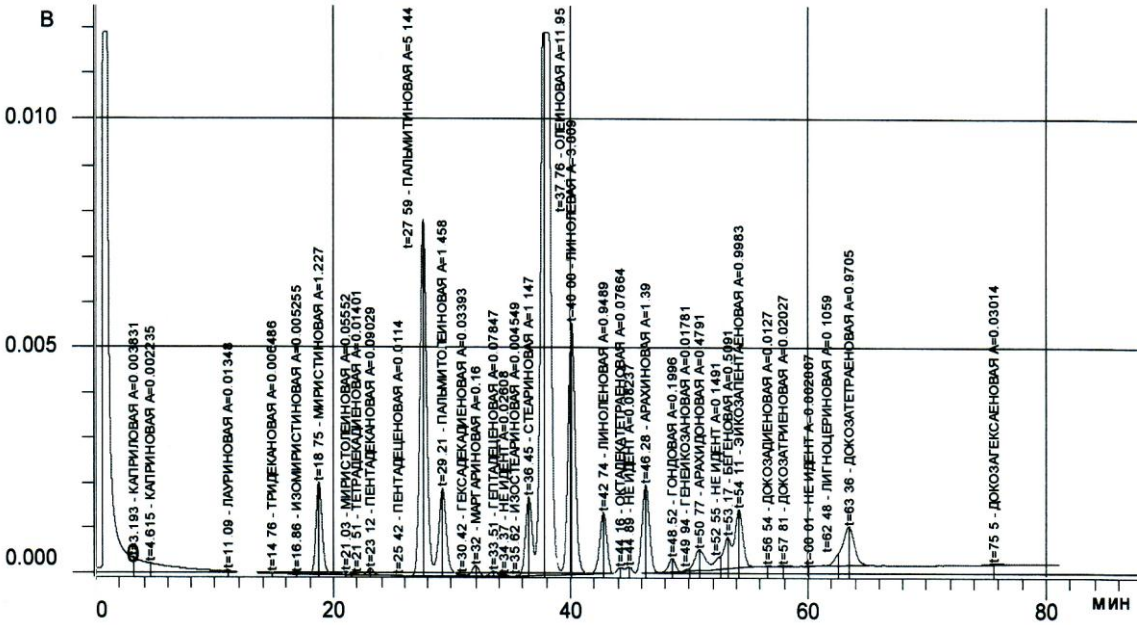


Рис. 2. Хроматограма жирнокислотного складу ліпідів сьомги після зберігання в охолодженому стані

Сьомга суттєво поступається м’ясу птиці за вмістом арахідонової кислоти (1,2 %), але є джерелом незамінних лінолевої і ліноленової кислот. Окрім того, у складі ліпідів ставкової сьомги нашого досліду низький вміст ώ-3 докозагексаєнової кислоти (0,09) %, що узгоджується з деякими літературними джерелами [13,14], хоча вміст цієї кислоти в ліпідах сьомги коливається в межах від 1,1 до 6,7 % [15]. Саме ця кислота, як попередник простагландинів, позитивно впливає на стан серцево-судинної системи. Отже, ліпіди сьомги характеризуються специфічним жирнокислотним складом з високим рівнем поліненасичених жирних кислот.

Встановлено, що впродовж досліду 2 сумарний вміст ненасичених жирних кислот зберігається на сталому рівні. Окрім того, загальний рівень ненасиченості, що в більшій мірі відображує здатність ліпідів до пероксидації, також вірогідно не змінюється, але має певну тенденцію до скорочення. Такі особливості жирнокислотного складу узгоджуються з визначеною динамікою процесів ліпопероксидації, що підтверджується зниженням вмісту $ТБКАП_{вих}$ впродовж досліду. Проте під час зберігання відбувся перерозподіл окремих кислот. Ці зміни жирнокислотного складу, в першу чергу, стосуються ненасичених ЖК. Так, на тлі сталого вмісту стеаринової кислоти встановлено достовірне підвищення вмісту олеїнової (на 37,0%). Таке збільшення вмісту олеїнової кислоти, ймовірно, спостерігається за рахунок гідролізу тригліцеридів та фосфоліпідів і подальшої окиснювальної модифікації ЖК під час зберігання сьомги, унаслідок чого зростає кількість мононенасичених ЖК наприкінці досліду.

Вміст незамінних лінолевої і ліноленової кислот у ліпідах сьомги впродовж досліду 2 достовірно знизився, відповідно на 21,0 і 34,3 %. Причиною такого зниження вмісту цих кислот під час зберігання, ймовірно, є те, що гідролітичні процеси в ліпідах сьомги відбуваються з достатньою швидкістю і при охолодженні. Швидкість окиснення ЖК за низьких температур дещо уповільнюється і стає ще більш залежною від просторової конфігурації цих кислот. Саме окиснювальні процеси, в тому числі й ліпопероксидація, є однією з причин зниження вмісту лінолевої і ліноленової кислот. Тією ж причиною, ймовірно, пояснюється тенденція до зниження вмісту ейкозапентаєнової і докозатетраєнової кислот. На відміну від усіх названих ПНЖК вміст арахідонової кислоти впродовж досліду не тільки не зменшився, а навіть зріс на 26,4 %. Подібне підвищення цієї кислоти встановлено раніше при зберігання осетрових риб [15]. Підвищення рівня арахідонової кислоти автори пояснюють наявністю у складі ліпідів цих риб неідентифікованих жирних кислот з більш довгим карбоновим ланцюгом.

Висновки. Ліпіди використаної в досліді сьомги характеризуються специфічним жирнокислотним складом з високим рівнем поліненасичених жирних кислот. Дослідженнями змін жирнокислотного складу ліпідів солоної сьомги під час її зберігання в охолодженому стані доведено, що загальний вміст ненасичених жирних кислот в межах досліду зберігається на сталому рівні. Зміни жирнокислотного складу полягають у вірогідному підвищенні вмісту олеїнової і арахідонової кислот, що супроводжуються зниженням вмісту незамінних лінолевої, ліноленової, а також докозагексаєнової кислот. Встановлене зниження вмісту найбільш важливих жирних кислот (лінолевої, ліноленової і докозагексаєнової) зумовлює доцільність проведення подальших досліджень, спрямованих на збереженість вихідного жирнокислотного складу цієї сировини.

Література:

1. Effects of increasing temperature on antioxidant defense system and oxidative stress parameters in the Antarctic fish Notothenia coriiceps and Notothenia rossii / R. D. Klein [et al.] // Journal of Thermal Biology. Vol. 68. P. 110–118. DOI: 10.1016/j.jtherbio.2017.02.016.

2. Heat stress in the heart and muscle of the Antarctic fishes Notothenia rossii and Notothenia coriiceps: Carbohydrate metabolism and antioxidant defence / M. R. D. P. Souza [et al.] // Biochimie. 2018. Vol. 146. P. 43–55. DOI: 10.1016/j.biochi.2017.11.010.

3. Effect of short-term sterigmatocystin exposure on lipid peroxidation and glutathione redox system and expression of glutathione redox system regulatory genes in common carp liver / B. Kövesi [et al.] // Toxicon. 2019. Vol. 161. P. 50-56. DOI: 10.1016/j.toxicon.2019.03.001.

4. Antioxidant defense system and oxidative status in Antarctic fishes: The sluggish rockcod Notothenia coriiceps versus the active marbled notothen Notothenia rossii / R. Klein [et al.] // Journal of Thermal Biology. 2017. Vol. 68 (A). P. 119-127. DOI: 10.1016/j.jtherbio.2017.02.013.

5. *Kaya Ö., Kaptaner B.* Antioxidant defense system parameters in isolated fish hepatocytes exposed to bisphenol A - Effect of vitamin C. // Acta Biologica Hungarica. 2016. Vol. 67, № 3. P. 225-235. DOI: 10.1556/018.67.2016.3.1.

6. *Szymczak M.* Distribution of Cathepsin D Activity between Lysosomes and a Soluble Fraction of Marinating Brine // Journal of Food Science. 2016. Vol. 81, № 8. P. 1966–1970. DOI: 10.1111/1750-3841.13375.

7. Inhibitory effects of chitosan-based coatings on endogenous enzyme activities, proteolytic degradation and texture softening of grass carp (Ctenopharyngodon idellus) fillets stored at 4°C / D. Yu [et al.] //

Food Chemistry. 2018. Vol. 262. P. 1–6. DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.04.070.

8. Activities of Endogenous Lipase and Lipolysis Oxidation of Low-Salt Lactic Acid-Fermented Fish (Decapterus maruadsi) / S. M. Cao [et al.] // Journal of Oleo Science. 2018. Vol. 67, № 4. P. 445–453. DOI: 10.5650/jos.ess17176.

9. Contribution of myofibril filament disassembly to textural deterioration of ice-stored grass carp fillet: Significance of endogenous proteolytic activity, loss of heat shock protein and dephosphorylation of myosin light chain / L. Ge [et al.] // Food Chemistry. 2018. Vol. 269. P. 511–518. DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.07.047.

10. *Губский Ю. І.* Біоорганічна хімія: підручник. Вінниця: Нова книга, 2005. 464 с.

11. Hydrolases of Halophilic Origin With Importance for the Food Industry / A. C. Flores-Gallegos [et al.] // Enzymes in Food Biotechnology. 2019. P. 197–219. DOI: 10.1016/b978-0-12-813280-7.00013-x.

12. *Iverson S. J., Lang S. L., Cooper M. H.* Comparison of the Bligh and Dyer and Folch methods for total lipid determination in a broad range of marine tissue // Lipids. 2001. Vol. 36, № 11. P. 1283-1287.

13. *Palmer F. B. S. C.* The extraction of acidic phospholipids in organic solvent mixtures containing water // Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Lipids and Lipid Metabolism. 1971. Vol. 231, № 1. P. 134–144. DOI: 10.1016/0005-2760(71)90261-x.

14. Developing a multispectral model for detection of docosahexaenoic acid (DHA) and eicosapentaenoic acid (EPA) changes in fish fillet using physarum network and genetic algorithm (PN-GA) method / J.-H. Cheng [et al.] // Food Chemistry. Vol. 270. P. 181–188. DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.07.013.

15. Preliminary Validation of a High Docosahexaenoic Acid (DHA) and -Linolenic Acid (ALA) Dietary Oil Blend: Tissue Fatty Acid Composition and Liver Proteome Response in Atlantic Salmon (Salmo salar) Smolts / W. G. Nuez-Ortín [et al.] // PLoS ONE. 2016. Vol. 11, № 8. e0161513. DOI: 10.1371/journal.pone.0161513.

16. Genetic effects of fatty acid composition in muscle of Atlantic salmon / S. Horn [et al.] // Genetics Selection Evolution. 2018. Vol. 50, № 1. DOI: 10.1186/s12711-018-0394-x.

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕКИСНОГО ОКИСЛЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЙ ЖИРНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА ЛИПИДОВ СЁМГИ ПРИ ХРАНЕНИИ

Данченко Е. А., Яковейчук А. В., Здоровцева Л. Н., Данченко Н. Н., Майборода Д. А.

