

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Таврійський державний агротехнологічний університет



Науковий вісник
Таврійського державного агротехнологічного університету



Випуск 6 , Том 3

Електронне наукове фахове видання

Мелітополь – 2016 р.

УДК 621

ПЗ8

Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету [Електронний ресурс]. – Мелітополь: ТДАТУ, 2016. – Вип. 6, Т. 3. –

Режим доступу: <http://nauka.tsatu.edu.ua/e-journals-tdatu/e-index.html>.

Друкується за рішенням Вченої Ради ТДАТУ,
Протокол № 6 від 29.11.2016р.

Представлені результати досліджень вчених України в галузі механізації сільського господарства, енергетики і автоматизації процесів сільськогосподарського виробництва та прикладної геометрії, інженерної графіки.

Редакційна колегія праць ТДАТУ:

Кюрчев В.М. - д.т.н., проф., ректор ТДАТУ (головний редактор);
Надикто В.Т. - чл.-кор. НААН України, д.т.н., проф. (заступник головного редактора); Діордієв В.Т. - д.т.н., проф. (відповідальний секретар); Гнатушенко В.В. - д.т.н., проф.; Дідур В.А. - д.т.н., проф.; Єремєєв В.С. - д.т.н., проф.; Кушнар'єв А.С. - чл.-кор. НААН України, д.т.н., проф.; Леженкін О. М. - д.т.н. проф.; Малкіна В.М. – д.т.н., проф.; Назаренко І.П. - д.т.н., проф.; Панченко А.І. - д.т.н., проф.; Скляр О.Г. - к.т.н., проф.; Тарасенко В.В. - д.т.н., проф.; Фурман І.О. - д.т.н., проф.

Фахова реєстрація Наказ МОН України № 820 від 11.07.2016
Галузь науки: технічні.

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

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

ISSN 2220-8674

**© Таврійський державний
агротехнологічний університет, 2016.**

Електронне наукове фахове видання

Науковий вісник
Таврійського державного агротехнологічного університету

Випуск 6, Том 3.

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

Підписано до друку 08.12.2016 р. друк. ТДАТУ.
14,93 умов. друк. арк. тираж 2 прим.

**ЗМІСТ****МАШИНИ І ЗАСОБИ МЕХАНІЗАЦІЇ
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА**

*ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ОЧИЩЕННЯ ГОЛОВОК
КОРЕНЕПЛОДІВ БУРЯКІВ ГНУЧКОЮ ОЧИСНОЮ ЛОПАТТЮ,
ВСТАНОВЛЕНОЮ НА ПРИВІДНОМУ ГОРИЗОНТАЛЬНОМУ
ВАЛУ* 3

Булгаков В.М., Ігнат'єв Є.І.

*ПОТЕНЦІЙНІ МОЖЛИВОСТІ БАЛАСТУВАННЯ КОЛІСНОГО
ТРАКТОРА ЗА УМОВОЮ ЕКОФІЛЬНОСТІ ШИНИ В
ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ТИСКУ ПОВІТРЯ В НЕЇ.....* 26

Кувачов В.П., Мітков В.Б., Аюбов А.М., Шульга О.В.

*УРАХУВАННЯ ПОКАЗНИКА ЕКОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ
МОБІЛЬНОГО ЕНЕРГЕТИЧНОГО ЗАСОБУ В МЕТОДИЦІ
РОЗРАХУНКУ ЙОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО РІВНЯ.....* 33

Мітков В.Б., Кувачов В.П., Чорна Т.С., Сологуб С.В.

*ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ КОНЦЕПЦИЯ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ
ТЕХНОЛОГИЙ В ЗЕМЛЕДЕЛИИ.....* 41

Кушнарєв А.С., Чорна Т.С.

*МОДЕЛЮВАННЯ ТРАЄКТОРІЇ РУХУ КОМПОСТУ ПІСЛЯ
СХОДЖЕННЯ З ЛОПАТІ БАРАБАНА ПІД ЧАС
РОЗПУШУВАННЯ БУРТІВ.....* 72

Голуб Г.А., Павленко С.І.

*ЩОДО ОЦІНКИ ПОТЕНЦІЙНОЇ МОЖЛИВОСТІ
ЗАСТОСУВАННЯ РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА
ПІДПРИЄМСТВАХ МОЛОЧНОГО СКОТАРСТВА.....* 81

Болтянський О.В., Болтянська Н.І.

*СИСТЕМА ЧИННИКІВ ЕФЕКТИВНОГО ЗАСТОСУВАННЯ
РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ В МОЛОЧНОМУ
СКОТАРСТВІ НА ПІДПРИЄМСТВІ.....* 87

Болтянська Н.І.,

*ОБГРУНТУВАННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ
ПАРАМЕТРІВ КОРМОРОЗДАВАЛЬНОГО АГРЕГАТУ.....* 96

Дереза О.О., Болтянський Б.В., Дереза С.В.



*МЕТОДОЛОГІЧНА БАЗА ОБҐРУНТУВАННЯ
ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ
ПРИГОТУВАННЯ КОМБІКОРМІВ В УМОВАХ
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВ..... 104*

Болтянський Б.В., Бакарджиев Р.О., Гвоздєв О.В.

*ОЦІНКА ЗНОСІВ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ З'ЄДНАННЯ
ДЕТАЛЕЙ ТУРБОКОМПРЕСОРА «ВІСЬ РОТОРА –
ПІДШИПНИК»..... 111*

Дашивець Г.І., Новік О.Ю., Паніна В.В.

*ОЦІНКА ПРОДУКТИВНОСТІ ПОСІВІВ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО
ЗАЛЕЖНО ВІД ТЕХНОЛОГІЇ ЙОГО ВИКОРИСТАННЯ 116*

Рудік О.Л.

*УПРАВЛЕНИЕ МОБИЛЬНЫМИ МАШИНЫМИ АГРЕГАТАМИ
КАК ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ 124*

Лебедев А.Т., Артёмов Н.П., Шуляк М.Л., Аюбов А.М.

*ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ
МАШИНИ ДЛЯ ЗБИРАННЯ ЦИБУЛІ РІПЧАСТОЇ В УМОВАХ
ПІВДНЯ УКРАЇНИ 131*

Маринін С.О.

СЕМИОСФЕРНЫЕ (ЗНАКОВЫЕ) ОСНОВЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ. 149

Нугис Э. Ю.

*ТЕХНОЛОГИЯ И КОМБИНИРОВАННОЕ ОРУДИЕ
ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ ДЛЯ
ВЛАГОНАКОПЛЕНИЯ В ЗАСУШЛИВЫХ РАЙОНАХ
ЗАПАДНОЙ СИБИРИ 166*

Голованов Д. А., Чекусов М. С., Кем А.А.

*ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКА РЕЖИМУ ПОВОРОТКОСТІ
ШИРОКОКОЛІЙНОГО АГРОЗАСОБУ ДЛЯ КОЛІЙНОЇ
СИСТЕМИ ЗЕМЛЕРОБСТВА 171*

Кувачов В.П.

*РОЗРОБЛЕННЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ
СХЕМИ АГРЕГАТУ ДЛЯ ВНУТРІШНЬОҐРУНТОВОГО
МІНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕННЯ З ОДНОЧАСНОЮ СІВБЮЮ
ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР 178*

Петриченко Є.А.

*ОБРОБКА ШЛАМІВ СТИЧНИХ ВОД ГАЛЬВАНІЧНИХ
ПІДПРИЄМСТВ МЕТОДОМ КИСЛОТНОГО ТВЕРДІННЯ 185*

Буніна Л.М.



ОБГРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОГО ТИПУ ДЕФОРМАЦІЙ
ПРИ ЗДІЙСНЕННІ ОБРОБКИ ГРУНТУ В УМОВАХ СТЕПОВОЇ
ЗОНИ УКРАЇНИ 190

Сірий І.О.

ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РУХУ СМІТТЄВИХ ЧАСТИН
ОЛІЙНОЇ СИРОВИНИ СОНЯШНИКУ У ПОВІТРЯНОМУ
ПОТОЦІ ПНЕВМОСЕПАРАТОРА..... 196

Михайлов Є.В., Рубцов М.О., Задосна Н.О.

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ
ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ
ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНЫХ МАШИН И АГРЕГАТОВ 204

Михайлов Е.В., Волик Б.А.

ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНІ КОМПЛЕКСИ ТА СИСТЕМ

*ГЕЛИОЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО С
КОНЦЕНТРАТОРОМ ЭНЕРГИИ..... 212*

Стручаев Н.И., Стёпин Ю.А., Перова Н.П.

*ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ГЕНЕРАЦІЇ 3D-СІТКИ
ПРОМИСЛОВОЇ ТЕПЛИЦІ МЕТОДОМ КІНЦЕВИХ ЕЛЕМЕНТІВ
В ANSYS MESHING..... 219*

Троханяк В.І., Куляк Б.В.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ
ГІДРОДИНАМІКИ І ТЕПЛООБМІНУ СИСТЕМИ
ОХОЛОДЖЕННЯ В ПТАШНИКАХ 228

Троханяк В.І.



МАШИНИ І ЗАСОБИ МЕХАНІЗАЦІЇ
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА

УДК 633.63.631.35

**ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ОЧИЩЕННЯ
ГОЛОВОК КОРЕНЕПЛОДІВ БУРЯКІВ ГНУЧКОЮ
ОЧИСНОЮ ЛОПАТТЮ, ВСТАНОВЛЕНОЮ
НА ПРИВІДНОМУ ГОРИЗОНТАЛЬНОМУ ВАЛУ**

Булгаков В.М.¹, д.т.н., академік НААН,Ігнат'єв Є.І.², інженер¹ *Національний університет біоресурсів і природокористування
України*² *Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел./факс (0619) 42-12-65. E-mail: yevhen.ihnatiev@tsatu.edu.ua

Анотація – найбільш поширеними у світі технологіями збирання гички цукрового буряку є суцільне зрізання усього масиву зеленої гички, її збирання для використання при виробництві біогазу і подальше дообрізання верхніх частин головок коренеплодів від залишків, яке здійснюється на корені. За такою схемою працює більшість гичкозбиральних машин, що випускається зараз у світі. Однак проведеними зараз дослідженнями встановлено, що при дообрізанні верхніх частин головок коренеплодів втрачається до 10% цукроносної маси. Крім цього виникає гостра потреба негайної переробки коренеплодів цукрового буряку, оскільки при обрізанні головок коренеплодів з часом відбувається втрати цукрового соку, а через зрізану частину усередину коренеплоду потрапляють бактерії, що викликають загнивання, і як правило повну втрату, усього коренеплоду. Тому більш сприятливою операцією при збиранні гички є не обрізання головок, а їх очищення від залишків гички. При цьому до операції очищення коренеплодів цукрового буряка від залишків гички пред'являються досить високі вимоги, обумовлені відсутністю наявності на головках коренеплодів зелених і сухих залишків, а також втрат і ушкоджень самих головок коренеплодів. Метою даного дослідження є розробка найбільш повної теорії взаємодії гнучкої очисної лопати з головою коренеплоду цукрового буряка на корені, у процесі її очищення, коли лопать встановлюється на горизонтальному приводному валу. Для дослідження використані методи моделювання,



вищої математики й теоретичної механіки, зокрема теореми про зміну кінетичної енергії механічної системи, теореми про зміну моменту кількості руху механічної системи, теорії удару, складання й рішення в замкнутому вигляді диференціальних рівнянь руху, а також складання програм і проведення чисельних розрахунків на ПК. В результаті проведеного дослідження була розроблена еквівалентна схема та складено нове диференціальне рівняння руху гнучкої очисної лопаті по поверхні головки коренеплоду цукрового буряка, яка встановлена на привідному горизонтальному валу. Виходячи з умов створення необхідної сили зчісування й не вибивання із ґрунту коренеплодів буряка, з урахуванням розмірних і масових характеристик коренеплодів цукрового буряка отримані нові кінцеві вирази для визначення кута повороту й кутової швидкості обертального руху гнучкої очисної лопаті при різному значенні її геометричних розмірів і форми: прямокутного паралелепіпеда й прямого кругового циліндра. Отримано також новий аналітичний вираз для визначення сили зчісування черешків гички зі сферичної поверхні головки коренеплоду цукрового буряка. На підставі проведеного чисельного моделювання на ПК визначені раціональні кінематичні й конструктивні параметри очисника головок коренеплодів цукрових буряків, що забезпечують високі показники якості очищення головок від залишків гички. До цих параметрів відносяться: швидкість поступального руху, яка повинна бути не менша, ніж $2,5...3,0 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$, довжина еластичної очисної лопаті повинна бути не меншою ніж $0,4 \text{ м}$, радіус барабана – $0,25...0,3 \text{ м}$, маса $0,4 \text{ кг}$, а сила зчісування $90...110 \text{ Н}$.

Ключові слова: буряк цукровий, гичка, очисна лопать, сила, удар, еквівалентна схема, диференціальні рівняння, конструктивні параметри.

Постановка проблеми. Використання сучасної технології збирання гички цукрового буряку передбачає, що після основної суцільної обрізки гички цукрового буряка, як правило роторними гичкорізалями апаратами, на корені на головках коренеплодів залишаються залишки гички у вигляді зелених та міцних коротких черешків (стебел) або сухі та полегли окремі листи й стебла, що перебувають у міжряддях посівів. Це значно і неприпустимо забруднює коренеплоди цукрового буряку при їх наступному викопуванні з ґрунту [5]. Тому, з метою неприпустимості вмісту рослинних домішок у купі викопаних коренеплодів створені конструкції очисників головок на корені, з яких найбільше поширення отримали лопатеві очисники, із приводними горизонтальними валами. По своєму конструктивному виконанню такі



очисники можуть бути одновальними або двохвальними. Так, конструкція найбільш складного двохвального очисника містить послідовно розташовані два приводних очисних вали з встановленими на них еластичними очисними лопатями, які в процесі роботи рухаються поступально по рядках посівів на встановленій висоті паралельно поверхні ґрунту й розташовані під деяким кутом до рядків коренеплодів буряка і доочищують від залишків гички головки коренеплодів. На першому очисному валу, перпендикулярно його осі обертання, консольно жорстко закріплені гнучкі очисні лопаті із прогумованого ремня. На другому очисному валу використовуються очисні лопаті з гуми, які закріплені шарнірно й розташовуються в радіальному напрямі. Перший приводний вал обертається проти напрямку поступального руху очисника, а другий, навпаки – по ходу руху очисника. Гнучкі очисні лопаті першого вала, наносячи удари по головках коренеплодів цукрового буряка, збивають залишки гички з головок коренеплодів і, за рахунок розташування вала під деяким кутом до рядків посівів коренеплодів цукрового буряку, вимітають рослинні (а також дрібні ґрунтові) домішки з ділянки плантації підготовленої для викопування коренеплодів із ґрунту на прибрану ділянку бурякового поля. Очисні лопаті другого вала, обертаючись назустріч лопатям першого вала, остаточно очищують головки коренеплодів від не зрізаних залишків гички.

Як показали численні випробування, даний двовальний очисник має ряд істотних недоліків, серед яких основними є: підвищена енергоємність процесу, вибивання тіл коренеплодів буряка із ґрунту, що, надалі, призводить до їхніх втрат, має місце інтенсивне зношування еластичних очисних лопатей, що значно ускладнює експлуатацію очисника. Не у всіх випадках дані типи очисників головок коренеплодів цукрових буряків на корені забезпечують необхідну якість очищення. Так, в разі коли на сферичній поверхні головки коренеплоду залишаються незрізаними короткі, зелені й міцні залишки гички, еластичні лопаті, нажаль, не в змозі, шляхом однократного впливу, ефективно їх видаляти з головок коренеплодів. Також доволі часто стаються випадки, коли не вся сферична поверхня головки коренеплоду однаково якісно очищається від залишків гички, особливо та її частина, що розташовується позаду від напрямку поступального руху очисника. Тому технологічний процес очищення головок коренеплодів від залишків гички на корені еластичною очисною лопаттю, встановленою на приводному горизонтальному валу, вимагає свого подальшого вдосконалення, зокрема більш глибокого дослідження й обґрунтування оптимальних конструктивних і кінематичних параметрів, що забезпечують високу ефективність їх застосування.



Аналіз останніх досліджень і публікацій. Актуальним в галузі механізації буряківництва питанням очищення (видалення залишків гички) з головок коренеплодів цукрового буряку після її основної обрізки на корені ріжучими апаратами гичкозбиральних машин і очисниками головок присвячена чисельна низка наукових праць [1-4, 6, 10, 15] та ін. У них викладені результати теоретичних і експериментальних досліджень очисників головок коренеплодів цукрового буряку різних конструкцій: лопатевих [1, 4, 6, 10], кільцевого, секторного, барабанного типів, а також очисника виконаного у вигляді параболоїда [2, 3, 7, 13]. Однак найбільше застосування у світі знайшли очисники головок коренеплодів лопатевого типу, через простоту їхніх конструкцій і достатньо високу якість роботи в порівняно сприятливих умовах (відсутність значної кількості залишків гички – коротких, зелених і сухих, полеглих, міцно розталованих на головках коренеплодів цукрового буряку) [14]. В чисельних опублікованих наукових працях представлені різні варіанти теоретичних досліджень взаємодії очисних елементів з головкою коренеплодів цукрового буряку. Однак у більшості з зазначених наукових робіт при теоретичному обґрунтуванні їх конструктивних і кінематичних параметрів недостатньо точно й повно враховані створювані очисниками зусилля зчісування, розмірні характеристики коренеплодів, напрямок і модуль робочої швидкості поступального руху. Також недостатньо, у деяких працях, обґрунтована маса еластичних очисних лопатей і т. ін. Незважаючи на те, що технологічні процеси збирання цукрового й кормового буряку багато в чому подібні, однак збирання гички і її залишків з головок коренеплодів кормового буряку на корені практично не досліджені, у деяких роботах частково обґрунтовані і тільки експериментально деякі їх параметри [9-11]. Варто також підкреслити, що наведені в науковій літературі відомості стосуються теоретичних і експериментальних досліджень тільки конкретних типів і конструкцій очисників головок коренеплодів від залишків гички з усіма прийнятими їхніми авторами допущеннями й спрощеннями, а тому їхнє застосування для подальших досліджень нових типів очисників є доволі складним. Основні положення уточненої теорії взаємодії гнучкої очисної лопаті з головкою коренеплоду, закріпленому у ґрунті наведені в роботі [12]. Однак тут не представлені результати чисельних розрахунків, які б показували вплив кінематичних й конструктивних параметрів гнучкої очисної лопаті на ефективність такої взаємодії, тобто на якість очищення головок коренеплодів цукрових буряків від залишків гички.

Таким чином, дотепер у літературі не знайшли відображення дослідження, які б містили найбільш загальні та повні, а тому універсальні теорії, які можливо застосовувати при чисельному моделюванні і які могли б лягти в основу подальших розрахунків і проектування



будь-якого типу очисників головок коренеплодів буряків на корені еластичною очисною лопаттю, що встановлена на приводному горизонтальному валу.

Мета дослідження. Розробити найбільш загальну теорію взаємодії еластичної очисної лопаті зголовкою коренеплоду цукрового буряка на корені, у процесі її очищення від залишків гички, коли лопать встановлюється на приводному горизонтальному валу і дати результати чисельного моделювання її кінематичних і конструктивних параметрів.

Методи дослідження. Аналітичне дослідження проведене з використанням методів моделювання, вищої математики й теоретичної механіки, зокрема теореми про зміну кінетичної енергії механічної системи, теореми про зміну моменту кількості руху, теорії удару, складання й рішення в замкнутому виді диференціальних рівнянь руху. Чисельні розрахунки отриманих нових аналітичних досліджень проведені з застосуванням методів складання програм та розрахунків на ПК.

Результати дослідження та їх обговорення. Для теоретичного обґрунтування оптимальних конструктивних і кінематичних параметрів очисників головок коренеплодів від залишків гички з горизонтальними приводними валами побудуємо найбільш загальну математичну модель взаємодії гнучкої очисної лопаті очисника з головкою коренеплоду буряка, закріпленого в ґрунті.

Для цього, на початку, сформуємо еквівалентну схему роботи найпростішого лопатевого очисника головок коренеплодів буряка, тобто розглянемо тільки процес взаємодії одиничної, еластичної очисної лопаті зголовкою коренеплоду буряка, розташованого (закріпленого) у ґрунті, головка якого виступає на деяку висоту над рівнем поверхні ґрунту й містить на своїй утворюючій не зрізані залишки гички (черешки) (рис. 1). Зазначений процес взаємодії еластичної очисної лопаті й головки коренеплоду буряка будемо розглядати в повздовжньо-вертикальній площині. При цьому вісь горизонтального приводного вала (точка O на еквівалентній схемі) очисника перпендикулярна повздовжньо-вертикальній площині, лопать AM шарнірно підвішена на осі A , що відстоїть від центра вала на величину радіуса обертання r . Кінець лопаті описує окружність радіусом ρ при обертанні з постійною кутовою швидкістю ω у повздовжньо-вертикальній площині. Вісь приводного горизонтального вала (точка O) рухається над рівнем поверхні ґрунту на постійній висоті H . Вісь обертання O також переміщується поступально з постійною швидкістю руху \vec{V}_0 . Зв'яжемо з віссю приводного горизонтального вала (точка O) прямокутну декартову систему координат xOz , у якій горизонтальна вісь Ox збігається з напрямком поступального руху очисника, а вісь Oz – спрямована вгору.

При цьому довжина лопаті дорівнює $2l$. Точка M є точкою удару еластичної лопаті по головці коренеплоду.

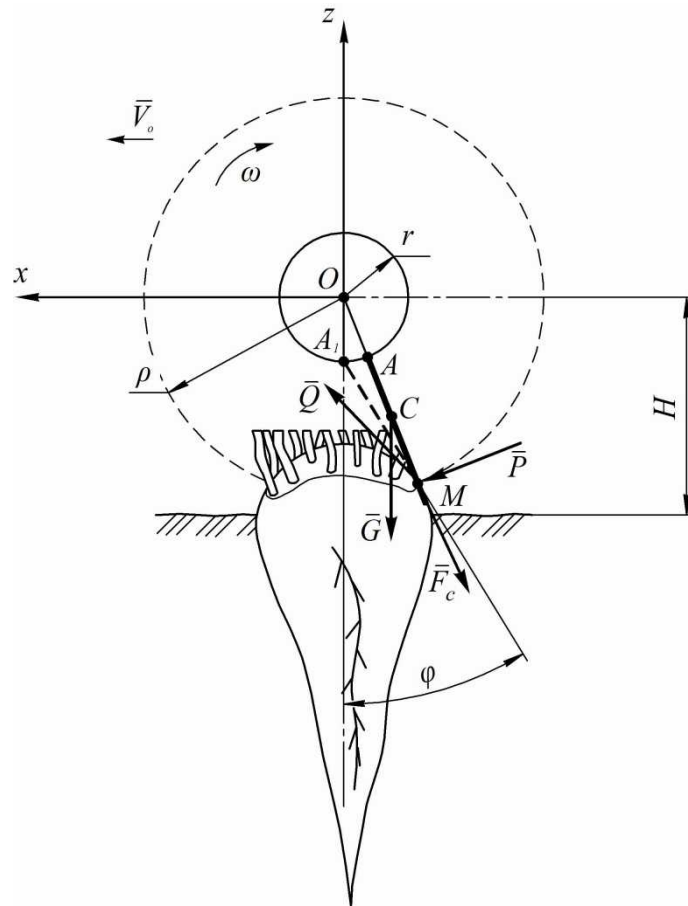


Рис. 1. Еквівалентна схема взаємодії гнучкої очисної лопаті з головкою коренеплоду буряка.

Початкова швидкість удару еластичної лопаті по головці коренеплоду буде складатися з відносної швидкості \vec{V}_r бича при його обертотому русі навколо точки O и переносної швидкості \vec{V}_o при поступальному переміщенні точки O . При цьому може бути два можливих варіанти. Перший, коли напрямок обертання лопаті здійснюється по ходу руху очисника (рис. 1), тоді вектори відносної швидкості лопаті \vec{V}_r й переносної швидкості \vec{V}_o складаються, тобто $\vec{V} = \vec{V}_o + \vec{V}_r$. Другий варіант, коли напрямок обертання лопаті здійснюється проти ходу руху очисника головок коренеплодів, тоді, при визначенні швидкості удару, зазначені вектори віднімаються $\vec{V} = \vec{V}_r - \vec{V}_o$.

Покажемо на еквівалентній схемі сили, що діють при взаємодії еластичної очисної лопаті й головки коренеплоду. Вважаємо, що в точці M прикладена сила \vec{P} – сила удару лопаті, спрямована перпендикулярно самій лопаті AM на самому початку її взаємодії з головкою коренеплоду буряка. Під час вільного обертання лопаті AM навколо



осі (точка O) з кутовою швидкістю ω виникає доцентрова сила \bar{F}_c , що буде дорівнює $F_c = m\rho\omega^2$ й буде спрямована уздовж лопаті AM , що ставить лопать на одну пряму з радіусом r і шарніром A . При ударі лопаті об головку коренеплоду буряка, у фазі зустрічі, на лопать також діє сила ваги \bar{G} самої лопаті, що буде дорівнює: $G = mg$ і буде зосереджена в центрі мас лопаті (точка C) на відстані $r+l$ від осі обертання й спрямована паралельно вертикальній осі Oz .

При побудові еквівалентної схеми лопатевого очисника нами були прийняті такі допущення:

- 1) очисна лопать AM є однорідною по всій своїй довжині;
- 2) при контакті очисної лопаті з коренеплодом буряка взаємодія сил відбувається тільки в точці M контакту очисної лопаті з головою коренеплоду;
- 3) допустима сила \bar{P} удару очисної лопаті по коренеплоду не перевищує допустиму силу на вибивання (вивертання) коренеплоду буряка із ґрунту, тобто $P \leq [P]$, де $[P]$ допустима сила на вибивання коренеплоду буряка із ґрунту;

- 4) опір повітря при обертанні очисної лопаті не враховується.

Для подальшого детального аналітичного дослідження технологічний процес очищення головок коренеплодів буряка від залишків гички умовно розділяємо на дві фази:

- 1) фазу зустрічі очисної лопаті з головою коренеплоду буряка;
- 2) робочу фазу очищення головки коренеплоду буряка від гички.

Оскільки еластична очисна лопать AM рухається поступально разом зі своєю віссю обертання (точка O) зі швидкістю \bar{V}_o й одночасно обертається навколо цієї ж осі з кутовою швидкістю ω , то її кінетична енергія T буде дорівнювати:

$$T = \frac{mV_o^2}{2} + \frac{I_o\omega^2}{2}, \quad (1)$$

де I_o – момент інерції лопаті відносно осі обертання (точка O).

Момент інерції I_o лопаті, згідно теореми Штейнера, буде дорівнювати:

$$I_o = I_c + m(r+l)^2, \quad (2)$$

де I_c – момент інерції лопаті AM відносно осі обертання, що проходить крізь центр мас лопаті (точка C), паралельно осі обертання лопаті;

$r+l$ – відстань від центра мас лопаті до її осі обертання.

Підставляючи (2) в (1), одержуємо вираз для визначення кінетичної енергії очисної лопаті перед початком її ударного контакту з головою коренеплоду цукрового буряка:



$$T = \frac{mV_o^2}{2} + [I_c + m(r+l)^2] \frac{\omega^2}{2}. \quad (3)$$

Однак, у момент початку ударного контакту точка A (шарнірний підвіс лопаті AM до вала) продовжує обертатися навколо осі обертання приводного вала з кутовою швидкістю ω , а точка M контакту кінця лопаті з головкою коренеплоду починає сповільнювати своє обертання в результаті цього ж контакту. Тому лопать починає повертатися у зворотну сторону навколо точки A , одночасно ковзаючи нижнім кінцем по поверхні головки коренеплоду, здійснюючи, таким чином, процес зчісування залишків гички з головки коренеплоду цукрового буряка.

Очевидно, що до початку ударного контакту з головкою коренеплоду буряка лопать AM перебуває на одній прямій з радіусом r приводного вала, що з'єднує точку O осі вала із точкою A підвісу лопаті, за довільний проміжок часу t повертаючись на кут ωt , то після контакту з головкою коренеплоду вона починає повертатися вже на кут $\omega t - \phi$, де ϕ – кут відхилення лопаті від положення, що приймала б ця лопать при вільному обертанні навколо точки O . Тому в цьому випадку лопать AM буде мати кутову швидкість, яка дорівнює $\omega - \dot{\phi}$, а кінетична енергія T лопаті при цьому буде дорівнювати:

$$T = \frac{mV_o^2}{2} + [I_c + m(r+l)^2] \frac{(\omega - \dot{\phi})^2}{2}. \quad (4)$$

Порівнюючи вирази (3) і (4) бачимо, що частина кінетичної енергії, що обумовлена залежністю (3), перетворюється в енергію удару й у корисну роботу зчісування гички з головки коренеплоду.

Відомо, що похідна за часом від кінетичної енергії матеріальної системи дорівнює сумі потужностей всіх зовнішніх і внутрішніх сил, прикладених до системи [9]. Зокрема, для абсолютно твердих тіл сума робіт, а значить і потужностей всіх внутрішніх сил дорівнює нулю. Тому, у цьому випадку, умовно вважаючи бічну частину головки коренеплоду абсолютно твердим тілом, одержуємо наступну рівність балансу потужності активних сил, що діють на коренеплід цукрового буряка при ударному контакті, і витраченої при цьому кінетичній енергії:

$$\frac{dT}{dt} = N, \quad (5)$$

де N – сумарна потужність активних сил, що діють на коренеплід цукрового буряка в момент часу t .

Слід зазначити, що при застосуванні теореми про зміну кінетичної енергії механічної системи не слід враховувати реакції в'язей без тертя, оскільки їх робота буде дорівнювати нулю.



Оскільки ділянка контакту очисної лопаті з головкою коренеплоду досить мала у порівнянні з довжиною траєкторії (кола радіуса $r + 2l$), що проходить нижній кінець лопаті за один оберт навколо осі обертання, то можна вважати, що на цій ділянці кінець лопаті AM рухається поступально зі швидкістю, що дорівнює $\bar{V} = \bar{V}_o + \bar{V}_r$. Причому, оскільки контакт здійснюється в нижній частині згаданого кола (біля поверхні ґрунту), то в першому наближенні можемо вважати, що вектори \bar{V}_o й \bar{V}_r паралельні, а тому геометричну суму цих векторів можна замінити алгебраїчною, тобто $V = V_o + V_r$.

Очевидно, що відносна швидкість \bar{V}_r кінця лопаті AM перед початком ударного контакту за величиною буде дорівнює $V_r = \omega(r + 2l)$, а в період контакту вона дорівнює $V_r = (\omega - \dot{\varphi})(r + 2l)$, де $r + 2l$ – відстань від точки M контакту до осі O обертання приводного горизонтального вала.

Таким чином, у першому випадку:

$$V = V_o + \omega(r + 2l), \quad (6)$$

а в другому:

$$V = V_o + (\omega - \dot{\varphi})(r + 2l). \quad (7)$$

Крім цього очевидно, що сила ваги \bar{G} лопаті AM занадто мала в порівнянні з ударною силою \bar{P} на початку контакту лопаті з головкою коренеплоду й мала в порівнянні із силою \bar{Q} зчісування залишків гички з головки коренеплоду в період контакту, а тому в рівнянні балансу потужностей і енергії нею можна знехтувати.

Таким чином, на початку контакту маємо рівність: $N = PV$, або $N = P[V_o + \omega(r + 2l)]$, а в період самого контакту – рівність: $N = P[V_o + (\omega - \dot{\varphi})(r + 2l)]$.