Аннотация - в статье приведены результаты исследования процессов пероксидного окисления и изменений жирнокислотного состава липидов семги при хранении в охлажденном состоянии. Установлено, что при хранении филе семги в охлажденном состоянии без консервантов на фоне микробиологической порчи антиоксидантная активность филе достоверно возрастает. Хранение соленой семги характеризуется перераспределением ненасыщенных жирных кислот на фоне падения антиоксидантной активности. Установлено достоверное повышение содержания олеиновой и арахидоновой кислот и снижение содержания незаменимых линолевой, линоленовой, а также докозагексаеновой кислот.

Ключевые слова: пероксидное окисление, антиоксидантная активность, жирнокислотный состав, незаменимые жирные кислоты.

FEATURES OF PEROXIDATED OXIDATION PROCESSES AND CHANGES IN FATTY-ACID COMPOSITION OF SALT LIPID IN STORAGE

E. Danchenko, A. Yakovichuk, L. Zdorovtseva, N. Danchenko, D. Maiboroda

Summary

In the formation of consumer properties of fish products, oxidation-reducing and hydrolytic processes, which are intensified in fish raw materials after the cessation of blood circulation, are important. The nutritional value of salmon, as a representative of the salmon family, is primarily due to the specific fatty acid composition of its lipids and the high content of polyunsaturated fatty acids. However, the high content of poly unsaturated fatty acids at the same time is the cause of its rapid oxidative damage. The aim of the research was to find out the features of the processes of peroxide oxidation and changes in the fatty acid composition of salmon when stored in a cooled state. The results of the experiment proved that the lipids of salmon which used in experiment are characterized by a specific fatty acid composition with a high level of polyunsaturated fatty acids of linoleic, linolenic, eicosapentaenoic, docosatetraenoic. It has been established that during storage of salty salmon in the cooled state, the total content of unsaturated fatty acids during the experiment is maintained at a constant level. The main changes in the fatty acid composition are increase of the content of oleic and arachidonic acids, accompanied by a decrease in the content of essential linoleic, linolenic, and also docosahexaenoic acids. The established reduction of the content of the most important fatty acids (linoleic, linolenic and docosahexaenoic) leads to the feasibility of further research aimed at preserving the initial fatty acid composition of these fish raw material.

***Keywords*:** peroxidation, antioxidant activity, fatty acid composition, essential fatty acids.

УДК 634.13.004.12 DOI: 10.31388/2220-8674-2018-2-55

ПРОГНОЗУВАННЯ ТОВАРНОЇ ЯКОСТІ ПЛОДІВ ГРУШІ ЗА КРИТЕРІЄМ ІДЕНТИФІКАЦІЇ

Сердюк М. Є., д. т. н.,
Сухаренко О. І., к. с.-г. н.,
Коляденко В. В.
Таврійський державний агротехнологічний університет
kowtun.marina2013@gmail.com, +38(067)163 33 71

Анотація **–** дослідження присвячені науковому обґрунтуванню впливу погодних чинників на формування показників товарної якості плодів груші в умовах південно-степової підзони України та створенню математичної моделі прогнозування. За допомогою методів варіаційної статистики встановлено, що основним критерієм ідентифікації для подальшого прогнозування показників товарної якості плодів груші слід вважати середню масу плоду. Результатами множинного кореляційно-регресійного аналізу доведено, що на процес формування показників товарної якості плодів груші домінуючий вплив мають аномально високі температурні показники, а саме показники останнього місяця їх дозрівання (r=0,84...0,95). За результатами досліджень розроблено багатофакторні моделі, які дають можливість прогнозувати товарні якості плодів груші залежно від впливу стресових абіотичних чинників.

Ключові слова: **плоди груші, маса, найбільший поперечний діаметр, індекс форми, стрес, абіотичні чинники, прогнозування**

Постановка проблеми. Плодова продукція є обов’язковою складовою повноцінного раціону харчування людини протягом цілого року, і краще її споживати у свіжому вигляді. До плодів, призначених для вживання у свіжому вигляду, висуваються високі якісні вимоги. Вони повинні бути достатньо великими, з яскравим покривним забарвленням, здатними до тривалого зберігання, з високими смаковими перевагами. У плодах повинна міститися максимальна кількість поживних і біологічно активних речовин. Усі ці показники ураховуються при визначенні товарності плодів.

Поряд з цим, плоди використовують у якості сировини консервної, виноробної та інших галузей харчової промисловості. Переробка плодової сировини з низькою транспортабельністю та невеликим терміном зберігання сприяє більш повному її використанню та скороченню значних втрат.

Короткий період збирання пов'язаний великим обсягом надходження плодової продукції з обмеженим терміном зберігання. Це обумовлює потребу, з одного боку, у сучасних плодосховищах, а з

© Сердюк М. Є., Сухаренко О. І., Коляденко В. В.

іншого - у максимально стислих термінах реалізації або переробки плодів. Проте, складність нормального функціонування плодоовочевої та консервної галузей полягає у нестабільності надходження сировини в силу значної залежності її виробництва від абіотичних чинників.

Таким чином, з метою стабільного забезпечення населення свіжою плодовою продукцією, а консервну галузь сировиною виникає необхідність у розробленні методики вибору критеріїв ідентифікації, які відображатимуть якість та функціональний стан плодів під час збирання і подальшого тривалого зберігання. Успішне визначення таких критеріїв дозволить прогнозувати показники товарної якості плодів. Отримана інформація є необхідною при плануванні заходів щодо подальшої реалізації, переробки або холодильного зберігання зібраної плодової продукції.

Аналіз останніх досліджень. В сучасній системі виробництва плодової продукції особливу увагу слід приділяти формуванню відмінних якісних показників, оскільки за низької якості вихідної сировини навіть найпрогресивніші технології зберігання не підвищать її збереженість. А отже, при розробці нових технологій зберігання необхідно враховувати, що якісні показники, біологічна цінність та потенційна збереженість плодів формується ще в саду та залежить від абіотичних чинників довкілля [1].

Основними показниками якості і товарності плодової продукції вважаються їх технічні показники, такі як маса, найбільший поперечний діаметр та індекс форми [2].

Маса та розмір плодів є сортовими ознаками, які змінюються залежно від віку та стану материнської рослини, навантаженості її врожаєм, агротехніки вирощування та метеорологічних умов. Такі стресові погодні умови періоду формування плодів, як весняні заморозки, надмірні опади під час цвітіння, сухе та жарке літо мають істотний вплив на функціонування біологічної системи плодових дерев, а отже не можуть не позначатися на якісних показниках плодів [3-6].

Плоди різних помологічних сортів яблуні та груші за масою і розмірами поділяють на 2 групи – великоплідні та інші різновиди [7, 8]. Сорти яблуні та груші з середньою масою плодів понад 150 г та діаметром 70 – 90 мм, характеризуються вищою товарністю, кращою збереженістю та користуються більшим попитом у споживачів [9, 10].

Найменші маси плодів спостерігаються після занадто суворих зим [11], при аномально високих середньодобових температурах повітря протягом літніх місяців [12] та у найбільш посушливі роки [13, 14].

Найважливішим показником товарності плодів вважається правильність і типовість форми. Для кожного помологічного сорту форма плоду є специфічною сортовою ознакою, яка може змінюватися

під впливом агротехнічних факторів і погодних умов. Цей показник обумовлює конкурентність плодів і має велике значення при калібруванні та упаковці, очищенні та подрібненні плодів [15].

Плоди груші можуть бути плоско-округлої форми, з індексом менше 0,85, округлої з індексом 0,86 – 0,95. При індексі більше 0,96 форма плодів може бути подовжена, овальна, зворотно яйцеподібна, конічна, двояко конічна, усічено–конічна та грушоподібна [16].

Екстремальні низькі температури протягом зимового та ранньовесняного періоду є причиною появи великої кількості недорозвинутих плодів з ознаками сильної ребристості та перетяжками біля верхівки [17-19].

Тривалий вплив надмірно високих температур може сприяти нерівномірному росту плодів та неодночасному їх дозріванню [20]. Тривалий вплив високих температур та сонячного випромінювання (температурний та фото стрес) гальмують розвиток клітин з сонячної сторони плоду, внаслідок чого вони стають деформованими з більш опуклою тіньовою стороною [21].

Таким чином, багатьма українськими та іноземними дослідниками встановлений вплив погодних умов на формування якісних показників плодів груші. А сучасні зміни клімату свідчать про необхідність розробки методики їх прогнозування. Вирішення цього питання залишається вельми актуальним питанням сьогодення.

Формулювання цілей статті. Метою наших досліджень було наукове обґрунтування впливу погодних чинників на формування показників товарної якості плодів груші в умовах південно-степової підзони України та створення математичної моделі прогнозування.

Для реалізації поставленої мети було необхідним вирішити наступні завдання: серед показників товарної якості плодів груші обрати критерій ідентифікації; розробити математичні моделі прогнозування товарної якості плодів груші.

Основні матеріали дослідження. Експериментальні дослідження були проведені в лабораторії технології первинної переробки і зберігання продуктів рослинництва НДІ Агротехнологій та екології Таврійського державного агротехнологічного університету м. Мелітополя. При цьому було використано щоденні метеорологічні дані, зібрані на Мелітопольській метеостанції.

Для дослідження були обрані плоди груші сортів середнього терміну достигання: Вікторія та Конференція, плоди груші пізнього терміну достигання: Деканка зимова, Кюре, Ізюминка Криму. Плоди збирали з дерев, типових для сорту та одного віку. Агрофон на дослідній ділянці задовольняв вимогам агротехніки.

При виборі критерію ідентифікації серед показників товарної якості ураховували ступінь мінливості певного показника під впливом

абіотичних чинників, яка характеризувалася коефіцієнтом варіації. При значеннях коефіцієнту варіації (V) менше 10% мінливість варіаційного ряду вважається низькою [22], тобто аналізований показник істотно не змінюється під впливом абіотичних факторів, а отже не може бути використаний для прогнозування. При значеннях коефіцієнту варіації 11…25 % мінливість варіаційного ряду прийнято вважати середньою, а більше 25 % - високою [22]. В цих випадках аналізований показник істотно змінюється під впливом абіотичних факторів і може бути використаний для подальшого прогнозування. Побудову математичних моделей проводили за розробленою схемою [23].

З метою вибору критерію ідентифікації були досліджені такі найважливіші показники товарної якості плодів як маса плоду, найбільший поперечний діаметр, індекс форми.

Середня маса плодів у вивчених сортів груші істотно змінювалася за роками досліджень, про що свідчать коефіцієнти варіації: 17 % - для сортів пізнього і 15 % – для сортів середнього термінів достигання (табл. 1).

Таблиця 1. **Маса плодів груші, $\bar{x} \pm s\bar{x}$, n=5**

Сорт плодів	Кількість дослідних років	Маса, г		
		M сер.	min / max	V, %
Плоди груші пізнього терміну достигання				
Деканка зимова	5	162,96±19,29	140,5 / 183,9	11,8
Ізюминка Криму	13	182,47±51,97	109,7 / 256,9	28,5
Кюре	8	196,91±22,49	160,6 / 230,7	11,4
Середнє значення	-	183,16±40,49	125,1 / 243,8	17,2
НІР 05	-	43,17	-	-
Плоди груші середнього терміну достигання				
Вікторія	13	256,14±38,24	200,0 / 326,79	14,9
Конференція	13	147,02±22,20	111,59 / 178,5	15,1
Середнє значення	-	201,58±63,52	111,59 / 326,79	15,0
НІР05	-	29,29	-	-

Найбільший вплив абіотичних факторів на середню масу плоду був виявлений для сорту пізнього терміну достигання Ізюминка Криму. При цьому коефіцієнт мінливості становив 28,5% (див. табл. 1). Більш стійкими до впливу погодних умов вирощування виявилися плоди середнього терміну достигання Вікторія та Конференція (коефіцієнти мінливості 14,9 та 15,1% відповідно), а також пізнього - Деканка зимова та Кюре (коефіцієнти мінливості 11,8 та 11,4% відповідно). За таких коефіцієнтів варіації мінливість варіаційного ряду прийнято вважати середньою.