Тоді рівняння (5) балансу потужності ударної сили P и втрат кінетичної енергії під час удару буде мати такий вигляд:

$$\frac{dT}{dt} = P[V_o + \omega(r + 2l)]. \quad (8)$$

Диференціюючи вирази (4) за часом t , отримаємо:

$$\frac{dT}{dt} = [I_c + m(r + l)^2](\omega - \dot{\varphi})\ddot{\varphi}. \quad (9)$$

Прирівнявши праві частини виразів (8) і (9), будемо мати:

$$[I_c + m(r + l)^2](\omega - \dot{\varphi})\ddot{\varphi} = P[V_o + \omega(r + 2l)]. \quad (10)$$

Нехай далі, $[P]$ – допустима ударна сила вибивання коренеплоду цукрового буряка із ґрунту при ударній взаємодії еластичної очисної лопаті з головкою коренеплоду. Заміняючи у виразі (10) ударну силу P на допустиму ударну силу $[P]$, одержуємо диференціальне рі-



вняння повороту очисної лопаті навколо точки A за умови не вибивання коренеплоду цукрового буряка із ґрунту на початку ударного контакту, тобто протягом дуже малого проміжку часу t , точніше, часу ударного контакту. Наступне, після ударне кутове переміщення очисної лопаті буде описуватися наступним диференціальним рівнянням:

$$\left[I_c + m(r+l)^2 \right] (\omega - \dot{\varphi}) \ddot{\varphi} = Q \left[V_o + (\omega - \dot{\varphi}) (r + 2l) \right], \quad (11)$$

де Q – сила зчісування залишків гички з головки коренеплоду цукрового буряка.

Диференціальне рівняння (10) можна замінити різницеvim рівнянням, використовуючи теорему про зміну моменту кількості руху механічної системи при ударній взаємодії:

$$I_A \omega_1 - I_A \omega_o = M_A(S), \quad (12)$$

де I_A – момент інерції очисної лопаті відносно точки A ;

ω_o – кутова швидкість лопаті відносно точки A до удару;

ω_1 – кутова швидкість лопаті відносно точки A після удару;

$M_A(S)$ – момент імпульсу ударної сили відносно точки A .

При цьому ударний імпульс S буде дорівнювати:

$$S = \int_0^{\tau} P dt, \quad (13)$$

а момент зазначеного ударного імпульсу буде мати таке значення:

$$M_A(S) = 2l \int_0^{\tau} P dt, \quad (14)$$

де P – сила удару;

$2l$ – довжина очисної лопаті;

τ – тривалість удару.

Оскільки до ударного контакту очисна лопать не поверталася відносно точки A , а тому $\omega_o = 0$.

Тоді з виразів (12) і (14) при $\omega_o = 0$ знаходимо кутову швидкість ω_1 лопаті в кутовому переміщенні відносно точки A після удару:

$$\omega_1 = \frac{2l \int_0^{\tau} P dt}{I_A}. \quad (15)$$

Якщо замінити силу P на силу $[P]$, то отримуємо:

$$\omega_1 = \frac{2l \int_0^{\tau} [P] dt}{I_A}, \quad (16)$$

а, з огляду на те, що $[P] = const$, будемо мати:



$$\omega_1 = \frac{2[P] l \tau}{I_A}, \quad (17)$$

де $I_A = I_c + ml^2$.

Таким чином, визначена кутова швидкість ω_1 лопаті відносно точки A після удару за умови не вибивання коренеплоду цукрового буряка із ґрунту.

Тому кутова швидкість очисної лопаті в обертальному русі відносно точки O після удару буде дорівнювати $\omega - \omega_1$.

Прийmemo далі в рівнянні (11), у першому наближенні, що $\dot{\phi} = \omega_1$. Таке допущення можна зробити через короткочасність контакту очисної лопаті з головкою коренеплоду буряка.

Тоді рівняння (11) значно спроститься й буде мати такий вигляд:

$$\left[I_c + m(r+l)^2 \right] (\omega - \omega_1) \ddot{\phi} = Q \left[V_o + (\omega - \omega_1) (r+2l) \right]. \quad (18)$$

З виразу (18) знаходимо кутове прискорення $\ddot{\phi}$ очисної лопаті, яке буде дорівнювати:

$$\ddot{\phi} = \frac{Q \left[V_o + (\omega - \omega_1) (r+2l) \right]}{\left[I_c + m(r+l)^2 \right] (\omega - \omega_1)}. \quad (19)$$

Після першого інтегрування виразу (19) одержуємо кутову швидкість $\dot{\phi}$, яка буде дорівнювати:

$$\dot{\phi} = \frac{Q \left[V_o + (\omega - \omega_1) (r+2l) \right] t}{\left[I_c + m(r+l)^2 \right] (\omega - \omega_1)} + C_1. \quad (20)$$

Після другого інтегрування виразу (19) одержуємо закон кутового після ударного переміщення очисної лопаті по головці коренеплоду цукрового буряка, при якому здійснюється зчісування залишків гички з його головки:

$$\phi = \frac{Q \left[V_o + (\omega - \omega_1) (r+2l) \right] t^2}{2 \left[I_c + m(r+l)^2 \right] (\omega - \omega_1)} + C_1 t + C_2. \quad (21)$$

Довільні сталі C_1 й C_2 знаходимо з наступних початкових умов: при $t = 0$: $\dot{\phi} = \omega_1$, $\phi = 0$.

А тому одержуємо $C_1 = \omega_1$, $C_2 = 0$.

Тоді вираз (21) прийме наступний вигляд:

$$\phi = \frac{Q \left[V_o + (\omega - \omega_1) (r+2l) \right] t^2}{2 \left[I_c + m(r+l)^2 \right] (\omega - \omega_1)} + \omega_1 t. \quad (22)$$

Силу Q зчісування залишків гички з головки коренеплоду цукрового буряка аналітично визначимо в такий спосіб.

Як зазначено в [10-11], черешок гички в поперечному перерізі, у загальному випадку, близький до трикутної форми, що має при підставі западину також трикутної форми (рис. 2).

Зазначені на рис. 2 розміри використовуємо надалі для розрахунку площі поперечного перерізу черешків гички.

Будемо вважати, що процес зчісування залишків гички відбувається безпосередньо на самій головці коренеплоду в місці виходу черешка з головки, тобто закріплення черешка, за рахунок деформації безпосереднього зрушення самого черешка гички. Очевидно, що процес зчісування буде можливий при такій умові:

$$\frac{Q}{nF} \geq [\tau], \quad (23)$$

де Q – сила зчісування;

$[\tau]$ – допустимі дотичні напруження зрушення для черешка гички;

F – площа поперечного перерізу одного черешка гички;

n – число черешків, які одночасно зчісуються зі сферичної поверхні головки коренеплоду цукрового буряка.

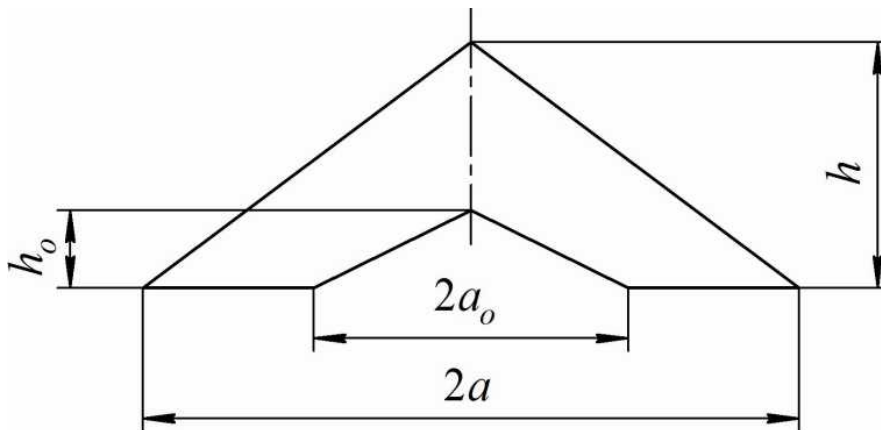


Рис. 2. Схема поперечного перерізу черешка гички цукрового буряка.

Обчислимо тепер необхідну для зчісування черешків гички з головки коренеплоду цукрового буряка силу Q зчісування. З умови (23) одержуємо:

$$Q \geq nF[\tau]. \quad (24)$$

Як бачимо з рис. 2, площа поперечного перерізу черешка гички цукрового буряка буде дорівнювати:

$$F = \frac{1}{2}2ah - \frac{1}{2}2a_0h_0, \quad (25)$$

або

$$F = ah - a_0h_0. \quad (26)$$



З огляду на вирази (24) і (26), знаходимо силу Q зчісування. Вона буде дорівнювати:

$$Q \geq (ah - a_o h_o) n [\tau]. \quad (27)$$

У першому наближенні будемо вважати, що одночасно зчісується ряд, що складається з п'яти черешків гички. Згідно [10-11], черешок гички цукрового буряку має наступні розміри: $a = 5$ мм; $a_o = 2$ мм; $h = 5$ мм; $h_o = 2$ мм. Середнє значення допустимого дотичного напруження $[\tau]$ для матеріалу черешка гички цукрового буряку згідно [10-11] дорівнює: $[\tau] = 1,14 \cdot 10^6$ Па.

Підставляючи значення наведених вище величин у вираз (27) одержуємо:

$$Q \geq (5 \cdot 5 - 2 \cdot 2) \cdot 10^{-6} \cdot 5 \cdot 1,14 \cdot 10^6 = 119,7 \text{ Н.}$$

Приймаємо далі значення сили зчісування, що дорівнює $Q = 120$ Н.

Задавшись часом t_1 тривалості контакту очисної лопаті з головою коренеплоду цукрового буряку, можна знайти кут φ_1 повороту лопаті навколо точки A за час контакту:

$$\varphi_1 = \frac{Q [V_o + (\omega - \omega_1) (r + 2l)] t_1^2}{2 [I_c + m(r + l)^2] (\omega - \omega_1)} + \omega_1 t_1. \quad (28)$$

З виразу (28) можемо визначити кутову швидкість ω обертання очисної лопаті навколо точки O , з урахуванням умови не вибивання коренеплоду цукрового буряку із ґрунту при здійсненні процесу зчісування залишків гички з головки коренеплоду:

$$\omega = \frac{Q V_o t_1^2}{2 [I_c + m(r + l)^2] (\varphi_1 - \omega_1 t_1) - Q (r + 2l) t_1^2} + \omega_1. \quad (29)$$

У такий же спосіб можна обчислити й інші параметри еластичної очисної лопаті, наприклад масу m лопаті або її довжину $2l$.

В отримані нами аналітичні вирази входить момент інерції I_c лопаті відносно осі, що проходить через центр мас лопаті (точка C) паралельно осі обертання привідного вала (точка O), який залежить від форми поперечного перерізу самої лопаті.

Для лопаті, що має форму прямокутного паралелепіпеда зі сторонами $2a \times 2b \times 2l$ зазначений момент інерції I_c буде дорівнювати [9]:

$$I_c = \frac{m}{3} (a^2 + l^2), \quad (30)$$

де $2a$ – ширина лопаті;

$2l$ – довжина лопаті.

Якщо очисна лопать має форму прямого кругового циліндра, то її момент інерції I_c буде дорівнювати [9]:

$$I_c = \frac{m}{4} \left(\frac{4l^2}{3} + r_1^2 \right), \quad (31)$$

де r_1 – радіус поперечного перерізу лопаті;

$2l$ – довжина лопаті.

Таким чином, у результаті проведеного теоретичного дослідження отримані в кінцевому вигляді аналітичні вирази, що дають можливість безпосередньо визначати конструктивні й кінематичні параметри еластичної очисної лопаті, що забезпечить ефективне зчісування залишків гички з головок коренеплодів цукрових буряків в процесі їх доочищення на корені.

Після складення програми на ПК в середовищі Mathcad були проведені чисельні розрахунки кінематичних параметрів технологічного процесу очищення головки коренеплоду цукрового буряку в залежності від конструктивних параметрів самого лопатевого очисника, фізико-механічних властивостей гички й умови не вибивання з ґрунту самого коренеплоду.

Данні цих розрахунків представлені на рис. 3-9.

Так, на рис. 3 представлений графік залежності кутової швидкості ω обертального руху привідного горизонтального вала зі встановленою на ньому еластичною очисною лопаттю в залежності від часу t удару.

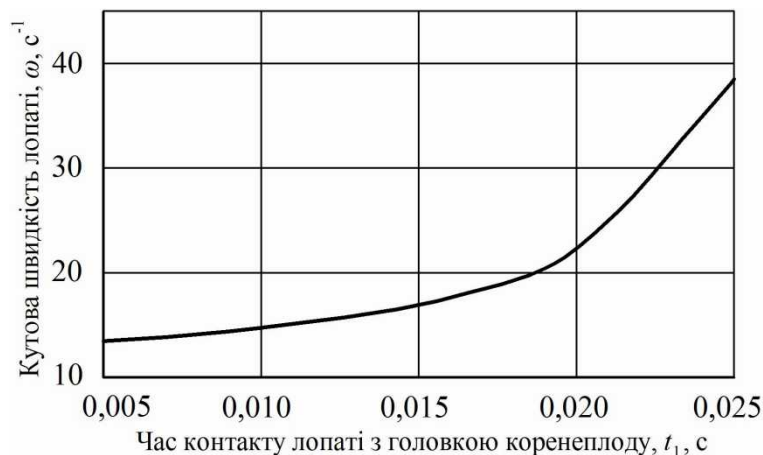


Рис. 3. Залежність кутової швидкості ω обертального руху від часу t ударного контакту еластичної очисної лопаті з головою коренеплоду цукрового буряку.

Як бачимо з представленої графічної залежності при збільшенні часу t ударної взаємодії еластичної очисної лопаті з головою коренеплоду цукрового буряку зміна кутової швидкості ω її обертального

руху має вигляд близький до експоненціального. При цьому зміна часу t контакту від 0,005 до 0,015 сек. Забезпечує більш стале значення кутової швидкості ω обертального руху, значенням яких і слід віддавати перевагу.

Залежність кутової швидкості ω обертального руху еластичної очисної лопаті від її довжини $2l$ представлена на рис. 4. З отриманих графіків бачимо, що кутова швидкість ω обертального руху еластичної очисної лопаті має залежність від її довжини $2l$ також близьку до експоненціального вигляду. При цьому маса m лопаті майже не впливає на дану залежність.

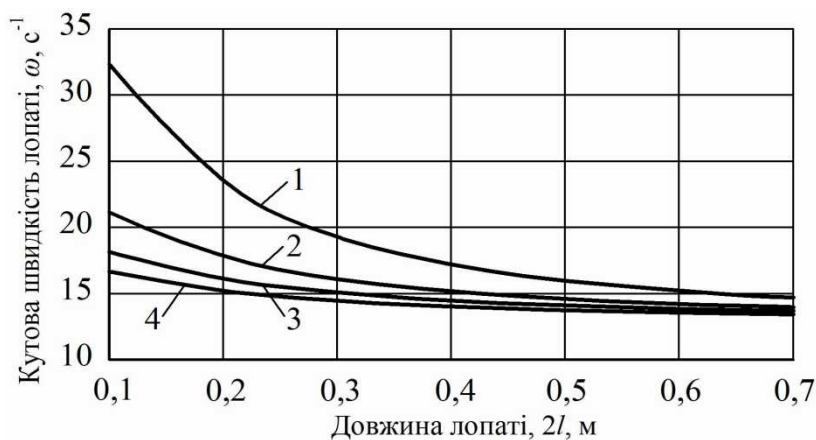


Рис. 4. Залежність кутової швидкості ω від довжини $2l$ лопаті при різних значеннях її маси: 1 – $m = 0,25$ кг; 2 – $m = 0,40$ кг; 3 – $m = 0,55$ кг; 4 – $m = 0,70$ кг.

При цьому, як бачимо з даних графіків, для покращення впливу довжини $2l$ лопаті на значення кутової швидкості ω обертального руху еластичної очисної лопаті слід обирати довжини лопаті близькі до 0,3...0,4 м, що забезпечить мінімальні значення кутової швидкості ω , при якій відбувається якісне очищення головок коренеплодів від залишків гички і не відбувається вибивання тіл коренебульбоплодів з ґрунту. При цьому маса m еластичної очисної лопаті, виходячи з даних графічних залежностей, повинна мати значення, яке не перевищує 0,4 кг.

Таким чином, барабан привідного горизонтального вала очисника головок коренеплодів від залишків гички на корені повинен мати радіус, який буде не меншим, ніж 0,30 м для встановлених раціональних значень довжини лопаті $2l$.

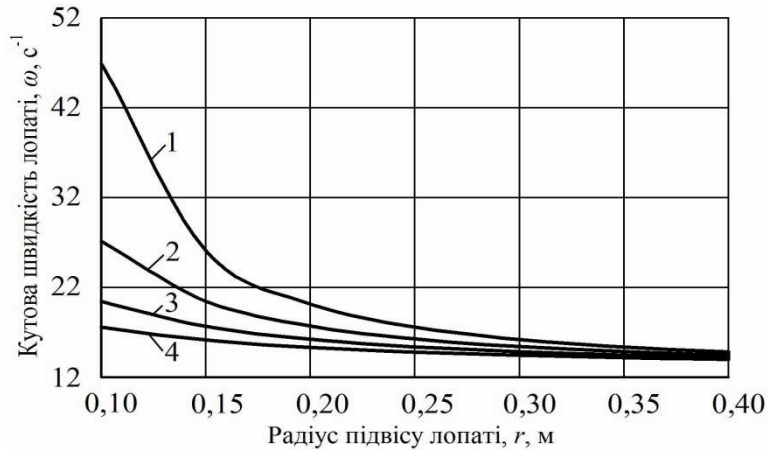


Рис. 5. Залежність кутової швидкості ω від радіусу r підвісулопаті при різних значеннях довжини лопаті $2l$: 1 – $2l = 0,1$ м; 2 – $2l = 0,2$ м; 3 – $2l = 0,3$ м; 4 – $2l = 0,4$ м

Що стосується залежностей кутової швидкості ω від радіусу r підвісу лопаті, представлених на рис. 5, то збільшення значення вказаного конструктивного параметра також забезпечить мінімальні значення кутової швидкості ω в разі застосування визначеної раніше довжини $2l$ еластичної очисної лопаті.

Залежності кутової швидкості ω від швидкості V_0 поступального руху еластичної очисної лопаті, представлені на рис. 6, мають вид близький до лінійного. При цьому прослідковується наявний вплив на вказану залежність довжини $2l$ самої лопаті. Однак, як бачимо з наведених графіків найбільш доцільною є поступальна швидкість V_0 , яка не перевищує $3,0 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$. При цьому довжина $2l$ еластичної очисної лопаті також повинна бути близькою до $0,4$ м.

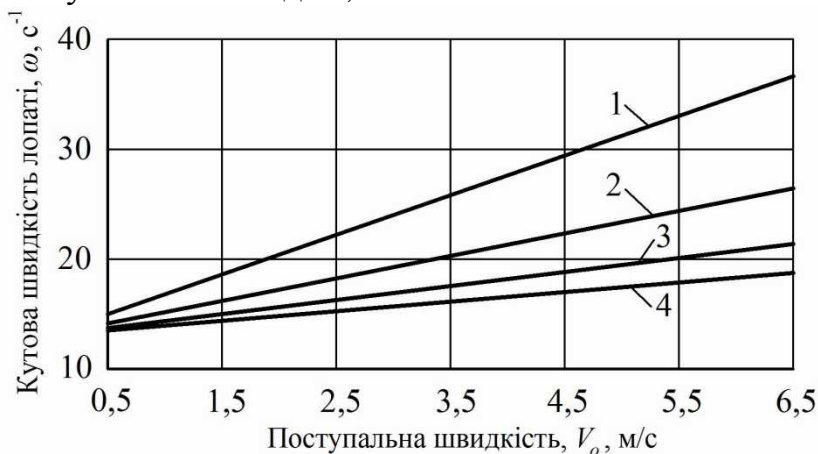


Рис. 6. Залежність кутової швидкості ω від швидкості V_0 поступального руху при різних значеннях довжини лопаті $2l$: 1 – $2l = 0,1$ м; 2 – $2l = 0,2$ м; 3 – $2l = 0,3$ м; 4 – $2l = 0,4$ м.

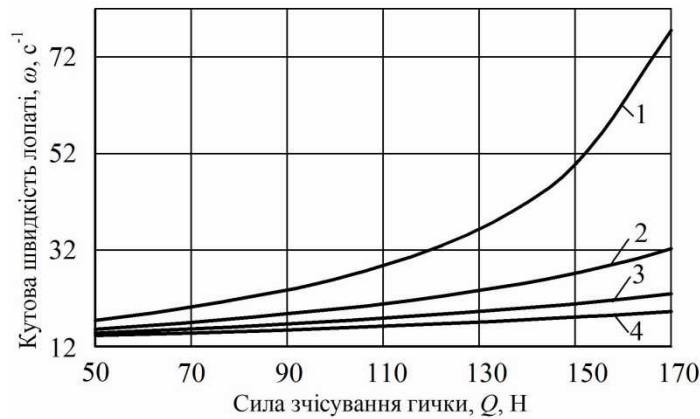


Рис. 7. Залежність кутової швидкості ω від сили зчісування Q при різних значеннях радіуса r : 1 – $r = 0,1$ м; 2 – $r = 0,15$ м; 3 – $r = 0,2$ м; 4 – $r = 0,25$ м.

Вплив сили зчісування Q на кутову швидкість ω , як свідчать отримані графіки, що представлені на рис. 7, також мають вигляд, близький до лінійної залежності. При цьому, при застосуванні радіусу r підвісу, що дорівнює $0,1$ м збільшення сили Q зчісування вимагає адекватного збільшення кутової швидкості ω обертального руху очисної лопаті. У випадку використання радіусів r підвісу лопаті розмірів $0,15 \dots 0,25$ м збільшення кутової швидкості ω при збільшенні сили зчісування Q є менш інтенсивними, ніж у випадку, коли величина радіусу r обирається близькою до $0,1$ м. Однак, в широкому діапазоні зміни сили Q зчісування, перевагу слід віддавати кутовій швидкості ω , яка дорівнює $32,0 \text{ s}^{-1}$, а радіус r при цьому повинен бути не більшим, ніж $0,25$ м.

Залежність кутової швидкості ω обертального руху еластичної очисної лопаті від маси m самої лопаті представлена на рис. 8.

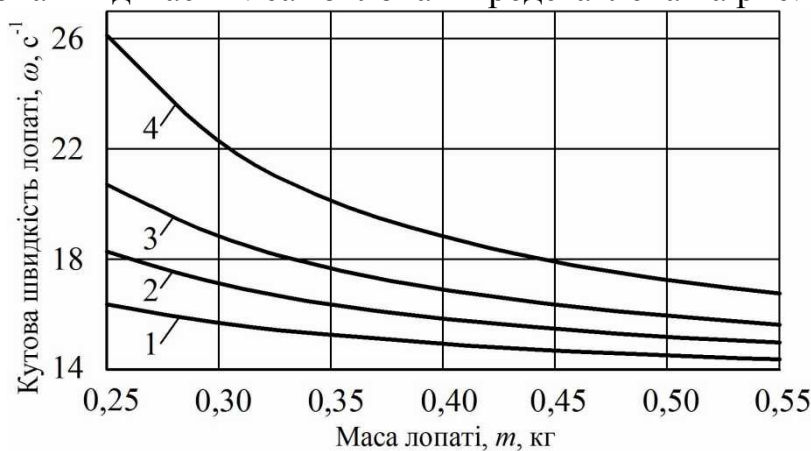


Рис. 8. Залежність кутової швидкості ω від маси m лопаті при різних значеннях сили Q зчісування: 1 – $Q = 50$ Н; 2 – $Q = 70$ Н; 3 – $Q = 90$ Н; 4 – $Q = 120$ Н.

Як бачимо з графіків, представлених на рис. 8 маса m еластичної очисної лопаті повинна бути не меншою, ніж 0,35...0,45 кг, яка забезпечить високу якість очистки головок коренеплодів від залишків гички на корені при значенні сили Q зчісування, яка не перевищує 90 Н. При цьому не відбудеться вибивання з ґрунту коренеплодів цукрових буряків.

Залежність кутової швидкості ω обертального руху еластичної очисної лопаті, встановленої на привідному горизонтальному валу від довжини $2l$ самої лопаті для різних форм поперечного її перерізу представлена на рис. 9.

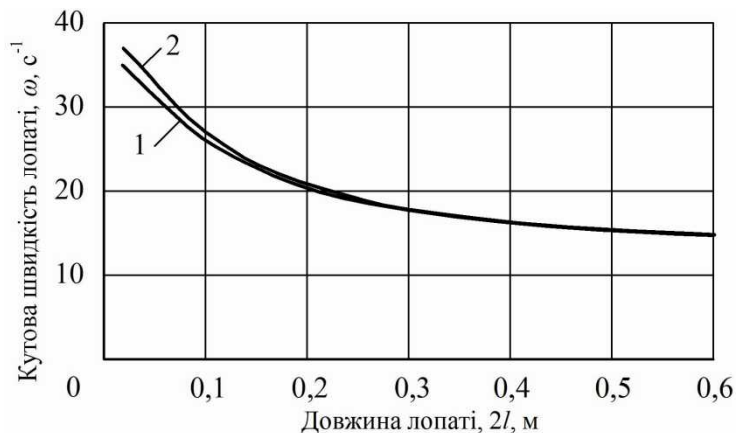


Рис. 9. Залежність кутової швидкості ω від довжини $2l$ лопаті для різних форм поперечного перерізу лопаті: 1 – прямокутна; 2 – кругла.

Як бачимо з представлених графіків, форма поперечного перерізу еластичної очисної лопаті має вплив на кутову швидкість ω обертального руху самої лопаті тільки при малих значеннях її довжини $2l$. У випадку, коли обирати довжину $2l$ очисної лопаті, визначену раніше як оптимальну (0,4 м), при інших конструктивних і силових параметрах очисника, які теж приймаються як раціональні, то форму самої очисної лопаті можна не враховувати.

Таким чином, на підставі чисельного моделювання на ПК встановлено, що найбільш раціональними кінематичними й конструктивними параметрами очисника головок коренеплодів цукрових буряків на корені, що забезпечують високі показники якості очищення головок від залишків гички та не вибивання тіл коренеплодів з ґрунту є: швидкість V_0 поступального руху не менша, ніж 2,5...3,0 $m \cdot s^{-1}$, довжина $2l$ еластичної очисної лопаті повинна бути не меншою ніж 0,4 м, а радіус r барабана (тобто радіус підвісу лопаті) також не менш ніж 0,3 м. Форма еластичної очисної лопаті на має суттєвого впливу (з точки зору динаміки процесу) на якість очищення головок коренеплодів цу-



крових буряків від залишків гички.

Висновки. 1. Очищення головок коренеплодів цукрових буряка від залишків гички на корені є актуальною й складною задачею галузі механізації буряківництва, що не знайшла дотепер ефективного, точного й остаточного рішення. Тому теоретичні й експериментальні дослідження, які дозволяють визначити оптимальні конструктивні й кінематичні параметри робочих органів очисників головок коренеплодів від залишків гички дозволяють не тільки вдосконалити вказаний технологічний процес, а й дадуть можливість створити нові більш ефективні зразки очисників.

2. Розроблена нова теорія взаємодії гнучкої очисної лопаті, що встановлена на приводному горизонтальному валу, і головки коренеплоду буряка, закріпленою в ґрунті, заснована на застосуванні теорем про зміну кінетичної енергії механічної системи й про зміну кількості руху, а також теорії удару, дала можливість із високим ступенем точності моделювати зазначений процес очищення з урахуванням створення необхідної сили зчісування й умови не вибивання коренеплодів буряка із ґрунту.

3. Отримані в кінцевому вигляді рішення диференціального рівняння руху гнучкої очисної лопаті по головці коренеплоду буряка дали можливість одержати нові аналітичні вирази для визначення кута повороту й кутової швидкості обертового руху очисної лопаті, встановленої на приводному горизонтальному валу з умов ефективного зчісування залишків гички й не руйнування зв'язків із ґрунтом коренеплодів буряка, при різному значенні її геометричних розмірів і форми: прямокутного паралелепіпеда й прямого кругового циліндра. Отримане також новий аналітичний вираз для визначення сили зчісування черешків гички зі сферичної поверхні головки коренеплоду цукрового буряка.

4. Результати чисельного моделювання на ПК показали, що раціональними кінематичними й конструктивними параметрами очисника головок коренеплодів цукрових буряків на корені, що забезпечують високі показники якості очищення головок від залишків гички та не вибивання тіл коренеплодів з ґрунту є: швидкість V_0 поступального руху не менша, ніж $2,5 \dots 3,0 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$, довжина $2l$ еластичної очисної лопаті повинна бути не меншою ніж $0,4 \text{ м}$, а радіус r барабана (тобто радіус підвісу очисної лопаті) також не менш ніж $0,3 \text{ м}$. Маса m еластичної очисної лопаті повинна бути не меншою ніж $0,4 \text{ кг}$, а сила Q зчісування $90 \dots 110 \text{ Н}$. Форма еластичної очисної лопаті (квадратна чи кругла) не має суттєвого впливу на якість очищення головок коренеплодів цукрових буряків від залишків гички.

*Література*

1. *Погорельий Л. В.* Свеклоуборочные машины / Л. В. Погорельий, Н. В. Татьянако, В. В. Брей и др. – Киев: Техніка, 1983. – 168 с.
2. *Bulgakov V.* Експериментальні дослідження нового робочого органу для доочистки головок коренеплодів цукрових буряків / V. Bulgakov, W. Orechowski, E. Krasowski, Z. Burski// Current problems of agricultural engineering in an aspect of integration of Poland with European Union: Jubilee international scientific conference XXX years of Agricultural Engineering Faculty at Agricultural University of Lublin. – Lublin: WAR, 2000. – P. 399-410.
3. *Булгаков В. М.* Диференціальні рівняння руху гнучкої очисної лопати по поверхні головки коренеплоду / В. М. Булгаков, І. В. Головач//Механізація та електрифікація сільського господарства. Міжвідомчий тематичний науковий збірник. – Глеваха, 2002. – Вип. 86. – С. 160-165.
4. *Булгаков В. М.* Теорія очистки головок коренеплодів на корені гнучкою лопаттю / В. М. Булгаков, І. В. Головач // Науковий вісник Національного аграрного університету. – К., 2003. – Вип. 60. – С. 66-86.
5. *Lammers S.* Defoliation of sugar beets – assessment of quality and gain in delivered beet mass / S. Lammers, P. Olaf, R. Olaf // Landtechnik. – 2010. – №6.– P. 464-467.
6. *Ліннік А.* Визначення динамічних параметрів жорсткого очисника при взаємодії з коренеплодом / А. Ліннік // Вісник ТНТУ. – 2014. – Том 73. – № 1. – С.165-171.
7. *Мартыненко В. Я.* Обоснование конструктивных параметров очистителей головок корнеплодов / В. Я. Мартыненко // Материалы международной научно-практической конференции “Проблемы и перспективы создания свеклоуборочной техники”. – Винница, 1996. – С. 41-44.
8. *Гурченко А. П.* Механизация уборки ботвы сахарной свеклы / А. П. Гурченко, Я. В. Савченко // Техника в сельском хозяйстве. – Москва: Урожай, 1986. – № 9. – С. 15-17.
9. *Бутенин Н. В.* Курс теоретической механики / Н. В. Бутенин, Я. Л. Лунц, Д. Р. Меркин. – Том 2. – Москва: Наука, 1985. – 496 с.
10. *Булгаков В. М.* Бурякозбиральні машини. Монографія / В. М. Булгаков. – Київ: Аграрна наука, 2011. – 351 с.
11. *Хелемендик М. М.* Напрями і методи розробки робочих органів сільськогосподарських машин. Монографія / М. М. Хелемендик. – Київ: Аграрна наука, 2001. – 280 с.
12. *Bulgakov V.* Theoretical investigations in cleaning sugar beet heads from remnants of leaves by cleaning blade / V. Bulgakov, S. Ivanovs, I. Golovach, Z. Ruzhylo. –15 – th International scientific conference “En-



- gineering for rural development”, Proceedings, Vol. 15. May 25-27, 2016. Jelgava. –P. 1090-1097.
13. *Smith L.* The effect of defoliator flail configuration, speed and crown removal on sugarbeet yield, quality and profitability / L. Smith // Sugarbeet Research and Extension Reports. – 1991. – Vol. 22. – P. 222-227.
14. *Lilleboe D.* Optimizing defoliator & harvester performance / D. Lilleboe // The sugarbeet grower. – July 2014. – Vol. 53., №6. – P. 6-13.
15. *Ihnatiev Ye.* Theoretical substantiation of topping parameters without sugar beet head copying / Ye. Ihnatiev // Mechanization in agriculture. – Sofia, 2016. – Issue2. – P. 10-12.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОЧИСТКИ ГОЛОВОК КОРНЕПЛОДОВ СВЕКЛЫ ГИБКОЙ ОЧИСТНОЙ ЛОПАСТЬЮ, УСТАНОВЛЕННОЙ НА ГОРИЗОНТАЛЬНОМ ПРИВОДНОМ ВАЛУ