За роки досліджень найбільша середня маса плодів груші сортів пізнього терміну достигання відзначалася у 2005 році, вона перевищувала середній показник на 33,1%, а найменша – у 2000 році, на 58 % нижче середнього значення (рис. 1 А). Щодо плодів середнього терміну достигання, то максимальне значення цього показника зафіксоване у 2007 році, з перевищенням середнього значення на 25,3%, а мінімальне - у 2004, на 28,3 нижче за середній показник за роками досліджень (рис. 1 Б).

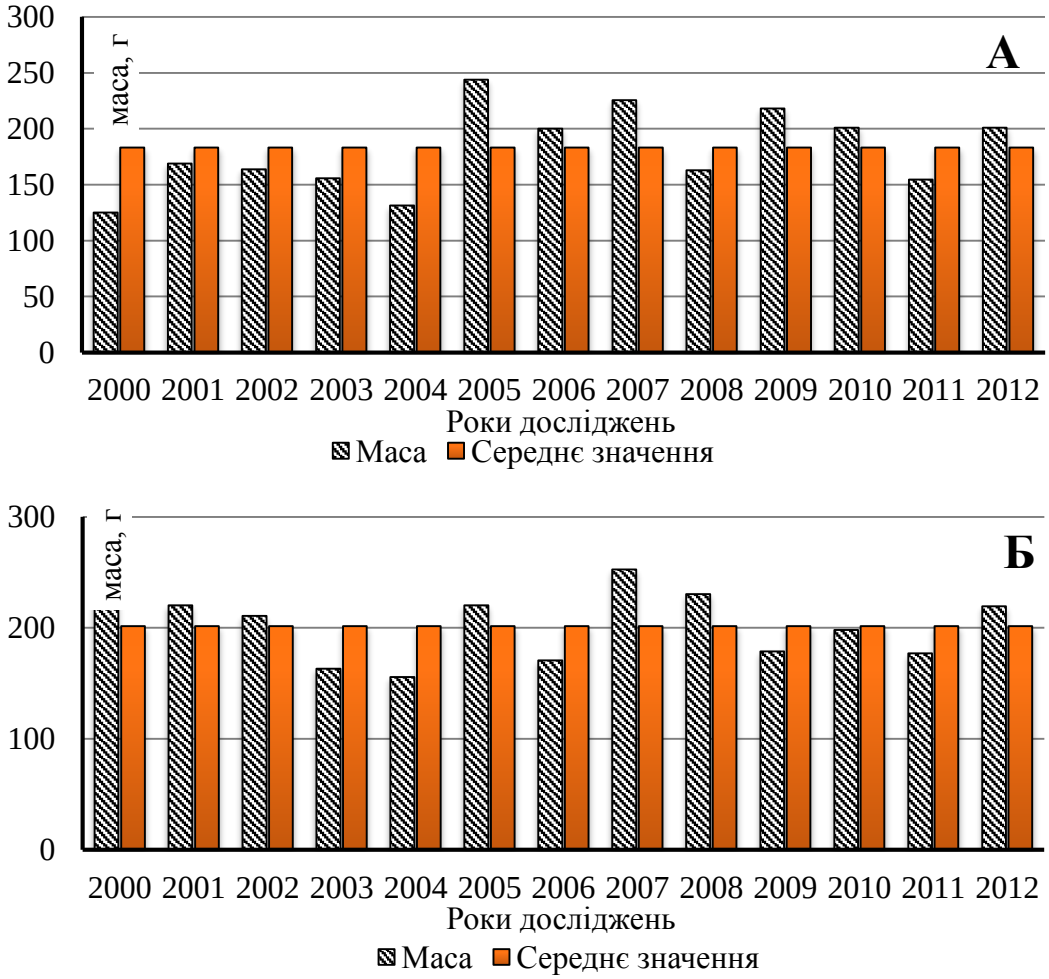


Рис. 1. Маса плодів груші в умовах Південної степової підзони України: А – плодів групи сортів пізнього терміну достигання, Б – плодів групи сортів середнього терміну достигання, г (2000–2012 рр.).

Таким чином, для всіх аналізованих сортів груші, середня маса плоду характеризується середньою та високою мінливістю, а отже може бути використана у якості критерію ідентифікації для прогнозування товарної якості.

Форма та розмір плодів груші відзначаються низькою мінливістю під впливом стресових погодних чинників, про що свідчать значення коефіцієнтів варіації в межах від 0,3 до 3,7 % (табл. 2) та результати двохфакторного дисперсійного аналізу, результатами якого встановлено, що найвагоміший вплив (95,3%) на величину найбільшого поперечного діаметру має фактор сорту, в той час, як частка впливу погодних факторів (фактор А) становить всього 2,4%, вплив взаємодії факторів АВ – 2,2%, випадкових і інших факторів – 0,1%. На індекс форми плодів найбільший вплив також має фактор сорту (фактор В) – 94,6%, в той час як доля впливу погодних факторів (фактор А) є неістотною – 0,9%, а вплив взаємодії факторів АВ – 3,7 %, випадкових і інших факторів – 0,8 %.

Таблиця 2. **Форма та розмір плодів груші, $\bar{x} \pm s\bar{x}$, n=5**

Сорт	Висота, мм			Діаметр, мм			Індекс форми	
	$H_{сер.}$	min / max	V,%	$D_{сер.}$	min / max	V, %	$I_{сер.}$	V,%
Плоди груші пізнього терміну достигання								
Деканка зимова	67,20± 0,89	66,0 / 68,0	1,3	66,36± 0,89	65,0 / 67,0	1,3	1,01± 0,003	0,3

Закінчення таблиці 2

Ізюминка Криму	70,76± 0,77	69,5 / 71,9	1,1	66,19± 0,36	65,7 / 67,1	0,6	1,07± 0,01	0,7
Кюре	109,61± 1,26	108 / 111,7	1,2	71,35± 2,59	68 / 75,59	3,6	1,54± 0,04	2,5
Середнє значення	82,03± 18,82	66,0 / 111,6	1,2	67,81± 2,80	65,0 / 75,6	1,8	1,20± 0,23	1,2
НІР $_{05}$	32,5			4,54			0,41	
Плоди груші середнього терміну достигання								
Вікторія	97,47± 2,05	94,5 / 100,3	2,1	79,47± 0,91	78 / 80,8	1,14	1,23± 0,02	1,3
Конференція	86,03± 2,27	83,0 / 89,9	2,6	64,89± 2,43	58,9 / 67,7	3,7	1,33± 0,04	2,9
Середнє значення	79,47± 0,91	83 / 100,3	2,4	72,18± 7,65	58,9 / 80,8	2,4	1,28± 0,06	2,1
НІР$_{05}$	1,97			2,9			0,07	

Щодо числових значень, то слід зазначити, що найбільшими середніми розмірами серед сортів осіннього терміну достигання характеризуються плоди сорту Вікторія, а пізнього – сорту Кюре.

Найбільш розповсюдженою формою плодів серед дослідних сортів груші є видовжена грушоподібна форма, звужена до плодоніжки з індексом форми від 1,2 до 1,6. Таку форму мають плоди груші сортів Кюре, Вікторія, Конференція. Плоди груші сортів Ізюминка Криму та Деканка зимова мають індекс форми 1,07 та 1,01 відповідно, що характеризує їх форму як тупо яйцеподібна, або бочкоподібна.

Для встановлення взаємозв'язку між показниками товарної якості плодів та обґрунтованого вибору критерію ідентифікації серед них, був проведений кореляційний аналіз. Отримані коефіцієнти парної кореляції (табл. 3) для факторних показників плодів груші, констатують наявність їх колінеарності, а саме: показник X_1 (маса плоду) має сильний функціональний зв'язок з факторним показником X_2 (найбільший поперечний діаметр) і з X_3 (висота плоду), показник X_2, у свою чергу, має сильний функціональний зв'язок з факторним показником X_3. Вважається, що два показники колінеарні, якщо парний коефіцієнт кореляції не менше 0,7. Сильний зв'язок, між аналізованими технічними показниками якості плодів логічно пояснюється: при збільшенні маси плоду зростає його діаметр і висота.

Таблиця 3. **Матриця коефіцієнтів парної кореляції між технічними показниками товарної якості**

Показник	X_1*	X_2	X_3	X_4
Плоди груші середнього терміну достигання				
X_1	**1**	0,92	0,90	-0,01
X_2	0,92	**1**	0,87	0,17
X_3	0,90	0,87	**1**	-0,34
X_4	-0,01	0,17	-0,34	**1**
Плоди груші пізнього терміну достигання				
X_1	**1**	0,77	0,96	0,66
X_2	0,77	**1**	0,80	0,99
X_3	0,96	0,8	**1**	0,69
X_4	0,66	0,99	0,69	**1**

*Примітка: X_1 – маса плоду, X_2 – найбільший поперечний діаметр плоду, X_3 – висота плоду, X_4 – індекс форми плоду.

Показник індексу форми не вважається колінеарним до інших технічних показників плодів, але раніше нами було показано, що він має несуттєву мінливість під дією стресових погодних факторів.

З погляду на це, критерієм ідентифікації серед технічних характеристик товарної якості плодів груші в умовах Південної

степової підзони України слід вважати середню масу плоду, і саме він буде використаний для прогнозування.

Для створення багатофакторної моделі прогнозування маси плодів груші дослідження виконували окремо для груп плодів середнього та пізнього термінів достигання.

Для сортів груші середнього терміну достигання з 8 погодними факторами встановлений сильний кореляційний зв'язок. Такими факторами є гідротермічний коефіцієнт та сума опадів за вегетаційний період, абсолютна та середні максимальні, середні мінімальні та середні температури, САТ і середня ВВП останнього місяця формування плодів.

Для сортів груші пізнього терміну достигання сильний зв'язок встановлений з 6 погодними факторами, серед яких наступні умови останнього місяця формування плодів: середні максимальні температури та різниця між середніми максимальними та мінімальними температурами, середні температури, САТ, середня ВВП абсолютна мінімальна ВВП.

Підсумовуючи отримані данні слід зазначити, що на масу плодів груші пізнього терміну достигання вагомий вплив мають тільки температурні умови та вологість останнього місяця формування плодів, на відміну від сортів середнього терміну достигання, на які додатково істотно впливають умови зволоження всього вегетаційного періоду.