В.М. Булгаков, Е.И. Игнатъев

Аннотация – наиболее распространенной в мире технологией уборки ботвы сахарной свеклы является сплошной срез всего массива зеленой ботвы, ее сбор для использования при производстве биогаза и дальнейшая дообрезка верхних частей головок корнеплодов от остатков, которая осуществляется на корню. По такой схеме работает большинство ботвоуборочных машин, которые выпускается сейчас в мире. Однако проведенными сейчас исследованиями установлено, что при дообрезке верхних частей головок корнеплодов теряется до 10% сахароносной массы. Кроме этого возникает острая потребность в немедленной переработке корнеплодов сахарной свеклы, поскольку при обрезании головок корнеплодов со временем происходит потеря сахарного сока, а через срезанную часть внутрь корнеплода попадают бактерии, которые вызывают загнивание и, как правило, полную потерю, всего корнеплода. Поэтому более благоприятной операцией при уборке ботвы является не обрезание головок, а их очистка от остатков ботвы. При этом к доочистке корнеплодов сахарной свеклы от остатков ботвы предъявляются довольно высокие требования, обусловленные отсутствием наличия на головках корнеплодов зеленых и сухих остатков, а также потерь и повреждений самих головок корнеплодов. Целью данного исследования есть разработка наиболее полной теории взаимодействия гибкой очистительной лопасти с головкой корнеплода сахарной свеклы на корню, в процессе ее очистки, когда лопать устанавливается на горизонтальном приводном вале. Для исследования использовались



методы моделирования, высшей математики и теоретической механики, в частности теоремы об изменении кинетической энергии механической системы, теоремы об изменении момента количества движения механической системы, теории удара, составление и решение в замкнутом виде дифференциальных уравнений движения, а также составление программ и проведение численных расчетов на ПК. В результате проведенного исследования была разработана эквивалентная схема и составлено новое дифференциальное уравнение движения гибкой очистительной лопасти по поверхности головки корнеплода сахарной свеклы, которая установлена на приводном горизонтальном вале. Исходя из условий создания необходимой силы счесывания и не выбивания из почвы корнеплодов свеклы, с учетом размерных и массовых характеристик корнеплодов сахарной свеклы, получены новые конечные выражения для определения угла поворота и угловой скорости вращательного движения гибкой очистительной лопасти при различных значениях ее геометрических размеров и формы: прямоугольного параллелепипеда и прямого кругового цилиндра. Получено также новое аналитическое выражение для определения силы счесывания черешков ботвы со сферической поверхности головки корнеплода сахарной свеклы. На основании проведенного численного моделирования на ПК определены рациональные кинематические и конструктивные параметры очистителя головок корнеплодов сахарной свеклы, которые обеспечивают высокие показатели качества очистки головок от остатков ботвы. К этим параметрам относятся: скорость поступательного движения, которая должна быть не менее, чем $2,5...3,0 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$, длина эластичной очистительной лопасти должна быть не менее чем $0,4 \text{ м}$, масса $0,4 \text{ кг}$, радиус барабана – $0,25...0,3 \text{ м}$, а сила счесывания $90...110 \text{ Н}$.

THEORETICAL RESEARCH OF BEET ROOT CROPS HEAD CLEANING BY ELASTIC CLEANING FLAIL WHICH IS MOUNTED ON HORIZONTAL DRIVE SHAFT

V. Bulgakov, Ye. Ihnatiev

Summary

The most widespread in the world technology of harvesting sugar beet tops is the topping all green petiole and leaves, its collecting for use in biogas production and further scalping of the upper part of the root crops head from the tops remains, which is carried out on a root. According to this scheme works most topping machines that are manufactured in the world today. However, research carried out today found that



cutting of top parts of root crops heads leads to lost up to 10% of sugar-bearing plant materials. After scalping there is a need for immediate processing of sugar beet root crops, as there is a loss of sugar juice and through the cut-off parts in a root crop enter bacteria which cause rotting and loss of a root crop. Therefore, a more favorable operation for tops harvesting is not scalping, but heads cleaning from tops remains. Therefore, high requirements are imposed to cleaning of root crops of sugar beet from tops remains, caused by lack of presence on heads of root crops of the green and dry remains, as well as loss or damage of root crops heads. The purpose this research is development of the general theory of interaction of elastic cleaning flail with sugar beet head on a root, in the process of cleaning tops residues when the flail is mounted on a horizontal shaft and obtains results of numerical modeling of its kinematic and structural parameters. In the theoretical study were used methods of modeling, higher mathematics and theoretical mechanics, in particular theorem of mechanical system kinetic energy change, theorem of mechanical system angular momentum change, theory of impact, drawing up and the solution in closed form of differential equations of motion, as well as programming and carrying out numerical calculations on the PC. As a result of the conducted theoretical research the equivalent scheme was developed and the differential equation of the movement of the elastic cleaning flail on a surface of root crop head of sugar beet which is mounted on a horizontal drive shaft. Based on the conditions for the creation of necessary crumpling force and not knocking-out from soil of root crops beet, taking into account dimensional and mass characteristics of sugar beet obtained new result-expressions to determine the angle of rotation and the angular velocity of the rotational motion of elastic cleaning flails for different values of its geometric dimensions and shapes: rectangular parallelepiped and circular cylinder. A new analytical expression to determine the crumpling force of beet tops stalks with the spherical surface of the sugar beet head. On the basis of numerical modeling on the PC were determined rational kinematic and structural parameters of sugar beet heads cleaner on a root, which ensure high-quality heads cleaning from beet tops residue and not knocking-out bodies of root crops from the soil. These parameters include: speed of translational motion, which shall not be less than $2.5...3.0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, length of the elastic flail should not be less than 0.4 m, weight 0.4 kg, drum radius – 0.25...0.3 m, and crumpling force 90...110 N.



УДК 631.37

ПОТЕНЦІЙНІ МОЖЛИВОСТІ БАЛАСТУВАННЯ КОЛІСНОГО ТРАКТОРА ЗА УМОВОЮ ЕКОФІЛЬНОСТІ ШИНИ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ТИСКУ ПОВІТРЯ В НЕЇ

Кувачов В.П., к.т.н,

Мітков В.Б., к.т.н,

Аюбов А.М., к.т.н.,

Шульга О.В.,інженер

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел./факс (0619) 42-12-65. E-mail: kuvachoff@mail.ru

Анотація – В роботі розглянуто можливості баластування колісних тракторів за мовою екофільності шини з урахуванням тиску повітря в неї. Досліджено вплив тиску в шинах на потенційно можливу масу баласту колісного трактора.

Ключові слова: трактор, баластування, колесо, тиск в шині, екофільність.

Постановка проблеми. Відомо, що з позиції правильного баластування колісних тракторів, визначену масу баласту завжди слід перевіряти на відповідність умові екофільності шини [1]. Згідно якої, з однієї сторони, тиск на ґрунт, створюваний тим чи іншим трактором (неважливо - забаластованим чи ні), не повинен перевищувати норм, регламентованих ДСТУ 4521:2006 «Техніка сільськогосподарська мобільна. Норми дії ходових систем на ґрунт». З іншої – експлуатаційне навантаження на шину рушія має бути не більшим за його допустиму вантажопідйомність, встановлену ГОСТ 7463-2003. Також загальновідомо, що, як перша, так і друга вимога вказаної умови екофільності шини залежить від тиску повітря в неї. Нерідко значення цього параметру недооцінюють та не враховують при визначенні маси баласту, наприклад [2,3]. Проте більшість сучасних тракторів оснащують системами зміни тиску повітря в шині. Тому розв'язання проблематики баластування колісних тракторів за умовою екофільності шини при зміні тиску повітря в неї є актуальною науково-практичною задачею.

Аналіз останніх досліджень. В роботі [4] автор звертає увагу на залежність взаємозв'язку оптимального баласту і тиску повітря в шинах трактора від типу і розмірів трактора; типу, розмірів і кількості шин; типу ґрунту і ґрунтових умов; тягового опору, який обумовлений типом,



шириною і робочою глибиною роботи ґрунтообробного знаряддя. За відсутністю будь яких математичних залежностей ним пропонується покерований алгоритм дій для визначення оптимальності вказаних параметрів. Зокрема вказується, що для встановлення потрібного рівня тиску в шинах слід скористатися діаграмою навантажень тиску повітря в шинах, за даними виробника конкретної марки шин.

В роботі [1] проф. В.Т. Надикто більш конкретно математично формалізована умова екофільності шини у вигляді:

$$\frac{N_{еш} < P_{вш}}{F_{он}} < [Q_{тг}], \quad (1)$$

де $N_{еш}$ – експлуатаційне навантаження на рушій, Н;

$P_{вш}$ – допустима вантажопідйомність шини, Н;

$F_{он}$ – площа опорної поверхні шини, м²;

$[Q_{тг}]$ – допустимий питомий тиск на ґрунт, Па.

За рівнянням (1) цим науковцем в [1] запропонована блок-схема алгоритму визначення можливості баластування рушія колісного енергетичного засобу. Але, вказаний алгоритм недостатньо розв'язує поставлену нами проблему. Оскільки при визначенні маси баласту, яка припадає на одиночний рушій, не враховується величина тиску в шині. Тому, ймовірно матимуть місце випадки, коли за вимогами норм дії ходових систем на ґрунт виявиться, що «баластування неможливе». А, враховуючи те, що зі зниженням тиску в шинах збільшується поверхня контакту із ґрунтом, тобто загальне навантаження розподіляється по більшій площі, баластування навпаки, буде можливим. Такі суперечливі твердження потребують уточнення методології визначення маси баласту за умов екофільності шини з урахуванням тиску повітря в ній.

Формулювання цілей статті. Метою даної роботи є розробка методології визначення маси баласту колісного трактора за умов екофільності шини в контексті впливу тиску повітря в ній, як вхідного параметру.

Основна частина. В умові екофільності шини колісного трактора за рівнянням (1) врахуємо відшукувану масу баласту $M_б$, яка, помножена на прискорення вільного падіння g , є складовою до статичного навантаження на рушій $N_{ек}$. В результаті умову (1) представимо системою двох нерівностей:

$$\begin{cases} (N_{ек} + M_б \cdot g) < P_{вш}; \\ \frac{(N_{ек} + M_б \cdot g)}{F_{он}} < [Q_{тг}], \end{cases} \quad (2)$$

де $N_{ек}$ – статичне експлуатаційне навантаження (без баласту) на рушій, Н;
 g – прискорення вільного падіння, м/с².



Зрозуміло, що опорна поверхня шини $F_{оп}$ другої нерівності системи (2) є функцією від тиску повітря в ній. Залежність щодо її визначення для колісного енергетичного засобу має вигляд [1]:

$$F_{оп} = \pi \cdot Hz \cdot \sqrt{(D - Hz) \cdot (B - Hz)}, \quad (3)$$

де $Hz = (N_{ек} + M_{\sigma} \cdot g) / \pi \cdot \rho_w \cdot \sqrt{D \cdot B}$ – угин шини, м;

D – статичний діаметр шини, м;

B – ширина профілю шини, м;

ρ_w – тиск повітря в шині, Па.

Допустима вантажопідйомність шини $P_{вш}$ першого рівняння системи (2), за ГОСТ 7463-2003 також є функцією від тиску повітря в ній. Причому, аналіз даних табл. Б.1 вказаного стандарту, щодо норм навантажень на шини при різному внутрішньому тиску, дозволив з високою точністю апроксимувати вказану взаємозалежність параметрів лінійним рівнянням:

$$P_{вш} = k_1 \cdot \rho_w + k_0, \quad (4)$$

де k_0 і k_1 – постійні коефіцієнти, які залежать від типорозміру шини.

Тоді, за системою нерівностей (2), з урахуванням (3) та (4), можна знайти відшукувану масу баласту M_{σ} і представити її, як функцію від тиску повітря в шині ρ_w :

$$\begin{cases} M_{\sigma} < [a_1 \cdot \rho_w + a_0] \\ M_{\sigma} < [b_1 \cdot \rho_w - b_2 \cdot \rho_w \sqrt{b_3 + b_4 \cdot \rho_w^2}] - b_0; \end{cases} \quad (5)$$

$$де a_0 = \frac{k_0 - N_{ек}}{g};$$

$$a_1 = \frac{k_1}{g};$$

$$b_0 = \frac{N_{ек}}{g};$$

$$b_1 = \frac{\pi(D - B)\sqrt{D \cdot B}}{2g};$$

$$b_2 = \frac{\pi}{2g \cdot [Q_{m2}]};$$

$$b_3 = [Q_{m2}]^2 \cdot D \cdot B \cdot (D - B)^2;$$

$$b_4 = 4 \cdot D^2 \cdot B^2.$$

Тепер, за системою (5), можна аналізувати потенційні можливості баластування будь якого колісного трактора з урахуванням величини тиску повітря в його шинах. Зрозуміло, що загальне рішення системи нерівностей (5) і буде визначати величину потенційно (максимально) можливої маси баласту, яка припадає на одиночний рушій трактора.

В якості прикладу проаналізуємо закономірності зміни максимально-можливої маси баласту M_b , яка припадає на одиночний рушій трактора ХТЗ-17221, від тиску повітря в його шинах. Діапазон значень останнього приймемо в допустимих межах, які обумовлені ГОСТ 7463-2003, що для шин вказаного трактора становлять $p_w=60\dots120$ кПа. Поставлену задачу вирішимо для двох варіантів агрофону:

1) агрофон щільністю $0,9$ г/см³ і вологістю $0,4$ НВ (пухка будова шару ґрунту), де допустимий питомий тиск на ґрунт становить $[Q_{гр}] = 120$ кПа;

2) агрофон щільністю $1,2-1,3$ г/см³ і вологістю не більше $0,7$ НВ ($\approx 17\%$), тут допустимий питомий тиск на ґрунт становить $[Q_{гр}] = 135$ кПа.

Для трактора ХТЗ-17221 значення необхідних для (5) його параметрів наступні: типорозмір шин 23,1R26, для яких $D=1,6$ м, $B=0,587$, $P_{вш\ max}=30,9$ кН при $p_{w\ max}=120$ кПа, значення апроксимованих коефіцієнтів за (4) дорівнюють: $k_1=0,1322$, $k_0=15044$; експлуатаційне навантаження на рушій переднього моста $N_{ек\ п.м.}=27,3$ кН; заднього – $N_{ек\ з.м.}=15,4$ кН.

Розв'язок системи (5) в середовищі Mathcad за вказаними умовами дозволив встановити зони можливого баластування переднього і заднього мостів трактора ХТЗ-17221 (рис. 1 та 2).

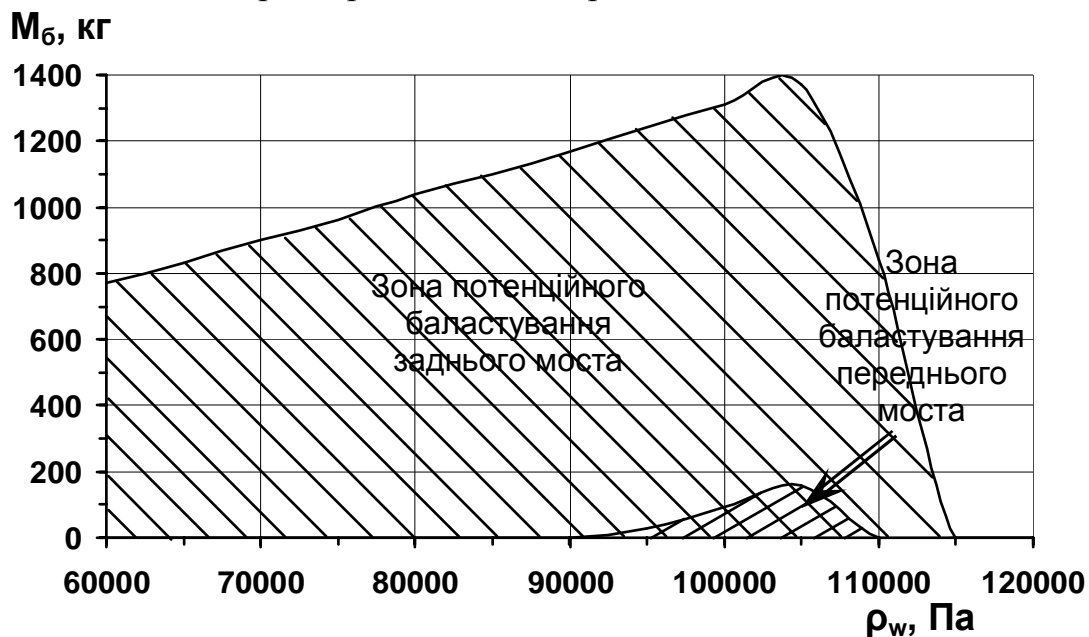


Рис. 1. Потенційні можливості баластування переднього і заднього мостів трактора ХТЗ-17221 масою M_b , яка припадає на одиночний рушій, в залежності від тиску повітря p_w в шині при допустимому тиску на ґрунт $[Q_{гр}] = 120$ кПа.

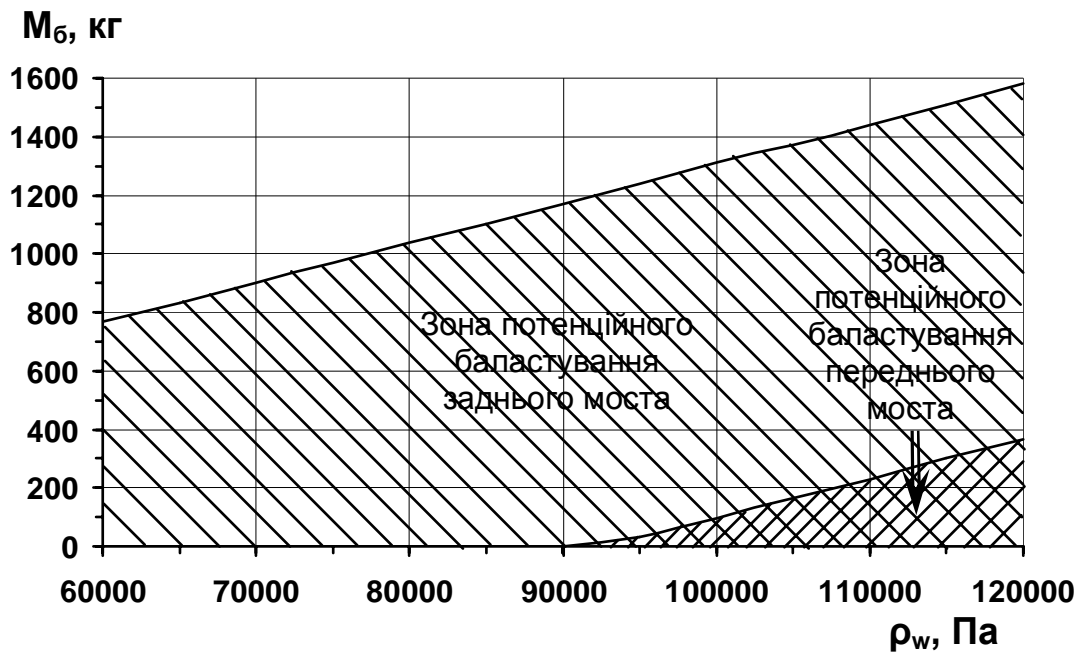


Рис. 2. Потенційні можливості баластування переднього і заднього мостів трактора ХТЗ-17221 масою M_b , яка припадає на одиночний рушій, в залежності від тиску повітря ρ_w в шині при допустимому тиску на ґрунт [$Q_{гр}$] =135 кПа.

Аналіз графічних залежностей, представлених на рис. 1 та 2, підтверджує факт суттєвого впливу величини тиску в шинах на можливості потенційного баластування трактора. При цьому, з рис. 1 очевидно, що існує оптимум вказаного параметру, значення якого визначає максимально-можливу масу баласту, яка припадає на одиночний рушій. На вказаному графіку цей оптимум знаходиться в межах допустимого тиску повітря в шині трактора ХТХ-17221 і дорівнює $\rho_w=104$ кПа. І навпаки, для інших вимог агрофону (рис. 2) – цей оптимум знаходиться поза межами допустимого тиску.

Також стає очевидним і той факт, за яким значення тиску в шинах визначає зони або «можливого», або «неможливого» баластування трактора. Наприклад, для вимог агрофону за 1 варіантом (див. рис. 1) баластування трактора можливе при тиску в шинах його переднього моста $\rho_w=90-110$ кПа і для заднього моста – при $\rho_w=60-115$ кПа. При цьому, як збільшення, так і зменшення тиску в шинах відносно його оптимального значення зменшує максимально можливу масу баласту. Пояснити це можна так. При збільшенні тиску в шині за рівнянням (3) зменшується площа поверхні контакту її із ґрунтом. Зрозуміло, при цьому зменшується і величина потенційно можливої маси баласту. При надто високому тиску в шинах питома навантаження на ґрунт стає ще більшим і перевищує допустимий рівень, що свідчить про не-



можливість баластування трактора. При зменшенні тиску в шинах навпаки площа опорної поверхні шини за (3) збільшується, а тиск на ґрунт зменшується. Але ж при цьому і зменшується допустима вантажопідйомність шини за рівнянням (4). Внаслідок чого зменшується і потенційно можлива маса баласту. При надто малому (але в межах допустимого) тиску в шині експлуатаційне навантаження, що діє на неї перевищує її вантажопідйомність, тому стає неможливим і баластування. Звідси випливає, що використовувати системи для регулювання тиску в шинах баластуємих колісних тракторів слід вкрай обережно, щоб не потрапити в зону, де його баластування стає неможливим.

Висновок. Проблему баластування колісних тракторів за умов екофільності шини слід розв'язувати з урахуванням тиску повітря в шинах їх рушіїв. Саме цій параметр визначає межі за якими бастування трактора або можливе, або неможливе. Як свідчать результати досліджень тільки оптимальне значення тиску в шині дає змогу реалізувати потенційні можливості баластування конкретного колісного трактора в конкретних умовах його роботи. Встановлено, що зі зміною величини тиску в шині відносно оптимального значення зменшується при цьому і максимально можлива маса баласту. Також слід врахувати і те, що для баластуємих колісних тракторів використовувати системи для регулювання тиску в шинах слід вкрай обережно, щоб не потрапити в зону, де його баластування стає неможливим.

Література

1. *Надикто В.Т.* Проблеми баластування колісних тракторів / В.Т.Надикто // Техніка і технології в АПК. – 2013. – №2. – С.7-9.
2. *Цукаров А.М.* Методика расчёта эксплуатационной массы трактора по ограничению воздействия на почву / А. М. Цукаров // Тракторы и сельхозмашины. – 1998. – № 2.– С.12-14.
3. *Селиванов Н.И.* Рациональное балластирование энергонасыщенных колесных тракторов разной комплектации // Вестник КрасГАУ. 2016. №8. –С. 123-129.
4. *Козлов Д.Г.* К вопросу о выборе шин и балластировании трактора при выполнении технологических операций // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2015. № 3(46)– С.119-125.



**ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ
БАЛЛАСТИРОВАНИЯ КОЛЕСНОГО ТРАКТОРА
ИЗ УСЛОВИЯ ЭКОФИЛЬНОСТИ ШИНЫ
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДАВЛЕНИЯ ВОЗДУХА В НЕЙ**

В.П. Кувачев, В.Б. Митков, А.М. Аюбов, А.В. Шульга

Аннотация – в работе рассмотрены возможности балластирования колесного трактора из условия экофильности шины с учетом давления воздуха в ней. Исследовано влияние давления в шинах на потенциально возможную массу балласта колесного трактора.

**THE POTENTIAL BALLASTING OF WHEELED TRACTOR
FROM THE CONDITION OF ECOFILL TIRES DEPENDING
ON THE PRESSURE OF THE AIR IN IT**

V. Kuvachov, V. Mitkov, A. Aubov, A. Shulga

Summary

The paper possibility of ballasting wheeled tractor from the condition of ecofill tires with consideration to the pressure of the air in it a discusses. The effect of tires pressure on the potential weight of the ballast wheeled tractor a researched.



УДК 631.95: 631.3.06

**УРАХУВАННЯ ПОКАЗНИКА ЕКОЛОГІЧНИХ
ВЛАСТИВОСТЕЙ МОБІЛЬНОГО ЕНЕРГЕТИЧНОГО
ЗАСОБУ В МЕТОДИЦІ РОЗРАХУНКУ ЙОГО
ТЕХНОЛОГІЧНОГО РІВНЯ**

Мітков В.Б., к.т.н.,

Кувачов В.П., к.т.н.,

Чорна Т.С., к.т.н.,

Сологуб С.В., інженер

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел./факс (0619) 42-12-65. E-mail: kuvachoff@mail.ru

Анотація – в роботі представлені методика оцінки технологічних властивостей мобільного енергетичного засобу з урахуванням показника його екологічних властивостей. Наведені результати опитування експертів з метою визначення вагомості одиничних показників в оцінці узагальненого показника екологічних і технологічних властивостей мобільного енергетичного засобу.

Ключові слова: технологічні властивості, показник екологічних властивостей, екологічність, мобільний енергетичний засіб, метод ранжирування показників.

Постановка проблеми. Методи теорії технологічної експлуатації дозволяють провести кількісну оцінку технологічного рівня мобільного енергетичного засобу, виявити ступінь відповідності його конструктивних параметрів і технічних характеристик, а також технологічних властивостей в цілому вимогам технологічного процесу сільськогосподарського виробництва [1]. Запропонований метод оцінки технологічних властивостей мобільних енергетичних засобів д.т.н. Кутьковим Г.М. [1] враховує такі, найбільш вагомні, узагальнені показники, як технологічну універсальність, продуктивність, агротехнічну якість та вартість виконуваної операції, але не враховує показника їх екологічних властивостей.

Зрозуміло, що мобільні енергетичні засоби є одними з головних джерел негативного техногенного впливу на довкілля шкідливими продуктами згоряння дизельного палива, підтікання експлуатаційних мастильно-охолоджуючих рідин, механічним ущільненням та руйнуванням ґрунту, акустичним впливом, вібрацією тощо. Саме тому вра-



хування узагальненого показника екологічних властивостей в методиці оцінки технологічного рівня дозволяє оцінити відповідність даного мобільного енергетичного засобу технологічним вимогам з позиції екологічної безпеки на всьому комплексі сільськогосподарських операцій, для виконання яких у складі машинно-тракторних агрегатів він призначений.

Але розраховувати показник технологічного рівня мобільного енергетичного засобу, в такому випадку, можна після того, як будуть отримані коефіцієнти вагомості кожного із узагальнених показників. Тому дослідження направлені на вирішення цього питання є актуальними.

Аналіз останніх досліджень. Методика розрахунку основних узагальнених показників технологічних властивостей (технологічної універсальності, продуктивності, агротехнічної якості та вартості виконуваної операції) достатньо повно викладена в [1]. На відміну від згаданих показників оцінка узагальненого показника екологічних властивостей мобільного енергетичного засобу є сьогодні рідкостю недостатньо вивченою. В класичній теорії експлуатації машинно-тракторного парку показник «екологічності комплексу машин» визначається за показниками екологічності: енергонасиченістю, ущільненням ґрунту, виносом гумусу, забрудненням навколишнього середовища [2].

Проте в дисертаційній роботі [3], наприклад, рекомендується більш вдосконалена нова методика визначення узагальненого «коефіцієнта екологічної безпеки» ($Y_{Кеб}$) від впливу роботи машинно-тракторного агрегату на довкілля, який представлений у вигляді відносного коефіцієнта погіршення суми екологічних параметрів роботи останнього, віднесених до їх нормативних значень:

$$Y_{Кеб} = K_{U_i} \cdot U_{ki} / U_i + K_F \cdot F_{ki} / F_i + SK_{T_i} + K_N \cdot N_{ki} / N_i + K_{CO} \cdot g_{CO_{ki}} / g_{CO_i} + K_{CH} \cdot g_{CH_{ki}} / g_{CH_i} + K_{NOx} \cdot g_{NO_{xki}} / g_{NO_{xi}} + K_{L1} \cdot L_{1k} / L_1 + K_{L2} \cdot L_{2k} / L_2 + K_{L3} \cdot L_{3k} / L_3 + K_N \cdot N_{Kx,x} / N_{x,x} + K_{CO} \cdot g_{CO_{Kx,x}} / g_{CO_{x,x}} + K_{CH} \cdot g_{CH_{Kx,x}} / g_{CH_{x,x}} + K_{отх}, \quad (1)$$

де K_{U_i} – механічне руйнування ґрунту;

K_{T_i} – забруднення нафтопродуктами;

K_F – коефіцієнт впливу від тиску рушіїв трактора;

K_{N_i} – димність відпрацьованих газів;

K_{CO_i} – викиди окису вуглецю;

K_{CH_i} – викиди вуглеводнів;

$K_{NO_{xi}}$ – викиди окислів азоту;

K_{L1} – шум внутрішній;

K_{L2} – шум зовнішній;

K_{L3} – вібрація, передана технічним засобом навколишньому середовищу;

$K_{отх}$ – вагомість технологічних відходів МТА;

- $U_{ki}, N_{ki}, g_{CO_{ki}}, g_{CH_{ki}}, g_{NO_{xki}}, L_{1k} \dots L_{3k}$ - контрольні заміри відповідно механічного руйнування ґрунту, концентрації викидів вуглецю, вуглеводнів, оксидів азоту, шуму внутрішнього, зовнішнього, вібрації;
- $U_i, N_i, g_{CO_i}, g_{CH_i}, g_{NO_{xi}}, L_1 \dots L_3$ - нормативні значення екологічних показників згідно до державних стандартів;
- F_{ki}, F_i - питомий тиск рушіями трактора на ґрунт відповідно при випробуванні і рекомендований;
- $N_{Kx.x}, g_{CO_{Kx.x}}, g_{CH_{Kx.x}}$ – контрольні заміри димності, концентрації окису вуглецю та вуглеводнів відповідно у відпрацьованих газах на холостих обертах дизеля.

Варто врахувати результати останніх наукових досліджень в оцінки показника екологічних властивостей самого мобільного енергетичного засобу.

Мета роботи. Підвищення інформативності методики оцінки технологічних властивостей мобільного енергетичного засобу шляхом урахування узагальненого показника його екологічних властивостей.

Основна частина. Залежність для розрахунку показника технологічного рівня мобільного енергетичного засобу з урахуванням його екологічних властивостей матиме вигляд:

$$ПТ = S_{yT} \cdot yT + S_{AT} \cdot AT + S_{WT} \cdot WT + S_{CT} \cdot CT + S_{ET} \cdot ET, \quad (2)$$

де yT, AT, WT, CT, ET – узагальнені показники відповідно технологічної універсальності, продуктивності, агротехнічних властивостей, вартості виконання технологічних операцій, екологічних властивостей;

S_y, S_A, S_w, S_c, S_E - коефіцієнти вагомості відповідних узагальнених показників технологічних властивостей мобільного енергетичного засобу.

Структура показника екологічних властивостей E_T залежить від призначення оцінюваного енергетичного засобу і мети розв'язуваної задачі. На нашу думку, при порівняльній оцінці енергозасобів в якості одиничних можна прийняти такі показники їх екологічних властивостей: $K_{явг}$ – якість відпрацьованих газів; $K_{зеп}$ – забруднення експлуатаційними рідинами; $K_{мрг}$ – механічного руйнування ґрунту; $K_{ш}$ – шумності; K_v – вібрації; K_{yT} – ущільнення ґрунту; $K_{кст}$ – компоновальна схема енергозасобу. Тоді для мобільного енергетичного засобу показник екологічних властивостей E_T в узагальненій формі може бути виражений сумою добутків коефіцієнтів вагомості S_i одиничних узагальнених показників на їх відносні значення:



$$E_T = S_{\text{Кявг}} \cdot K_{\text{явг}} + S_{\text{Кзер}} \cdot K_{\text{зер}} + S_{\text{Кмрг}} \cdot K_{\text{мрг}} + S_{\text{Кш}} \cdot K_{\text{ш}} + S_{\text{Кв}} \cdot K_{\text{в}} + S_{\text{Куг}} \cdot K_{\text{уг}} + S_{\text{Ккст}} \cdot K_{\text{кст}}, \quad (3)$$

де $S_{\text{Кявг}}$, $S_{\text{Кзер}}$, $S_{\text{Кмрг}}$, $S_{\text{Кш}}$, $S_{\text{Кв}}$, $S_{\text{Ккст}}$ - коефіцієнти вагомості одиничних відносних показників екологічної властивості.