Такі данні можуть бути пояснені різною динамікою наростання маси плодів середнього та пізнього терміну достигання. Так, у перший період після утворення зав’язі відбувається активне наростання маси плодів як сортів середнього, так і пізнього терміну достигання. У подальшому, протягом усіх літніх місяців, наростання маси плодів груші пізнього терміну достигання продовжується більш низькими темпами – в середньому на 12,7 грамів за 15 діб, і тільки з 31.08 знову починається інтенсивне наростання їх маси – в середньому на 47 грамів за 15 діб. Що стосовно плодів середнього терміну дозрівання, то слід зазначити, що в динаміці наростання їх маси також спостерігається період спаду швидкості даного процесу, але за тривалістю він є значно коротшим, ніж у плодів груші пізнього терміну достигання. Найбільший вплив стресових абіотичних чинників на величину маси плодів груші середнього терміну достигання виявлений у період з 30 липня по 15 серпня (коефіцієнт варіації дорівнює 19,7%), а груші пізнього терміну достигання – з 15.09 і до збирання плодів, тобто в останній період (коефіцієнт варіації дорівнює 29,4%).

За результатами множинного кореляційного та регресійного аналізів отримане підсумкове рівняння залежності маси плоду груші середнього терміну достигання від погодних чинників:

$$У= 0,033 – 1,099X_1 + 1,012X_2+0,362X_3 + 0,592X_4 , R^2 = 0,97$$

де У – середня маса плоду груші середнього терміну достигання, в.о.; X_1 – сума опадів за вегетаційний період, в.о., X_2 – ГТК за вегетаційний період, в.о., X_3 – абсолютна максимальна температура останнього місяця формування плодів, в.о., X_4 – САТ останнього місяця формування плодів, в.о.

Поряд з цим, E_i факторів X_1, X_2, X_3 менше 1, тому вплив їх є менш значущим, а фактору X_4 більше 1, що свідчить про більш вагомий вплив на формування маси плодів груші середнього терміну дозрівання.

Для плодів груші пізнього терміну достигання підсумкове рівняння залежності середньої маси плоду від погодних чинників має вигляд:

$$У= 0{,}435X_1 + 0{,}709X_2 – 0{,}132,\ R^2 = 0{,}94$$

де У – середня маса плоду груші середнього терміну достигання, в.о.; X_1 – середні максимальні температури останнього місяця формування плодів, в.о.; X_2 – САТ останнього місяця формування плодів, в.о. E_i обох факторів більше 1, що свідчить про їх вагомий вплив на формування маси плодів груші пізнього терміну достигання.

Отже, для плодів груші, незалежно від терміну достигання, основним стресовим погодним чинником, який має найбільш вагомий вплив на формування їх якісних технічних показників є САТ останнього місяця формування плодів.

Висновки. За допомогою методів варіаційної статистики встановлено, що основним критерієм ідентифікації для подальшого прогнозування показників товарної якості плодів груші слід вважати середню масу плоду.

Результатами множинного кореляційно-регресійного аналізу доведено, що на процес формування показників товарної якості плодів груші домінуючий вплив мають аномально високі температурні показники, а саме показники останнього місяця їх дозрівання (r=0,84...0,95).

Розроблено багатофакторні моделі, які дають можливість прогнозувати товарні якості плодів груші залежно від впливу стресових абіотичних чинників.

Література:

1. *Ильинский А. С., Бабушкин В. А.* Адаптивная прецизионная технология хранения яблок в регулируемой атмосфере // Инновационные технологии в области хранения и переработки сельскохозяйственного сырья: фундаметальные и прикладные аспекты: материалы V межд. науч.-практ. конф. (г. Краснодар, 28-29 мая 2015 г.). Краснодар, 2015. С. 102-107.

2. *Blažek J., Hlušičková I., Varga A.* Changes in quality characteristics of Golden Delicious apples under different storage conditions and

correlations between them // Horticultural Science (Prague). 2003. Vol. 30, No. 3. P. 81-89.

3. *Хаустович И. П.* Адаптивность плодовых культур: монография. Мичуринск, 2008. 183 с.

4. *Widmer A., Krebs C.* Influence of planting density and tree form on yield and fruit guality of Golden Deliciyus and Royal Gala apples // Acta Hort. 2001. № 557. P. 235-241.

5. *Драгавцева И. А., Кузьмина А. А., Артюх С. Н.* Анализ тенденций наступления природных стресс-факторов среды и преодоление их негативного воздействия на плодовые культуры юга России: монография. Краснодар, 2011. 48 с.

6. *Сердюк М. Є.* Прогнозування якісних технічних показників плодів груші залежно від стресових абіотичних факторів // Вісник Львівської комерційної академії. Львів, 2014. Вип. 14. С. 162-168.

7. ДСТУ ЕЭК ООН FFV-50:2007. Яблука. Настанови щодо постачання і контролювання якості (ЕЭК ООН FFV-50:2003, IDT). [Чинний від 2008-10-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2009. 30 с.

8. ДСТУ ЕЭК ООН FFV-51:2007. Груші. Настанови щодо постачання і контролювання якості (ЕЭК ООН FFV-51:2003, IDT). [Чинний від 2008-10-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2009. 15 с.

9. *Кондратенко Т. Є.* Яблуня в Україні. Сорти: монографія. Київ: Світ, 2001. 298 с.

10. Изучение некоторых сортов груши на пригодность для изготовления сока прямого отжима / М. Г. Максименко и др. // Плодоводство. 2011. Т. 23. С. 361-367.

11. *Северин В. Ф., Байкова Г. Н.* Сравнительная характеристика сортов яблони и груши на юге Краснодарского края // Аграрная наука – сельскому хозяйству: сб. материалов IV междунар. науч.-практ. конф. (г. Барнаул, 5-6 февраля 2009 г.). Барнаул: Изд-во АГАУ, 2009. С. 162-167.

12. *Кондратенко Т. Є., Гончарук Ю. Д.* Біохімічний склад плодів імунних до парші сортів яблуні (Malus domestica borkh.) та їх цільове призначення // Вісник аграрної науки Причорномор'я. Миколаїв, 2011. Вип. 3 (60). С. 133-140.

13. Слива: монографія / А. М. Журавель и др. Кишинэу: A.S.M., 2007. 236 с.

14. *Смелик Т. Л., Можар Н. В., Авдеева Ю. В.* Химический состав плодов груши, произрастающей на юге Краснодарского края // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2014. № 28. С. 4. URL: http://journalkubansad.ru/pdf/14/28/04.pdf. (дата звернення 15.06.2017).

15. *Причко Т. Г.* Влияние условий среды на качество плодов // Системообразующие экологические факторы и критерии зон устойчивого развития плодоводства на Северном Кавказе. Краснодар, 2001. С. 222-231.

16. *Седов Е. Н.* Груша: монографія. Харків: Фоліо, 2003. 336 с.

17. *Причко Т. Г., Чалая Л. Д.* Формирование качественных показателей плодов яблони в зависимости от погодных условий периода вегетации // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2012. № 13. С. 4. URL: http://journalkubansad.ru/pdf/12/01/10.pdf. (дата звернення 15.06.2017).

18. *Причко Т. Г., Чалая Л. Д.* Влияние стресс-факторов в период вегетации на химический состав плодов яблони // Фундаментальные и прикладные разработки, формирующие современный облик садоводства и виноградарства. Краснодар, 2011. С. 308-315.

19. *Сердюк М. Є., Байбєрова С. С.* Прогнозування якісних технічних показників плодів яблуні залежно від стресових абіотичних факторів // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі. Харків, 2014. Вип. 1(19). С. 261-272.

20. *Захарчук Н. В.* Диагностические критерии экспресс-оценки устойчивости яблони к перегреву // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2012. № 17. С. 64-68. URL: http://journalkubansad.ru/pdf/12/05/08.pdf. (дата звернення 15.06.2017).

21. *Родиков С. А.* Методы и устройства анализа зрелости яблок. Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2009. 212 с.

22. *Лакин Г. Ф.* Биометрия. Москва: Высшая школа. 1990. 352 с.

23. *Сердюк М. Є., Степаненко Д. С.* Формування смакових якостей плодів сливи під впливом абіотичних чинників // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. Харків, 2015. № 4(10). С. 55-60. DOI: 10.15587/1729-4061.2015.46579.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТОВАРНОГО КАЧЕСТВА ПЛОДОВ ГРУШИ ПО КРИТЕРИЮ ИДЕНТИФИКАЦИИ

Сердюк М. Е., Сухаренко Е. И., Коляденко В. В

Аннотация - исследования посвящены научному обоснованию влияния погодных факторов на формирование показателей товарного качества плодов груши в условиях южной степной зоны Украины и созданию математической модели прогнозирования. С помощью методов вариационной статистики установлено, что основным критерием идентификации для дальнейшего прогнозирования показателей товарного качества плодов груши следует считать среднюю массу плода. Результатами множественного корреляционно-регрессионного анализа доказано, что на процесс формирования показателей товарного качества плодов груши доминирующее влияние имеют аномально

высокие температурные показатели, а именно показатели последнего месяца их созревания (r = 0,84 ... 0,95). По результатам исследования разработаны многофакторные модели, позволяющие прогнозировать товарные качества плодов груши в зависимости от влияния стрессовых абиотических факторов.

Ключевые слова: плоды груши, масса, наибольший поперечный диаметр, индекс формы, стресс, абиотические факторы, прогнозирования

PREDICTING THE COMMERCIAL QUALITY OF PEAR FRUIT BY THE CRITERION OF IDENTIFICATION

Serdyuk M., Suharenko E., Koliadenko V.

Summary

The studies are devoted to the scientific substantiation of the influence of weather factors on the formation of commodity quality indicators of pear fruit in the conditions of the southern steppe zone of Ukraine and the creation of a mathematical forecasting model. When choosing the identification criteria among the indicators of commercial quality, we took into account the degree of variability of a certain indicator under the influence of abiotic factors, which was characterized by a coefficient of variation. When the coefficient of variation is less than 10%, the variability of the variation series was considered low, that is, the indicator under consideration does not change significantly under the influence of abiotic factors, and therefore cannot be used for prediction. With the values of the coefficient of variation 11 ... 25%, the variability of the variation al series were considered average, and more than 25% - high. In these cases, the analyzed indicator significantly changes under the influence of abiotic factors and may be used for further forecasting. In forming the multifactor model, the linear dependence function was used: $Y = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + ... + a_nX_n$. In order to select the identification criterion, the commercial quality of the fruit were examined: fruit weight, largest transverse diameter, shape index. Using the methods of variation statistics, it has been established that the main criterion of identification for further prediction of the commercial quality indicators of pear fruits should be considered the average mass of the fruit. The results of the multiple correlation-regression analysis proved that the process of forming indicators of commercial quality of pear fruits is dominated by abnormally high temperature indicators, namely the indicators of the last month of their maturation (r = 0.84 ... 0.95). According to the study, multifactor models have been developed that allow predicting the commodity qualities of pear fruits, depending on the influence of abiotic stress factors.

Keywords: pear fruits, mass, largest transverse diameter, shape index, stress, abiotic factors, prediction.

УДК 658.51:664 DOI: 10.31388/2220-8674-2018-2-56

ПРОВЕДЕННЯ ЕНЕРГОАУДИТУ ПНЕВМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ ХАРЧОВОГО ПІДПРИЄМСТВА

Мєдвєдєва Н. А.[1], к. т. н.,
Суxенко В. Ю.[1], д. т. н.,
Суxенко Ю. Г.[1], д. т. н.,
Радько О. В.[2], к. т. н.,
Розбицька Т. В.[1]
[1]Національний університет біоресурсів і природокористування України
[2]Національний авіаційний університет
E-mail: medvedeva-natali@ukr.net, 099-48-344-50

Анотація - для ефективного використання паливно-енергетичних ресурсів досліджені аспекти організації виробництва та споживання стиснутого повітря на харчовому підприємстві. Проведено аналіз динаміки споживання стиснутого повітря в основних точках пневмосистеми. Результати показали різку зміну сумарної витрати стисненого повітря цеху на початок запису. Даний скачок пов'язаний з тим, що обладнання знаходилося в режимі підготовки до виробництва. Також визначено проблеми з надмірними витоками повітря. З метою виявлення можливих провалів тиску в пневмосистемі проводилися тривалі вимірювання тиску в основній пневмомагістралі. Виконано заміри витрат стисненого повітря в основних точках протягом п'яти днів при робочих режимах споживачів. Дані вимірювань надали можливість визначити окремих споживачів та їх частку у загальному споживанні. Під час пневмоаудиту особливу увагу було приділено дослідженню місць витоку стисненого повітря. При підготовці до виробництва спостерігали високий рівень витрат, що пояснюється великим обсягом витоків до 15000 норм.л/хв. Окрім цього, встановлено обсяг локалізованих витоків та поточні втрати коштів, що пов'язані з ними. Розроблено рекомендації з ліквідації витоків та більш ефективного використання стисненого повітря споживачами харчового підприємства. Визначено обсяг заощаджень із впровадження заходів з технічного вдосконалення споживачів пневмосистеми.

***Ключові слова*: пневмоаудит, пневмосистема, стиснуте повітря, пневмомагістраль, витоки повітря, енергоефективність, витрати повітря, тиск в системі.**

Постановка проблеми. В найближчому майбутньому виснажаться запаси основних джерел енергії. Більше того, екологічні проблеми, які виникли останнім часом, зокрема парниковий ефект, кислотні дощі і загальне забруднення атмосфери, пов'язані з використанням енергії [1, 2]. Неефективне внутрішнє споживання паливно-енергетичних ресурсів підвищує рівень залежності від країн-

© Мєдвєдєва Н. А., Суxенко В. Ю., Суxенко Ю. Г., Радько О. В., Розбицька Т. В.

експортерів, що поглиблює проблему енергетичної безпеки країни за рівнем імпортозалежності. Понад 51 % приходиться на нереалізований потенціал енергозбереження в Україні.

Більшість потужностей у галузі є застарілими, мають високий ступінь зношування, використовують ресурсо- й енергоємні технології вчорашнього дня [3].

Більшість керівників підприємств агропромислового комплексу розуміють, що необхідно нарощувати зусилля, спрямовані на зменшення виробничих витрат шляхом зниження споживання енергоресурсів і як наслідок підвищення конкурентоспроможності в своєму сегменті ринку.

На багатьох агропромислових підприємствах частка енергоспоживання, яка припадає на компресорне обладнання може досягати 25–30 %. Стисле повітря як енергоносій широко застосовується для живлення таких споживачів: пневматичного інструменту, пневматичної автоматики, різного роду гільйотин. Крім того для продувки й прочищення деталей і устаткування, для охолодження компонентів в процесі виробництва, переміщення сипучих матеріалів тощо. Застосування стисненого повітря дозволило механізувати ряд трудомістких технологічних процесів. Широкому використанню стиснутого повітря сприяли його особливі властивості: пружність, прозорість, нешкідливість, швидка передача тиску і необмежений запас повітря в природі. На необхідну для роботи компресорів електроенергію доводиться до 80 % експлуатаційних витрат; близько 25% витрачається на виробництво стисненого повітря енергії, а втрати внаслідок витоків становлять 25–30 % енергії. Більшість традиційно застосовуваних систем підготовки і транспортування стиснутого повітря вкрай неефективні – їх загальний ККД не перевищує 20 %. Витрати на вироблення стисненого повітря становлять близько 15 %, а для деяких виробництв досягають 30 % від собівартості продукції. Отже, багато промислових підприємств шукають шляхи підвищення ефективності пневматичних систем, що дозволить досягти суттєвої економії енергоресурсів.

Проведення всеосяжного енергетичного обстеження системи стисненого повітря є одним з найдієвіших способів, що дозволяє визначити ресурс обладнання, стан трубопроводів, підвищити її надійність в експлуатації, збільшити термін служби пневмосистеми. Енергоаудит дозволяє виявити втрати при транспортуванні до споживачів і від витоків, знизити супутні витрати, збільшити ефективність споживання стисненого повітря на підприємстві.

Аналіз останніх досліджень. Розробка нових ресурсозберігаючих технологій відноситься до найбільш перспективних напрямків, які забезпечують фундаментальне

вирішення питань економії енергоресурсів. Теоретично-прикладні розробки [5] присвячено зменшенню енергоємності економіки України, забезпеченню промисловості енергетичними ресурсами, обґрунтуванню рівня енергоефективності. Однак не вирішеними залишаються питання визначення оптимальних шляхів реалізації енергозберігаючих заходів з урахуванням техніко-економічних чинників за окремими системами.

Автори [6] зазначили, що система нормування питомих витрат палива та енергії є елементом управління енергозбереженням. Однак налагоджений нормативний контроль шляхом безперервного обліку питомої енергоємності дозволяє виконати поступове введення технологічного об'єкта в задані межі енергоспоживання. Але через інерційність в умовах швидкої зміни економічної і виробничої ситуації на промислових підприємствах ця система нормування не забезпечує оперативного відстеження поточного стану енергоємних процесів.

Дослідження процесу економічної оцінки організаційних та технічних заходів щодо підвищення промислової енергетичної ефективності розкриті у роботах [2, 3]. В роботах [4-7] розроблена методологія оцінки резервів енергозбереження в промисловості на основі аналізу енерговикористання в технологічному процесі.

Проте, подальших досліджень потребують питання щодо впровадження комплексу дій спрямованих на оптимізацію використання енергоресурсів, яка передбачає найкращу комбінацію ресурсів, які використовуються на окремо взятому підприємстві, в тому числі й вторинних енергоресурсів.

Розробка і впровадження нових, підтримка раніше відомих заходів енергозбереження вимагає сучасних, науково обґрунтованих підходів до планування та оперативного управління. У даній роботі пропонується новий підхід до вирішення проблем енергозбереження, зокрема, в пневматичній системі.

Поліпшення техніко-економічних показників роботи систем подачі повітря досягається економією електричної енергії при його виробленні, ефективністю використання компресорів, зменшенням втрат повітря при транспортуванні, раціональним використанням споживачами та іншими заходами в виробничих цілях.

Першим етапом діагностичного контролю пневмосистеми є проведення технологічного аудиту операційної пневматичної системи [8]. Цей процес складається з визначення фактичної конфігурації пневматичної системи, збору статистичних даних, візуальної та інструментальної перевірки. Другий етап – аналіз роботи складових пневмосистеми та їх показники.

Суть енергетичного обстеження системи стисненого повітря (пневмоаудиту) полягає в проведенні детального, інструментального і статистичного обстеження, що охоплює стан пневматичної системи в цілому, так і об'єктів, зокрема, а також їх спільної роботи в єдиній системі [8].

За результатами пневмоаудіту пропонуються заходи щодо вдосконалення існуючої системи пневматичної схеми подачі повітря або розробкам нової базової підготовки повітря. І як наслідок, підвищується надійність і ефективність використання енергії стисненого повітря споживачами з урахуванням їх пневматичних особливостей експлуатації. На етапі статистичного аналізу збирають і аналізують документальні дані про параметри компресора, споживання енергії, витрати повітря, технічні параметри повітря, робочі режими (сезонність), які необхідно враховувати при розрахунку пневматичної ефективності системи. На наступному етапі пневмоаудіту проводяться експериментальні дослідження робочих процесів і діючих режимів роботи пневматичної системи. Основними показниками, що характеризують роботу компресорної станції, є її продуктивність і питома витрата електроенергії, які досить часто не відповідають паспортним даним. Тому для кожного об'єкта системи за спеціально розробленою програмою проводяться візуальні та інструментальні дослідження. Основою програми і методологією дослідження є положення, які описані в джерелі [7]. Методика огляду полягає в проведенні візуальної оцінки з фото відео фіксацією фактичного стану пневмосистеми. Також проводять вимірювання з реєстрацією пневматичних характеристик системи за допомогою стаціонарних і портативних пристроїв за заданими режимами роботи. Аналітичне дослідження втрат тиску в проточній частині пневматичної магістралі виконують з урахуванням поелементного розрахунку тиску в перерізі струменя, розділів тиску, розподілу швидкості потоків [9]. Баланс виробництва і споживання стисненого повітря аналізується за умови, гарантованих потреб споживачів в наданні ресурсів.

За даними авторів [10] для визначення внутрішнього діаметру трубопроводу і перепаду тиску у пневмосистемах можна використовувати розрахунковий графік. Але цей метод можна використовувати й для перевірки правильності підбору діаметрів трубопроводів пневмомагістралі.

Незважаючи на різноманітність об’єктів існують деякі основні принципи, на яких повинен ґрунтуватись будь-який енергоаудит. В галузі енергозбереження та організації роботи щодо створення та функціонування систем енергоменеджменту діють національні, європейські та міжнародні стандарти. [11]. Слід зазначити, що

стандарт ISO 50001:2011 [12] вимагає проведення «енергетичних оглядів», як складову частину системи енергоменеджменту (СЕН). СЕН повинна розроблятись, реєструватись і зберігатись. Розроблення системи включає аналіз використання і споживання енергії, визначення областей значного споживання енергії та пріоритетності можливостей для підвищення енергоефективності.

Об’єктом досліджень є окремий цех підприємства з виробництва дитячого харчування, зокрема виготовлення дитячих соків. На підприємстві стиснене повітря застосовується для живлення пневматичного інструменту, пневматичної автоматики, обдування пакетів, в процесах упаковки, приймання сировини, стерилізації, купажу, осмосу, розливу ТВА.

Формулювання цілей статті. Метою дослідження є визначення споживання стисненого повітря і розробка заходів щодо підвищення ефективності його використання на харчовому підприємстві, а також скорочення витрат на виробництво стисненого повітря і експлуатацію пневмообладнання.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися наступні задачі:
– провести аналіз структури пневмомережі певного цеху підприємства з виробництва дитячого харчування;
– визначити якість стисненого повітря в різних точках пневмосистеми (точка роси, наявність водяного і масляного конденсату);
– дослідити споживання повітря підприємством та його окремими ділянками, в робочому режимі, так і при зупиненому обладнанні;
– дослідити витоки стисненого повітря;
– розробити рекомендації з енергозбереження і технічного вдосконалення пневмосистеми, що дають економічний ефект.

Основні матеріали дослідження. У цеху підприємства, який досліджується, система виробництва стисненого повітря (рис. 1) розміщена в приміщенні компресорної, що знаходиться у виробничому корпусі.

Пневмосистема має централізовану подачу стисненого повітря. Велика частина пневмомагістралей виконана з нержавіючої сталі. Виробництво стисненого повітря здійснюється п'ятьма гвинтовими компресорами Atlas Copco (Швеція).

Характеристики компресорів, що використовуються на підприємстві з виробництва дитячого харчування наведені в табл. 1.

Потік повітря, що нагнітається ними, осушується за допомогою окремо розташованих, рефрижераторних осушувачів з точкою роси 2–5°С. Тиск стисненого повітря на підприємстві налагоджено на 7,5 бар. При цьому тиску розрахункова сумарна продуктивність 5-ти компресорів складає близько 83100 норм. л/хв.