Узагальнені одиничні показники за рівнянням (3) не зв'язані між собою або з E_T ніякою аналітичною або емпіричною залежністю. Задача полягає в тому, щоб знайти таку залежність. Найбільш прийнятним методом вирішення цієї задачі є метод ранжирування одиничних показників шляхом опитування експертів [1, 4].

Достовірність результатів опитування експертів для визначення рангів одиничних показників визначається двома основними факторами: кваліфікацією і чисельністю експертів. Зменшення числа експертів веде до зниження точності результату, оскільки на групову оцінку надмірний вплив надає оцінка кожного з експертів. При дуже великому числі експертів стає складніше виявити їх узгоджену думку через зменшення ролі тих суджень, які хоча і відрізняються від думок більшості, але далеко не завжди виявляються помилковими. В [1] автори вважають, що така група повинна складатися не менше ніж з 7 експертів.

В нашому випадку для ранжирування екологічних та технологічних властивостей було обрано 10 експертів – це науковці і фахівці в галузі механізації сільського господарства, агрономії, екології та охорони навколишнього середовища (таблиця. 1 та 2). В результаті їх опитування про значимість одиничних показників екологічних та технологічних властивостей мобільного енергетичного засобу (таблиця. 1 та 2) були визначені ранги самих показників. При чому, найвищий ранг відповідає показникам, що мають найбільшу значимість, найнижчий, відповідно, - найменш значимим.

Оцінку узгодженості оцінок, отриманих від експертів, здійснювали за допомогою коефіцієнта конкордації W [1].

Перевірку значимості коефіцієнта конкордації W здійснювали за допомогою χ^2 -критерію Пірсона [1].

За результатами опитування експертів (див. рис. 1 та 2) були визначені коефіцієнти вагомості одиничних показників екологічних та технологічних властивостей для мобільних енергетичних засобів за рівнянням [1]:

$$S_i = \left(1 - \frac{t_k - 1}{n}\right) / \sum_{j=1}^n \left(1 - \frac{t_k - 1}{n}\right), \quad (4)$$

де t_k – підсумковий ранг одиничного показника екологічних та технологічних властивостей;

n – загальна кількість одиничних показників.

Дані (табл. 1) свідчать про те, що на узагальнений показник екологічних властивостей мобільного енергетичного засобу найбільший вплив оказує показник ущільнення ґрунту $K_{уг}$, потім механічне руйнування ґрунту $K_{мрг}$, склад відпрацьованих газів $K_{явг}$, забрудненість експлуатаційними рідинами $K_{зер}$, шумність $K_{ш}$, вібрація $K_{в}$ і найменший вплив – компоновальна схема енергозасобу $K_{кст}$.

Таблиця 1 –
Результати опитування експертів про значимість одиничних показників екологічних властивостей мобільного енергетичного засобу

Експерти	Склад відпрацьованих газів $K_{явг}$	Забрудненість експлуатаційними рідинами $K_{зер}$	Механічне руйнування ґрунту $K_{мрг}$	Шумність $K_{ш}$	Вібрація $K_{в}$	Ущільнення ґрунту $K_{уг}$	Компоновочна схема трактора $K_{кст}$
	n1	n2	n3	n4	n5	n6	n7
Пастухов В.І. д.т.н., проф.	4	3	1	6	5	2	7
Дідур В.А. д.т.н., проф.	2	3	4	5	6	1	7
Надикто В.Т. д.т.н., проф.	3	4	1	5	6	2	7
Петрук В.Г. д.т.н., проф.	4	5	2	6	7	1	3
Улексін В.О. к.т.н., доц.	7	5	1	4	3	2	6
Кувачов В.П. к.т.н., доц.	3	4	1	5	6	2	7
Федюшко М.П. к.с.г.н., доц.	2	3	4	5	6	1	7
Богатирьова О.Б. к.б.н., доц.	3	4	2	5	6	1	7
Шкарівський Г.В. к.т.н., доц.	5	6	1	4	3	2	7
Петрук Р.В. к.т.н., н.с.	4	7	1	6	5	2	3
Сума рангів T	37	44	18	51	53	16	61
Підсумкові ранги одиничних показників t_k	3	4	2	5	6	1	7
Відхилення від середньої суми рангів Δ	9	16	-10	23	25	-12	33
Квадрат відхилень Δ^2	81	256	100	529	625	144	1089
Сума квадратів відхилень R	2824						

Аналіз вказаних показників дозволяє встановити, які конструктивно-технологічні або режимні параметри енергозасобу та в якій мірі впливають на узагальнений показник його екологічних властивостей. І чим глибшим буде цей аналіз, тим найбільш точнішими і вдалими будуть запропоновані конструктивно-технологічні або режимні заходи щодо їх покращення.

Показник екологічних властивостей мобільного енергетичного засобу за формулою (3) в результаті опитування експертів (дані табл. 1) прийме вид:

$$E_T = 0,25K_{уг} + 0,22K_{мрг} + 0,18K_{явг} + 0,14K_{зер} + 0,11K_{ш} + 0,07K_{в} + 0,03K_{кст}.$$

Таблиця 2 –
Результати опитування експертів про значимість одиничних показників технологічних властивостей мобільного енергетичного засобу

Експерти	Показник технологічної універсальності, U_T	Показник продуктивності, W_P	Показник агротехнічних властивостей, A_T	Показник вартості технологічного процесу, S_T	Показник екологічності, E_T
	n1	n2	n3	n4	n5
Пастухов В.І. д.т.н., проф.	1	3	2	4	5
Дидур В.А. д.т.н., проф.	4	2	1	3	5
Надикто В.Т. д.т.н., проф.	1	3	2	5	4
Петрук В.Г. д.т.н., проф.	2	1	5	3	4
Улексін В.О. к.т.н., доц.	5	4	1	3	2
Кувачев В.П. к.т.н., доц.	1	3	4	5	2
Федюшко М.П. к.с.г.н., доц.	3	4	2	5	1
Богатирьова О.Б. к.б.н., доц.	3	2	5	4	1
Шкарівський Г.В. к.т.н., доц.	4	5	2	3	1
Петрук Р.В. к.т.н., н.с.	3	1	4	2	5
Сума рангів T	27	28	28	37	30
Пісумкові ранги одиничних показників t_k	1	3	2	5	4
Відхилення від середньої суми рангів Δ	-1	0	0	9	2
Квадрат відхилень Δ^2	1	0	0	81	4
Сума квадратів відхилень R	86				

В оцінки технологічних властивостей мобільного енергетичного засобу найбільшої вагомості, на думку експертів, має показник технологічної універсальності U_T , потім агротехнічних властивостей A_T , продуктивності W_P , екологічності E_T і найменший вплив оказує показник вартості технологічного процесу S_T . А рівняння для розрахунку показника технологічного рівня мобільного енергетичного засобу за формулою (1) в результаті опитування експертів (дані табл. 2) прийме вид:

$$P_T = 0,33U_T + 0,27A_T + 0,2W_P + 0,13E_T + 0,07S_{E_T}.$$

Отриманий результат свідчить про те, що сьогодні більш актуальним є оцінка техногенного впливу мобільного енергетичного засобу на довкілля, ніж собівартість виконання ним одиниці роботи. І з таким висновком неможна не погодитися, оскільки знехтуванням впливом на екологію вже у найближчий час може звести нанівець економічний прибуток від виробництва сільськогосподарської продукції. Тому, оцінка технологічних властивостей мобільного енергетичного засобу за критеріями його технологічної універсальності, продуктивності, аг-



ротехнічної якості, екологічних властивостей та вартості виконуваної операції дозволяє прийняти найбільш об'єктивне рішення щодо доцільності запровадження його у виробництво, ефективності його використання та технологічний рівень будь-якого техпроцесу.

Висновки.

1. Актуальність та значимість впливу екологічних властивостей мобільного енергетичного засобу на його технологічні властивості підтверджена психологічним експериментом шляхом опитування експертів. Встановлено, що вагомість вказаної властивості, на думку експертів, менша за технологічної універсальності, продуктивності, агротехнічної якості, але більша за вартості виконуваної операції. Урахування показника екологічних властивостей мобільного енергетичного засобу дозволяє прийняти найбільш об'єктивне рішення щодо доцільності запровадження його у виробництво, ефективності його використання та технологічний рівень будь-якого техпроцесу.

2. Оцінка вагомості одиничних показників на узагальнений показник екологічних властивостей мобільного енергетичного засобу, за результатами опитування експертів, показала, що найбільш вплив оказує показник ущільнення ґрунту, потім механічне руйнування ґрунту, склад відпрацьованих газів, забрудненість експлуатаційними рідинами, шумність, вібрація найменший вплив - це компонувальна схема енергозасобу. Аналіз вказаних показників дозволяє встановити, які конструктивно-технологічні або режимні параметри енергозасобу та в якій мірі оказують вплив на узагальнений показник його екологічних властивостей. І чим глибшим буде цей аналіз, тим найбільш точнішими і вдалимi будуть запропоновані конструктивно-технологічні або режимні заходи щодо їх покращення.

Література

1. Кутьков Г.М. Тракторы и автомобили: теория и технологические свойства: Учебник / Г.М. Кутьков - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 506с.
2. Довідник з машинобудування в землеробстві/ В.І. Пастухов, А.Г. Чигрин, П.А. Джолос та ін. - Харків: «Веста», 2001. - 347с.
3. Внукова Н.В. Науково-методологічні основи екологічної безпеки комплексу автомобіль – дорога – середовище: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора техн. наук: спец. 21.06.01 «Екологічна безпека»/ Н.В. Внукова; Український науково-дослідний інститут екологічних проблем. - Харків: 2015. - 40с.
4. Мельников С.В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С.В. Мельников, В.Р. Алешкин, П.М. Роцин. - Ленинград: «Колос», 1980. – 168с.



**УЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
МОБИЛЬНОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СРЕДСТВА
В МЕТОДИКЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ЕГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УРОВНЯ**

В.Б.Митков, В.П.Кувачев, Т.С. Чорна, С.В.Сологуб

Аннотация – в работе представлена методика оценки технологических свойств мобильного энергетического средства с учетом показателя его экологических свойств. Представлены результаты опроса экспертов с целью определения весомости единичных показателей в оценке обобщенного показателя экологических и технологических свойств мобильного энергетического средства.

**ACCOUNTING INDICATOR OF THE ECOLOGICAL
PROPERTIES OF MOBILE POWER TOOLS IN THE METHOD
OF DETERMINING ITS TECHNOLOGY LEVEL**

V. Mitkov, V. Kuvachov, T. Chorna, S. Sologub

Summary

The paper technique of an estimation of technological properties mobile power tools by its ecological properties. The results of a survey of experts to determine the weight of single indicators in the evaluation of the generalized indicator of environmental and technological properties of mobile power tools a presented.



УДК 631.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ КОНЦЕПЦИЯ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ТЕХНОЛОГИЙ В ЗЕМЛЕДЕЛИИ

Кушнарєв А.С., д.т.н., чл.-кор. НААНУ,
Чорна Т.С., к.т.н.

Таврический государственный агротехнологический университет
Тел.: 067-526-27-61

Аннотация – сегодня созданные человеком технологии и техника стали сравнимы по мощи своего воздействия с силами природы. Необдуманное их применение может привести к опасным для жизни человечества изменениям всей биосферы в целом. Наиболее уязвимым является почвенный покров земли, как ключевая составляющая всех процессов, происходящих в биосфере. В статье представлен анализ противоречий, возникающих между аграрной деятельностью человечества и свойствами, обеспечивающими устойчивость биосферы.

Ключевые слова: биосфера, технологии, аграрная деятельность, почвенный покров.

Постановка задачи и анализ последних исследований. В последнее время человечество начинает осознавать негативные последствия своего воздействия на биосферу. Созданные человеком технологии и техника стали сравнимы по мощи своего воздействия с силами природы. Необдуманное их применение может привести к опасным для жизни человечества изменениям всей биосферы в целом.

Ученые и передовые мыслители предупреждают человечество о возможности наступления глобального экологического кризиса. В связи с этим возникла необходимость решения беспрецедентной задачи для человечества – выживания человеческого рода [1].

О наступлении биосферного кризиса было объявлено в 1992 году во время «встречи на высшем уровне» в Рио-де-Жанейро. Люди никогда не думали о таких задачах. Масштабы необходимых мер и ограниченность ресурсов требует, чтобы главные усилия были направлены на устранение основных причин глобального кризиса, а не на его частные проявления.

Однако, до сих пор деятельность в этом направлении (тематика научных исследований, экологическое образование, просвещение и



т.д.) построены либо на крайне ограниченной, локальной картине глобального экологического кризиса, либо на мифическом представлении о нем.

Образовательное и просветительское пространство, средства массовой информации, к сожалению, часто используют обвинение «в нарушении экологии» как козырь в политической или в конкурентной борьбе. Сегодня экология представлена как амбициозные претензии человечества к органическим ресурсам, находящимся в круговороте экосреды.

Наиболее уязвимым является почвенный покров земли, как ключевая составляющая всех процессов, происходящих в биосфере. В этом докладе мы попытаемся осветить проблемы анализа противоречий, возникающих между аграрной деятельностью человечества и свойствами, обеспечивающими устойчивость биосферы.

Аграрный сектор, по сути, представляет собой процесс использования агроценозов в интересах человечества. Агроценоз – вечный спутник человека. Он настолько же древний, насколько древнее человеческое общество. Тем не менее, эта весомая часть биосферы, увы, до сих пор не поддавалась серьезному изучению [2].

Между тем сейчас именно агроценозы занимают почти половину экolandшафтов, а по геологическому влиянию на биосферные процессы существенно превышают роль природных растительных совокупностей. Именно в связи с гегемонией агроценозов возникли такие угрожающие явления, как парниковый эффект, загрязнение окружающей среды, исчезновение многих видов флоры и фауны и др. Роль агроценозов настолько важна в отношении позитивного вмешательства в цивилизованные процессы, настолько и опасна по причине пагубного (катастрофического) проявления в биосфере. Очевидно, нужно привести серьезные исследования законов, по которым строятся и развиваются агроценозы, найти рычаги, которые обуздали бы эволюцию агроценозов к позитивному, не угрожающему воздействию на биосферу и существование человека, как такового.

Воспользуемся содержанием понятия «биосфера» и ее свойствами, предложенными Вернадским В.И. [3, 4, 5, 6].

«Биосфера – это планетарное явление космического характера, ее важной особенностью, главной геологической силой является жизнь – «живое вещество, не просто населяющее биосферу, а преобразующее облик земли».

Особенно важным свойством биосферы Вернадский В.И. считал непрерывно идущие в ней круговорот веществ и поток солнечной энергии, регулирующие деятельность живых организмов. По сути, круговорот веществ (биогенного кругооборота) – это форма существования биосферы. В своем учении о биосфере Вернадский В.И. при-



дает особое значение живым организмам. Совокупность всех живых организмов он назвал живым веществом, которое как нечто единое целое можно выразить численно в элементарном химическом составе, в единицах величин массы и энергии.

Специфические свойства живого вещества показывают, что в биосфере земли нет вещества, более мощного и активного в геологическом отношении.

По участию живого вещества в геологических процессах биосферы выделяются пять геохимических функций [7]:

1. энергетическая;
2. транспортирующая;
3. концентрационная;
4. средообразующая;
5. деструктивная.

По сути, все эти функции присущи как почве, так и ценозу, развивающемуся на ней. Эти же функции обеспечивают малый кругооборот веществ в природе – биогенный кругооборот.

Рассмотрим, как выполняются эти функции в естественных геобиоценозах и агроценозах.

Особое место, связывающее биосферу с космосом, занимают *энергетические функции* – поглощение солнечной энергии в процессе фотосинтеза, запасание энергии в химических связях органических соединений растительного мира, передача ее по цепям питания и разложения.