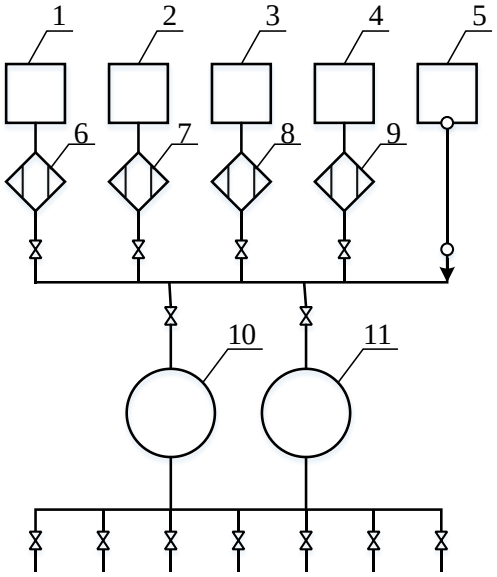


Рис. 1. Принципова схема системи виробництва стисненого повітря: 1, 2, 3, – компресори Atlas Copco ZR132; 4 – компресор Atlas Copco ZR110; 5 – компресор Atlas Copco ZR90VSD-FF; 6, 7, 8, 9 – осушувачі; 10, 11 – ресивери

На підприємстві, що досліджувалось, повітря осушується за допомогою чотирьох незалежних осушувачів 6 – 9 (Atlas Copco – FD300 і FD260) та одного вбудованого в компресор 5. Компресори підключені до двох ресиверів 10 і 11, що знаходяться на вулиці, з яких повітря надходить до всіх споживачів. Загальний обсяг ресиверів становить 8000 літрів (2 ресивера по 4000 л).

Таблиця 1. **Основні характеристики компресорів**

Модель	Тип	Потуж-ність, кВт	Продуктивність при тиску 7,5 бар, м^3/хв	Робочий тиск, бар	Точка роси, °С
Atlas Copco ZR132	Гвинтовий	132	18,4	7,5-12	-
Atlas Copco ZR132	Гвинтовий	132	18,4	7,5-12	
Atlas Copco ZR132	Гвинтовий	132	18,4	7,5-12	
Atlas Copco ZR110	Гвинтовий	110	15,4	7,5-12	
Atlas Copco ZR90VSD-FF	Гвинтовий	90	12,5	7,5-12	-12,1

Ресивери використовуються для компенсації нетривалих скачків витрати, що перевищують сумарну продуктивність всієї компресорної

станції. Це пов’язано з тим що, при непрацюючих компресорах ресивери будуть працювати вкрай малий час. При зупинці компресорного устаткування споживачі при витраті 70000 норм.л/хв стисненого повітря будуть витрачати стиснене повітря з ресиверів і з самої пневмосистеми протягом декількох секунд до зниження тиску на 2 бари.

Після осушувачів через ресивери стиснене повітря зводять в загальний колектор, звідки розподіляється на сім споживачів. Гілки пневмосистеми, що живлять основних споживачів цеху (процеси ТВА, Упаковки, Аплікатори) закільцьовані, що забезпечує подачу стисненого повітря по обидва боки магістралі і дозволяє знизити втрати тиску. Гілки до решти споживачам побудовані за лінійним принципом, тобто є тупиковими і не мають закільцьованих ділянок.

Дослідження системи стисненого повітря цеху підприємства проводили у кінці травня при працюючому виробництві за такими етапами:

– дослідження точки роси,
– вимірювання тиску у компресорі, системі, споживача,
– вимірювання витрат стисненого повітря,
– виявлення витоків стисненого повітря.

Вимірювання точки роси проводилися за допомогою приладу «Testo 635-2» (Німеччина). Прилад призначений для вимірювання температури, відносної вологості та точки роси під тиском в системах стисненого повітря.

Вимірювання витрат стисненого повітря від основних споживачів виконувалися за допомогою датчиків серії PF2A (SMC Corporation, Японія).

При вимірах витрати використовувався датчик витрати погружного типу – «VA 400» (ООО «Измерение и Контроль», Росія). При вимірі тиску використовувався прецизійний датчик тиску ISE30 (SMC Corporation, Японія).

Для виявлення місць витоків стисненого повітря використовувалися акустичний сигналізатор течі «УТ-2А» (ООО "НПК МОДУЛЬ ИТС", Росія) та ультразвуковий течешукач «SDT 170» (SDT Ultrasound Solutions, Бельгія).

При тривалих вимірюваннях тиску і витрат запис даних здійснювалася в автоматичному режимі. Пристроями збору і зберігання інформації використовували електронні реєстратори: дата-логгер «Hobo» (OneTemp Pty Ltd, Австралії) та «Параграф» (ООО "Автоматика", Росія).

Деякі розрахунки виконувалися з використанням програми SMC "Energy Saving" [6]. Так, за цією програмою проводилися обчислення, пов'язані з вологістю повітря, розрахунки втрат тиску в

трубопроводах, оцінки рекомендованих витрат для пневмомагістралей. Методичні підходи, що застосовувалися при вирішенні конкретних завдань, описані нижче по ходу викладу результатів.

Під час проведення енергетичного обстеження пневмосистеми цеху підприємства було встановлено, що сама система виготовлено з нержавіючої сталі, проте ресивери знаходяться на вулиці й зроблені з «звичайної» стали. Продукти корозії внутрішніх стінок ресиверів надалі потрапляють у магістраль виробничого приміщення. В системі магістральної підготовки стисненого повітря відсутній фільтр, який перешкоджав би попаданню найбільш великих часток забрудненості у магістраль, що живить споживачів. Виходячи з цього, все навантаження з фільтрації стисненого повітря приходиться на блоки місцевої підготовки (перед споживачами), що створює необхідність частої заміни фільтруючих елементів.

Робота осушувачів визначено, як ефективна, за відсутністю води в рідкому вигляді у пневмосистемі. Окрім того були проведені заміри точки роси стисненого повітря в трьох точках: загальна магістраль, на виході з компресора 5, на виході з адсорбційного осушувача перед холодним приміщенням. Дані вимірювань наведені в табл. 2.

Таблиця 2. **Дані замірів точки роси**

Ділянка	Точка роси (°С)	$t_{навк.}$, °С*	Примітки
Загальна	-3,2	20	Значна частина обладнання знаходилася у роботі
Компресор 5	-12,3		
Адсорбційний осушувач перед холодним прим.	-27,4	0	

Вимірювання показали, що точка роси стисненого повітря в цеху становить близько – 3,2°С (спостерігалися невеликі коливання величини, пов'язані зі зміною тиску в системі).

Температура навколишнього середовища у виробничому приміщенні, де використовується стиснене повітря, знаходиться на рівні 20°С, таким чином, різниця між точкою роси і навколишнім середовищем становить 23°С. Це означає, що стиснене повітря в досліджуваній пневмосистемі добре осушений. Але недоліком для частини системи, що розташовується на вулиці (ресивери), є недостатня дана ступінь осушення. При температурі на вулиці нижче точки роси – 3,2°С, ймовірно випадання конденсату.

Наступним етапом нашого дослідження було визначення витрат та тиску стисненого повітря. Витрати стисненого повітря цеху

підприємства забезпечувалось чотирма працюючими компресорами із загальною продуктивністю 70600 норм.л/хв. При наявності п'ятого компресора, резерв за продуктивністю становить 12900 норм.л/хв. Таким чином, максимальний обсяг стисненого повітря, який може проводитися становить 83100 норм.л / хв. Вимірювання сумарної витрати і тиску підприємства визначило, що сумарна середня витрата стисненого повітря, яка зафіксована під час проведення пневмоаудиту, становить до 70000 норм.л/хв (рис. 2).

Різка зміна сумарної витрати стисненого повітря цеху на початок запису пов’язано з тим, що обладнання знаходилося в режимі підготовки до виробництва. Це було обумовлено проблемами з електроживлення цеху. Таким чином вдалося зафіксувати витрату стисненого повітря цеху в трьох режимах. У режимі підготовки до виробництва зафіксований високий рівень витрат 30000 норм.л/хв – 45000 норм.л/хв, хоча продукт на лініях не виготовлявся. Висока витрата витрату стисненого повітря для режиму підготовки до виробництва пояснюється великим обсягом витоків до 20000 норм.л / хв у цеху.

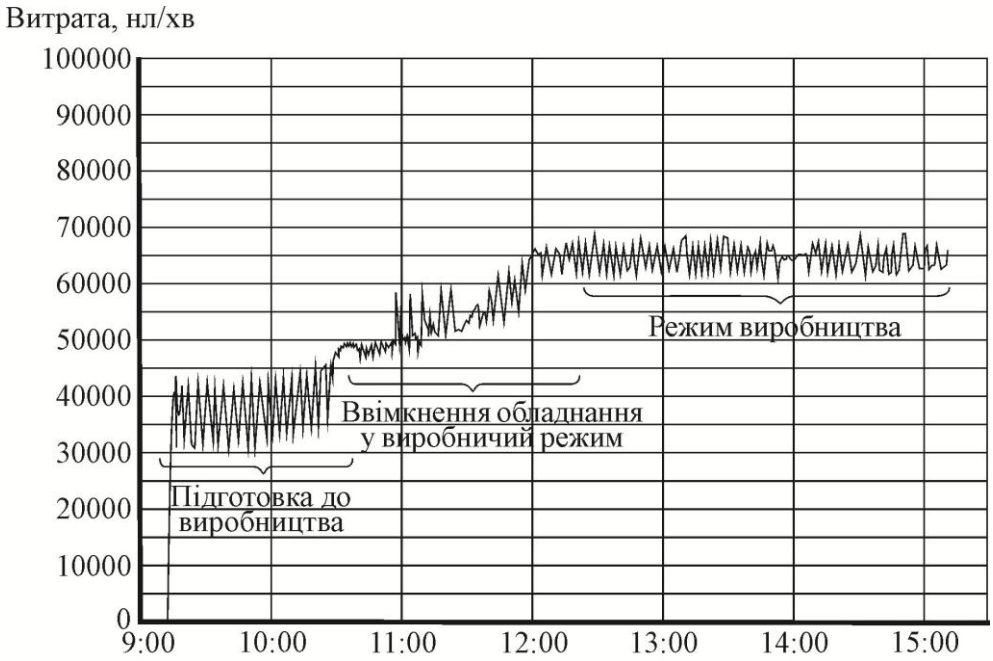


Рис. 2. Зміна сумарної витрати стисненого повітря

В ході дослідження пневмосистеми проводилися тривалі вимірювання тиску в основний пневмомагістралі з метою виявлення можливих провалів тиску, які можуть бути викликані недостатньою продуктивністю компресорної станції. Дослідження тиску і його зміни у магістралі протягом доби не виявили провалів, що можна побачити з графіка (рис. 3).

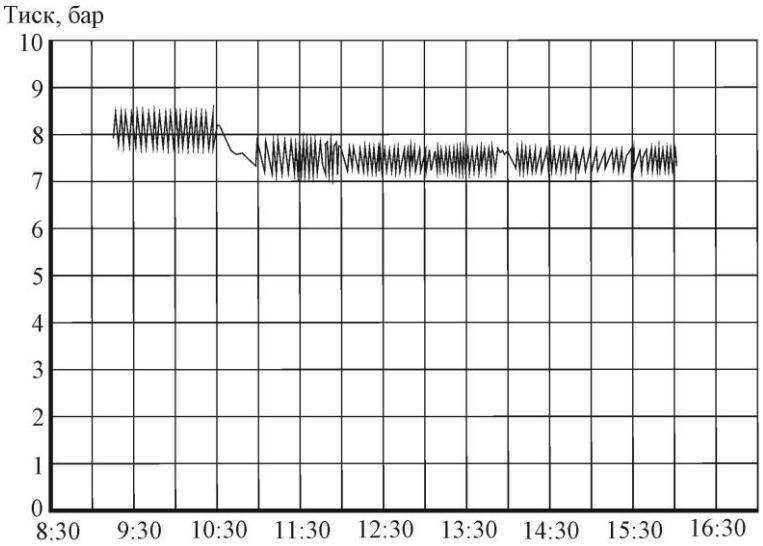


Рис. 3. Графік добового зміни тиску в загальній магістралі

Результати вимірювання показали, що перепад тиску під час всього діапазону вимірювань між загальної магістралі і кінцевим споживачем складає не більше 0,4 Бар. Такий перепад тиску є допустимим та свідчить про коректний вибір діаметрів магістралей, що ведуть до споживачів.

Надалі були проведені заміри витрат стисненого повітря в основних точках пневмосистеми, місця замірів витрати стисненого повітря показані на рис. 4. Заміри проводилися протягом п'яти днів при робочих режимах споживачів.

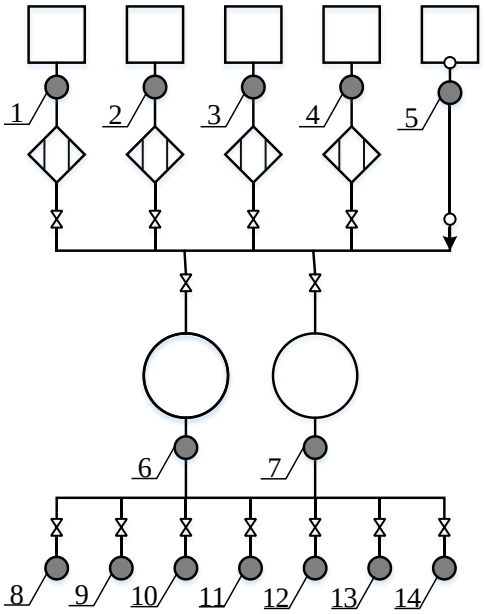


Рис. 4. Схема розташування врізок для визначення витрат стисненого повітря: 1 – компресор 1, 2 – компресор 2, 3 – компресор №3, 4 – компресор №4, 5 – компресор №5, 6 і 7 – загальна магістраль (сумарне споживання), 8 – аплікатори, 9 – упакування, 10 – ТВА, 11 – осмос, 12– купаж, 13 – приймання сировини, 14 – стерилізатор

Результати дослідження споживання стисненого повітря окремими ділянками цеху зведені у табл. 3.

Середнє споживання за добу на лінії «Осмосу» становить 520 норм.л / хв, при включенні регенерації витрата становить 26000 норм.л / хв. Регенерація включається 1 раз / добу протягом 5-7 хвилин. Визначено, що найбільшим споживачем стисненого повітря є лінія розливу ТВА, яка, при одночасному включенні може споживати близько 21500 норм.л/хв в середньому і близько 25 000 норм.л/хв в піке. Іншим великим споживачем стисненого повітря є група ліній упаковки - для них максимальна величина витрат в окремі моменти досягає 22000 норм.л/хв.

Таблиця 3. **Данні споживання стисненого повітря окремими ділянками цеху**

№ точки виміру	Опис ділянки	Споживання при роботі (норм.л / хв)		
		Макс.	Сер., протягом робочого часу	Мін.
1	компресор №1	23000	18500	0
2	компресор №2	18700	18500	0
3	компресор №3	29000	15500	12500
4	компресор №4	17000	15500	0
5	компресор №5	3000	1800	1200
6, 7	Сумарне споживання	72000	65000	3000
8	Аплікатори	21000	17000	11000
9	Упаковка	22000	18500	10000
10	ТВА	25000	21500	17000
11	Осмос	26000	520 (26000 при включені регенерації)	300
12	Купаж	4000	3000	200
13	Приймання сировини	3250	1750	1250
14	Стерилізація	12800	12500	12000

Частка витрат заміряних в точках в загальному споживанні стисненого повітря протягом доби зображено на рисунку 5.

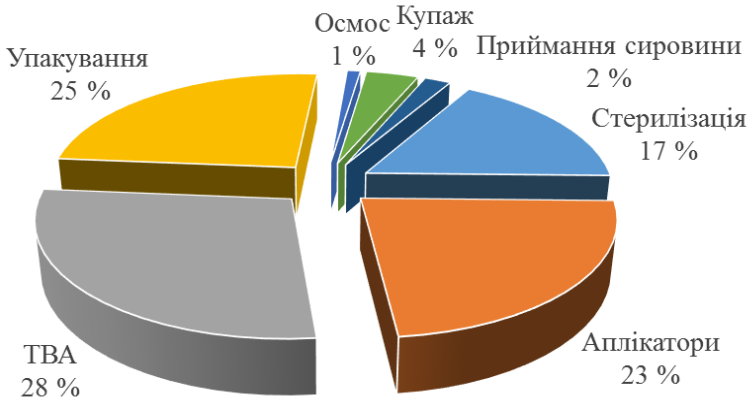


Рис. 5. Частка витрат за окремими ділянками в загальному споживанні стисненого повітря

Одним з важливих етапів дослідження пневмосистеми є виявлення й визначення витоків стиснутого повітря. Витоки є найбільш поширеним видом енергетичних втрат в пневматичних системах і можуть становити значну частку загального споживання стисненого повітря. Тому особливу увагу було приділено пошуку місць витоку стисненого повітря. Виявлення витоків проводилося протягом двох днів в кінці травня при працюючому обладнанні, тому всередині машин пошук витоків не проводився.

В цілому було виявлено 50 витоків. Кожне місце витоку стисненого повітря було оснащене сервісною биркою з описом дефекту. Повний перелік типів витоків та їх кількість на ділянках виробництва наведено нижче в табл. 4.

Таблиця 4. **Класифікація витоків**

Ділянка виробництва	Кількість, шт.	Тип витоку	Кількість, шт.
Лінії розливу ТВА	28	Витік по швидкороз'ємним фітингам	19
Стерилізація	6	Витік по стику розподільників	6
Приймання сировини	4	Витік з порту скидання конденсату	5
Бочкоперекидачі	3	Витік по різьбі	4
Зберігання	3	Витік з регулятора	4
Підготовка води	3	Витік з порту вихлопу	3
Мийка	2	Витік з пошкодженої трубки	3
Купаж	1	Інші	6
РАЗОМ:	50	РАЗОМ:	50

У більшості випадків знайдені витоки припадають на місця з'єднань за допомогою швидкороз'ємних фітингів.

Обсяг витоків, за допомогою датчиків витрат, не фіксувався через відсутність «простоїв». Однак, за даними виміру витрат стисненого повітря при запуску виробництва після аварійного відключення електроживлення, як видно з графіків рис. 2, 3, відзначений високий рівень витрат при підготовці до виробництва, який пояснюється великим обсягом витоків до 15000 норм.л/хв.

Обсяг локалізованих витоків оцінимо з досвіду проведення аудитів на інших підприємствах. Тому обсяг кожної знайденої витоку оцінимо як 50 норм.л./хв. Таким чином обсяг знайдених витоків становить:

50 норм.л / хв × 50 місць витоків = 2500 норм.л / хв (2,5 м^3/хв).

З огляду на вартість 1м^3 стисненого повітря – 0,164 грн, поточні втрати коштів на витоку стисненого повітря складають:

0,164 грн × 2,5м^3 / хв × 350 днів / рік × 24 години / день × 60 хвилин = 206640 грн / рік.

На багатьох металевих фітингах і плитах для них в цеху, який досліджувався виявлені явні сліди корозії, що є причиною витоків. На лінії розливу виявлено кілька клапанів швидкого вихлопу під металевим кожухом з отворів яких постійно витікає стиснене повітря. У фільтрах місцевої підготовки стисненого повітря, що знаходяться безпосередньо перед споживачами цеху розливу виявлені забруднення фільтруючих елементів великими частками, що говорить про відсутність магістральної підготовки стисненого повітря (магістрального фільтра). На деяких ділянках розливу виявлені трубки з відкритим кінцем для обдування.

В ході проведення пневмоаудита виявлено ряд прикладів некоректного виконання окремих ділянок пневмосистеми, помилок в установці і експлуатації деяких видів обладнання, наприклад ділянка обдування пакетів. Дані про фактичне споживання стисненого повітря при різному режимі обдування пакетів перед фасуванням наведено у табл. 5.

З огляду на результати вимірів витрат стисненого повітря на обдув пакетів (табл. 5), можна зробити висновка, що на одну ділянку обдування економія стисненого повітря у зв'язку з використанням датчика наявності пакета, клапана і дроселя складає 250 норм.л/хв. При установці клапана і датчика наявності пакета там, де вже встановлено дросель економія витрат стисненого повітря становить 95 норм.л/хв.

Таблиця 5. **Зведена таблиця даних про фактичне споживання на обдув**

№ т.з.	Опис ділянки	Споживання при роботі (норм.л / хв)		
		Макс.	Середн. протягом робоч. часу	Мін.
1	Обдув пакетів без дроселя і без датчика наявності пакета	290	270	240
2	Обдув пакетів з дроселем але без датчика наявності пакета (клапана)	125	115	110
3	Обдув пакетів з дроселем і з датчиком наявності пакета (клапана)	75	20	0

На кожне місце обдування при установці датчика наявності пакету і клапана, економія витрат становить мінімум 95 норм.л/хв з урахуванням того, що на всіх місцях обдування вже встановлені дроселі та пакети по конвеєру йдуть безперервно.

Враховуючи той факт, що на підприємстві працюють цілодобово 30 ліній розливу 350 днів в році за якими безперервно йдуть пакети з соком й вартість 1м^3 стисненого повітря становить 0,164 грн розрахуємо річний економічний ефект:

$$350 \text{ дней/год} \times 24 \text{ часа} \times 0{,}095 \text{м}^3/\text{мин} \times 60 \text{мин/час} \times 30 \text{ машин} \times 0{,}164 \text{ грн/м}^3 = 235569{,}6 \text{ грн/год}$$

Дані розрахунку проведені без врахування витрат електроенергії на використання клапанів і датчиків наявності пакетів. Дана величина економічного ефекту дещо занижена, тому що при виробництві пакети не йдуть безперервно, і обдув вхолосту працює довгий час.
Таким чином, економія коштів за рахунок використання спрацьовування обдування від датчиків наявності складає 235569,6 грн / рік при перерахованих умовах розрахунку**.**

За підсумками робіт з пневмоаудиту виявлені наступні поточні проблеми і, як наслідок, втрати коштів. Ліквідація виявлених витоків та використання клапанів і датчиків наявності пакетів заощадить близько півмільйона гривень (табл. 6).

Безумовно, ліквідація всіх витоків з'явилася б великою перемогою в боротьбі за ефективне використання стисненого повітря. Однак досвід показує, що домогтися 100-відсоткової ліквідації витоків практично неможливо, хоча до цього і слід прагнути.

Таблиця 6. **Поточні втрати**

№	Тип заощаджень	Обсяг заощаджень грн/рік
1	Ліквідація виявлених витоків стисненого повітря	206 640
2	Економія коштів на обдування пакетів в режимі постійної роботи в порівнянні з режимом включення обдування за умови наявності пакету.	235 569,6
Всього:		442 209,6

Рівень витоків стисненого повітря в пневмосистемі високий (біля 27% від загального споживання) слід вживати заходів для того, щоб знижувати його до мінімуму. Для того, щоб боротьба з витоками стисненого повітря постійно була об'єктом пильної уваги, слід пам'ятати, що ліквідація тільки виявлених витоків становить 206 640 грн, в той час як повна ліквідація витоків збереже близько 1 240 000 грн.

Дослідження системи стисненого повітря цеху підприємства проводили у кінці травня при працюючому виробництві.

Встановлено, що в системі магістральної підготовки стисненого повітря відсутній фільтр, основна робота якого перешкоджати попаданню найбільш великих часток забрудненості у магістраль, що живить споживачів. Встановлений факт свідчить про те, що все навантаження з фільтрації стисненого повітря приходиться на блоки місцевої підготовки, що в свою чергу створює необхідність частої заміни фільтруючих елементів.

Дослідження якості стисненого повітря в різних точках пневмосистеми за показниками точки роси, наявність водяного і масляного конденсату показали, що стиснене повітря в досліджуваній пневмосистемі добре осушено та очищено. Але недоліком для частини системи, а саме розташування ресиверів на вулиці є недостатня ступінь осушення у зимовий період, коли температура навколишнього середовища буде нижче з температури – 3,2 ° С.

Визначено, що максимальний обсяг стисненого повітря, який може проводитися п’ятьма компресорами становить 83100 норм.л / хв., а сумарна середня витрата стисненого повітря, яка зафіксована під час проведення пневмоаудиту, становить близько 70000 норм.л/хв. Таким чином, резерв за продуктивністю компресорів становить до 13000 норм.л/хв.

Досліджено витрати стисненого повітря у цеху. Було зафіксовано витрату стисненого повітря цеху в трьох режимах на початок запису. Різка зміна сумарної витрати стисненого повітря пов’язана з тим, що обладнання знаходилося в режимі підготовки до виробництва.
Результати вимірювання добового зміни тиску в загальній магістралі і кінцевим споживачем показали, що перепад тиску під час всього діапазону вимірювань складає не більше 0,4 Бар. Такий перепад тиску є допустимим та свідчить про коректний вибір діаметрів магістралей, що ведуть до споживачів.

Дослідження витрат стисненого повітря в основних точках пневмосистеми проводилися протягом п'яти днів при робочих режимах споживачів виявили найбільших споживачів стисненого повітря, якими є лінія розливу ТВА, ліній упаковки та комлектовка аплікаторів.

Дослідження й виявлення витоків стиснутого повітря проводилося протягом двох днів в кінці травня при працюючому обладнанні. В цілому було виявлено 50 витоків стисненого повітря, поточні втрати коштів на них складають 206640 грн / рік. Виявлено ряд прикладів некоректного виконання окремих ділянок пневмосистеми. Результати вимірів витрат стисненого повітря на обдув пакетів дозволили визначити економію витрат при установці клапана і датчика наявності пакета, яка становить 95 норм.л/хв.

Висновки

1. Обстеження цеху підприємства визначило, що пневмосистема має централізовану подачу стисненого повітря. Виробництво стисненого повітря здійснюється п'ятьма гвинтовими компресорами, тиск у системі налагоджено на 7,5 бар.

2. Визначено якість стиснутого повітря, яка є задовільною. Заміри точки роси стисненого повітря проводились в трьох точках: загальна магістраль, на виході з компресора 5, на виході з адсорбційного осушувача та становить близько – 3,2°С. Різниця між точкою роси і навколишнім середовищем становить 23°С, що вказує на достатню ступінь осушення та відсутність водного и масляного конденсату.

3. Проведені вимірювання тиску в основній пневмомагістралі показали, що перепад тиску під час всього діапазону вимірювань між загальної магістралі і кінцевим споживачем є допустимим й складає не більше 0,4 Бар. Заміри витрат стисненого повітря надали можливість визначити окремих споживачів. Найбільшим споживачем стисненого повітря є лінія розливу ТВА та лінії упаковки, які відповідно споживають близько 21500 норм.л/хв й 18500 норм.л/хв в середньому.

4. Виявлення витоків проводилося протягом двох днів в кінці травня при працюючому обладнанні. В цілому було виявлено 50 витоків, найбільша їх кількість приходиться на швидкороз'ємні фітинги. Встановлено, що загальний обсяг витоків становить обсягом витоків до 2500 норм.л/хв, а при підготовці до виробництва сягає до 15000 норм.л/хв.

5. Розроблено рекомендації з ліквідації витоків та більш ефективного використання стисненого повітря споживачами харчового підприємства. На ділянці обдуву пакетів економія стисненого повітря у зв'язку з використанням датчика наявності пакета, клапана і дроселя складає 250 норм.л/хв. Річний економічний ефект за рахунок використання спрацьовування обдування від датчиків наявності складає 235569,6 грн / рік.

Література:

1. *Кравчук В.* Інноваційні напрямки енергозабезпечення в Україні // Техніка і технології АПК. 2015. № 2. С. 23–30.

2. Mathematical model of corrosive-mechanic wear materials in technological medium of food industry. Lecture Notes in Mechanical Engineering / Y. Sukhenko, V. Sukhenko, M. Mushtruk, A. Litvinenko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies: Materials Science. 2018. F 2. P. 507–514.

3. *Miedviedieva N., Levytsky M., V. Sukhenko*. Research of energy resources in Ukraine // Новітні технології. 2018. Вип. 1 (5). С. 81–89.

4. Повышение эффективности использования электроэнергии в шахтных производственных системах: монография / В. П. Розен, В. Д. Трифонов, В. В. Слесарев, Д. В. Трифонов. Днепропетровск: НГУ, 2016. 154 с.

5. *Гофман И. В.* Нормирование потребления энергии и энергетические балансы промышленных предприятий. Москва: Энергия, 1966. 233 с.

6. The methodology for the existing complex pneumatic systems efficiency increase with the use of mathematical modeling / A. Danilishin, S. Kartashov, Y. Kozhukhov, E. Kozin // Materials Science and Engineering. 2017. P. 232. DOI: 10.1088/1757-899X/232/1/012069.

7. *Садовский Н. И., Кожухов Ю. В.* Теория, расчет и конструирование компрессоров динамического действия. Испытание компрессоров при параллельной и последовательной работе. Совместная работа компрессоров: учебное пособие. Санкт-Петербург: Изд-во Политехн. ун-та, 2014. 40 с.

8. *Kozin E. G., Kozhukhov Y. V.* Technological audit pneumatic system as a step in the process of its reconstruction // Scientific and technical statements STU. 2016. Vol. 2(243). P. 34–44.

9. *Кривопляс-Володіна Л. О., Валіулін Г. Р., Любімов В. М.* Оцінка витратних характеристик пневмосопла для технологічного процесу // Харчова промисловість. 2015. № 8. С. 137–141.

10. Engineering Tool Box. Compressed Air Pressure Drop Diagram, 2008. URL: https://www.engineeringtoolbox.com/compressed-air-pressure-drop-nomograph-d_1278.html (Last accessed: 02.02.2019).

11. *Черевашко Д. І., Волинець А. В., Мєдвєдєва Н. А.* Механізм ефективного використання енергетичних ресурсів // Стандартизація, сертифікація, якість. 2018. № 1 (108). С. 58–68.

12. ДСТУ ISO 50001:2014. Енергозбереження. Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанова щодо використання (ISO 50001:2011, IDT). [Чинний від 2015-01-01]. Київ, 2016. 19 с.

ПРОВЕДЕНИЕ ЭНЕРГОАУДИТА ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПИЩЕВОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Медведева Н. А., Сухенко В. Ю., Сухенко Ю. Г., Радько О. В., Розбицкая Т. В.

Аннотация - для эффективного использования топливно-энергетических ресурсов исследованы аспекты организации производства и потребления сжатого воздуха на пищевом предприятии. Проведен анализ динамики потребления сжатого воздуха в основных точках пневмосистемы. Результаты показали резкое изменение суммарного расхода сжатого воздуха цеха на начало записи. Данный скачок связан с тем, что оборудование находилось в режиме подготовки к производству. Также определены проблемы с чрезмерными истоками воздуха. С целью выявления возможных провалов давления в пневмосистеме проводились длительные измерения давления в основной пневмомагистрали. Выполнены замеры расхода сжатого воздуха в основных точках в течение пяти дней при рабочих режимах потребителей. Данные измерений дали возможность определить отдельных потребителей и их долю в общем потреблении. Во время пневмоаудита особое внимание было уделено исследованию мест утечки сжатого воздуха. При подготовке к производству наблюдали высокий уровень расходов, что объясняется большим объемом истоков до 15000 норм.л/мин. Кроме этого, установлен объем локализованных утечек и текущие потери средств, связанных с ними. Разработаны рекомендации по ликвидации утечек и более эффективного использования сжатого воздуха потребителями пищевого предприятия. Определен объем сбережений по внедрению мероприятий по техническому совершенствованию потребителей пневмосистемы.

Ключевые слова: пневмоаудит, пневмосистема, сжатый воздух, пневмомагистралей, утечки воздуха, энергоэффективность, расхода воздуха, давление в системе.

STUDIES ENERGAUDIT OF PNEUMATIC SYSTEM FOOD PRODUCTION

Miedviedieva N., Sukhenko V., Sukhenko Yu., Radko O., Rozbytska T.

Summary

For efficient use of fuel and energy resources, aspects of the organization of production and consumption of compressed air in a food enterprise are investigated. Inspection of the enterprise's workshop determined the production and supply of compressed air. The work of drying devices is defined as effective, in the absence of water in liquid form in the pneumatic system. The quality of compressed air, which is satisfactory, has been determined, in particular the determination of dew point parameters, the presence of water and oil condensate. Analysis of the dynamics of the compressed air consumption of the main points of the pneumatic conducted.. The results showed a fast change in the total compressed air consumption of the plant at the beginning of the recording. This jump is due to the fact that the equipment was in the mode of preparation for the production. Also problems with excessive air leaks are identified. In order to identify possible pressure drops in the pneumatic system, long-term pressure measurements were carried out in the main pneumatic line. Measurements of compressed air consumption were made at main points for five days at operating conditions of consumers. Measurement data provided an opportunity to identify individual consumers and their share in total consumption. During the pneumatic audit, special attention was paid to the study of places of compressed air loss. In preparation for the production, a high level of costs was observed, which is explained by the large amount of air loss to 15,000 l / min. In addition, the volume of localized air loss and their diseconomy are established recommendations for the elimination of air loss and more efficient use of compressed air by consumers of the food company are developed. The volume of savings in the implementation of measures for the technical improvement of consumers of the pneumatic system is determined.

Keywords*:* pneumatic audit, pneumatic system, compressed air, pneumatic route, air loss, energy efficiency, air flow, pressure in the system.