В своем глобальном, космическом проявлении живое вещество выступает как гигантский аккумулятор и уникальный трансформатор лучистой энергии солнца. Кругооборот веществ в экосистемах планеты поддерживается постоянным притоком все новых и новых порций энергии, посылаемых на землю солнцем. Солнечная энергия обеспечивает условия в синергетических (самоорганизующихся) процессах во всех элементах биосферы.

Как же используется энергия солнца геобиоценозами и агроценозами?

Структура использования солнечной энергии планетой Земля имеет следующий вид [8, 9]:

- на поверхность Земли ежегодно поступает $21 \cdot 10^{20}$ КДж энергии солнца;
- примерно половина этой энергии идет на нагрев атмосферы, испарение воды, приводя в движение большой кругооборот;
- на создание органического вещества расходуется около 1% лучистой энергии.

Поступление энергии солнца на поверхность отдельных участков Земли зависит от широты, времени года, угла склона, времени су-

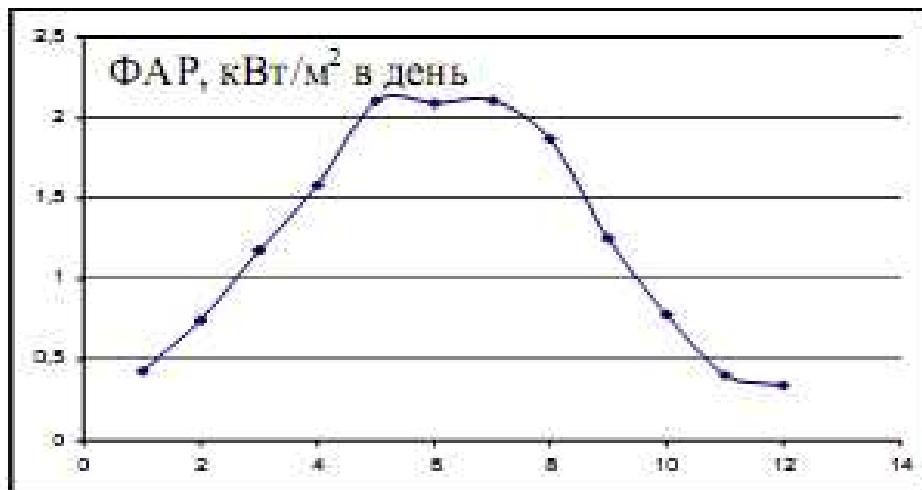
ток и т.д. Так, на рис.1 представлены значения ежедневного поступления солнечной и лучистой энергии на квадратный метр по Киевской области.

Как уже отмечалось выше, эта энергия идет на формирование природных ресурсов, обеспечивающих развитие растений на территории.

Рассмотрим, как энергия Солнца, природных и антропогенных ресурсов и деятельность живого вещества трансформируется в энергию продовольствия (рис. 2).



а



б

Рис.1. Энергия, поступающая на поверхность Земли (Киевская область): а – лучистая составляющая энергии солнца (ФАР), б – ФАР обеспечивающая фотосинтез (Киевская область).



Рис.2. Схема трансформации энергии живого вещества в продовольствии.

Текущая солнечная энергия, природные ресурсы и антропогенные ресурсы обеспечивают производство на поле органического вещества, в том числе и в виде с.-х. продуктов. Для обеспечения суточной энергией одного человека необходимо произвести KWc энергии, содержащейся в получаемом продовольствии. Если бы человек не нуждался в продуктах животноводства, то достаточно было бы произвести дневную норму энергии в продовольствии растительного происхождения.

Но, поскольку продукты животного происхождения являются физиологически необходимыми для жизнедеятельности и здоровья человека, нам в поле необходимо ещё произвести и корма для отрасли животноводства. Для удовлетворения нужд одного человека в день продовольствием растительного и животного происхождения, нам необходимо произвести KWc энергии растительного происхождения ($K \geq 1$). Уровень качества питания оценивается как « K » – доля энергии в продуктах животного происхождения в продовольственной корзине ($0 \leq K \leq 0,5$).

В результате деятельности отрасли животноводства получаем KWc энергии в продуктах животного происхождения и $(1-K)Wc$ энергии в продуктах растительного происхождения. Полученное продовольствие должно храниться, перерабатываться, транспортироваться и в конечном итоге поступать в торговую сеть.



Этот этап назовем «хранение, переработка и торговля». На этом этапе не повышения энергосодержания в продовольствие, более того оно зачастую сопровождается потерями и отходами. Часть отходов может возвращаться в виде корма. Однако деятельность этой отрасли сопровождается затратами антропогенной энергии, расходуемой на строительство и содержание (отопление, освещение, энергообеспечение, трудовые ресурсы и т.д) объектов хранения, переработки, транспорта и торговли.

Но результатом работы этой отрасли не является ещё продуктом, напрямую потребляемым человеком. Замыкает трансформацию энергии домашний сектор продовольственного обеспечения (частично сектор общественного питания). Этот сектор также не обеспечивает повышение энергосодержания в продовольствии, а даже наоборот, при тепловой обработке продовольствие теряет часть содержащей в ней энергии.

Для приготовления и хранения продовольствия в домашних условиях, необходимо оборудование в виде холодильников, газовых плит, микроволновых печей, посуды и др. Кроме того при приготовлении пищи и уборке посуды требуется горячая и холодная вода. Все эти процедуры связаны с использованием антропогенной энергии и только на обеденном столе должно в продуктах, съедаемых человеком, содержаться W_c энергии в день.

Продовольственные потребности человечества (а сегодня уже и энергетические) реализуются за счет использования природных ресурсов для удовлетворения материальных и культурных потребностей, за счет использования созданной природой биомассы. Существующие системы земледелия в биосферном понимании можно разделить всего на две группы: системы созидательные и системы разрушительные. Системы созидательные могут быть развиты только на основе биосферных законов (законов исторического развития природы планеты).

Системы разрушительные развиваются на идеологии вседозволенности человечеству на планете.

Идеология развития разрушительных систем земледелия – это еще и недавно господствовавшее в науке и часто проявляющееся на практике представление о природе, в том числе о Земле, как о механической системе, в которой человек может произвольно совершать необходимые для себя манипуляции, может превратить Землю в сырьевой ресурс. Все внимание при этом сосредоточивается на полезном для человека эффекте. А «судьба» природы отступает на второй план. Но не следует забывать, что для того, чтобы предотвратить планетарные катастрофы, необходимо изменить образ мышления человека и перейти от идеологии использования природных ресурсов к



идеологии рационального пользования природными ресурсами на основе достижений естественных, общественных и технических наук. Природопользование – это пользование человеческим сообществом только той частью природных ресурсов, которыми позволяют пользоваться законы развития биосферы.

В настоящее время идеология ведения сельского хозяйства находится в глубоком противоречии с природным биосферным процессом. Нам требуется пересмотреть взгляды на технологии выращивания сельскохозяйственных культур и землепользования с точки зрения законов биосферных процессов.

В процессе своего развития, часть территории суши человечество изъяло из природного естественного состояния (геобиоценоза) для удовлетворения собственных потребительских нужд, в основном для обеспечения человечества продуктами питания. На этой территории произошла замена естественной растительности на отобранные человеком культурные растения.

В естественных геобиоценозах, созданных в процессе развития биосферы, источником энергии для производства органического вещества является только солнце. В агроценозах наряду с этим естественным источником энергии, человек вносит удобрения, без которых высокая биологическая продуктивность не может быть реализована, появилась необходимость обрабатывать почву, бороться с «сорняками» и вредителями. Агроценозы существуют и дают высокую биологическую продуктивность только благодаря непрерывному повседневному вмешательству человека, без участия которого они существовать не могут. Таким образом, для поддержания агроценоза человечество вынуждено использовать энергию, накопленную ранее биосферой в недрах земли в виде топлива (газ, уголь, нефть и т.д.), технику и химикаты (удобрения, гербициды, средства защиты и т.д.)

Возникает вопрос. Какой энергетической (антропогенного происхождения) ценой обеспечиваются питание одного человека, сегодняшние тенденции, прогноз дальнейшего развития продовольственного обеспечения и поиск путей существенного снижения затрат антропогенной энергии на производстве продуктов питания. Приступим к более детальному рассмотрению этих вопросов. В данном докладе рассмотрим два первых этапа – производство продуктов растениеводства и животноводства, напрямую обеспечивающиеся агротехнологиями. Только в растениеводстве происходит создание органического вещества из неорганических элементов благодаря процессу фотосинтеза, реализуемого притоком энергии солнца.

Энергия солнца используется на формирование природных ресурсов и обеспечивает развитие растений на территории. Для обеспечения производства продуктов растениеводства используется природ-



ные и антропогенные ресурсы (разделение весьма условное, ибо они являются составляющими биосферных ресурсов). Однако природные ресурсы – это ресурсы, которые находятся в природном кругообороте веществ и трансформации энергии в биосфере, а антропогенные ресурсы – это трансформированная энергия солнца в ископаемые ресурсы, используемые только человеком. По экологическому словарю антропогенная энергия – получаемая человеком, как правило, из исчерпаемых источников энергии и затрачиваемая на поддержание состава и структуры агросистемы.

Антропогенные и природные ресурсы есть не что иное как аккумулялируемая и трансформируемая энергия солнца в предыдущее время. Почва, как одна из природных ресурсов, является результатом также аккумуляции и трансформации солнечной энергии в биогенном кругообороте веществ.

В результате технологического процесса производства той или иной культуры полученный урожай G_{Ai} (т/га) содержит W_{pi} энергии (энергосодержание полученного продукта). На производство этого урожая человек использует W_{Ai} антропогенной энергии. Природную энергию, полученную на производство урожая, сегодня практически оценить невозможно. Однако оценить её можно косвенно безразмерной величиной, так называемым биоэнергетическим коэффициентом $БЭК_i = W_{pi} / W_{Ai}$. Энергетическая эффективность технологии характеризуется двумя показателями: биоэнергетическим коэффициентом БЭК и размерным коэффициентом расхода антропогенной энергии на единицу полученной продукции $K_{ei} = W_{Ai} / G_{pi}$, МДж/Т .

В коэффициенте БЭК заложен косвенно смысл адаптации технологии к экологической нише и уровень использования природных (не антропогенных) ресурсов. В естественной природе для производства органического вещества в том числе и используемого человеком в качестве продуктов питания, антропогенная энергия не востребована. Органическое вещество производится в процессе биогенного круговорота. Следовательно, уровень адаптации агротехнологии к биосфере можно и нужно оценивать коэффициентом БЭК.

Потребность затрат антропогенной энергии на единицу энергии в продовольствии растительной продукции зависит от БЭК (рис. 3).

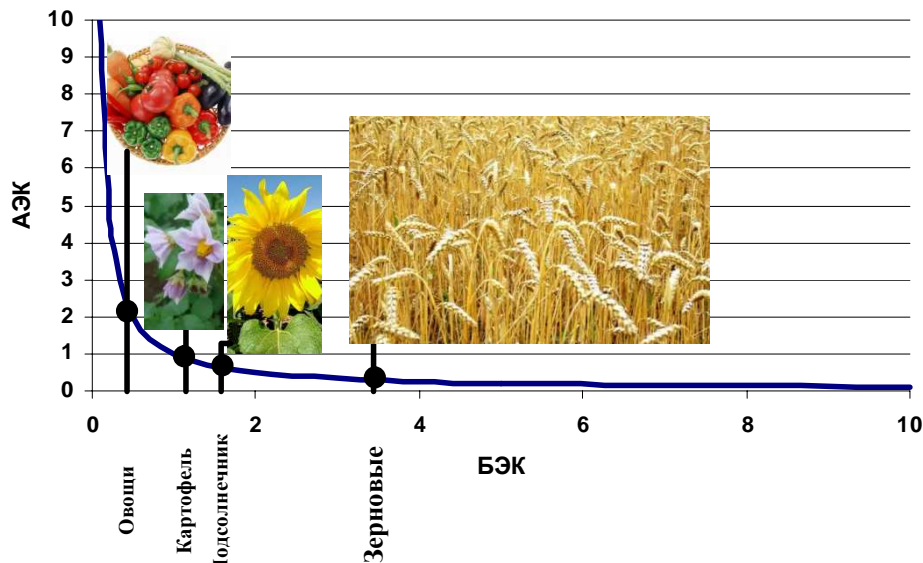


Рис. 3. Доля затрат антропогенной энергии на единицу энергии в продуктах растениеводства в зависимости от значения БЭК.

Введем понятие «антропогенный энергетический коэффициент» (АЭК). Антропогенно энергетический коэффициент (АЭК) дает информацию – сколько единиц антропогенной энергии необходимо затратить для производства одной единицы энергии в продовольствии. Так, при производстве массы овощей, содержащих 1 МДж энергии, нужно затратить 2 МДж антропогенной энергии, а при производстве массы зерновых требуется всего 0,3 МДж энергии.

Развитие современных агротехнологий к сожалению сопровождается повышением затрат антропогенной энергии. Так удвоение урожайности с.х. культур в первой половине XX столетия в США потребовалось увеличить вложения антропогенной энергии в 10 раз.

Расход энергии с ростом индустриализации и интенсификации аграрного сектора растет (рис. 4) быстрее, чем темпы произведенной продукции. Одновременно растут и удельные энергозатраты на единицу сельхозпродукции[10, 11].

При энергетическом подходе появляются возможности кадастровой оценки земли по содержанию энергии в получаемых урожаях.

$$\bar{W}_{pi} = q_i \cdot C_i$$

где q_i - урожайность и культуры, т/га;

C_i - энергосодержание продуктов и культур, ГДж/т;

\bar{W}_i - энергия производимая на 1 га i -ой культуры, ГДж/га.

Однако различные культуры имеют различный срок вегетации, т.е. имеют различную длительность процесса фотосинтеза для своего развития.

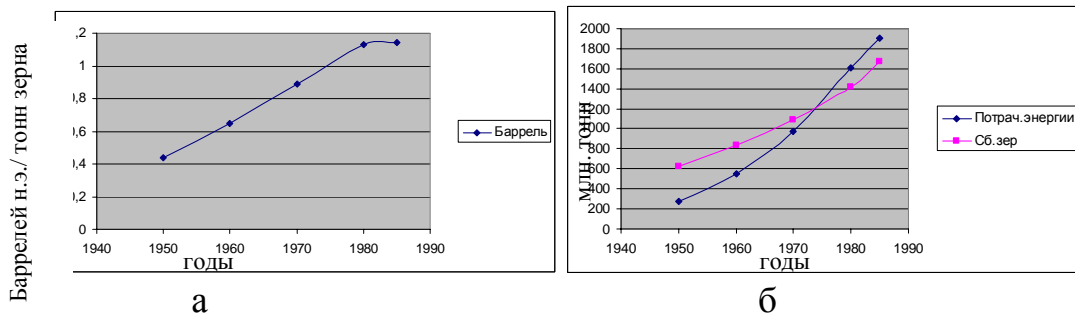


Рис. 4. Динамика изменения затрат энергии на производство продукции растениеводства: а – удельный расход энергии на производство 1 т зерна, баррелей нефтяного эквивалента (н.э.); б – затраты энергии в млн. баррелей нефтяного эквивалента и сбор урожая зерна, в млн. т.

Поэтому целесообразно усреднено определять уровень конверсии энергии солнца в продовольствии, в виде уравнения, включающего время вегетации T , в сутках.

$$\bar{W}_{iga} = \frac{G_i C_i}{T}, \text{ ГДж/га} \cdot \text{сутки}$$

По величине БЭК можно определить потребность в антропогенной энергии при производстве i продукции. Энергетической оценкой i технологии может быть коэффициент v_i – энергозатраты на единицу массы произведенной продукции. Для производства G_i массы продукта (тон) необходимо затратить $G_i v_i$ МДж антропогенной энергии.

Величина \bar{W}_i может обеспечить сравнение плодородия земельных участков по способности трансформировать природную и антропогенную энергию в энергию, содержащую v_i продовольствие. Чем выше значение БЭК $_i$ и \bar{W}_i тем выше плодородие земли. Во всяком случае при адекватной оценке коэффициента a_i для земельных участков, есть реальная возможность ранжирования плодородия земельных участков и использовать этот показатель в основе кадастровой оценки земли и уровня адаптации различных культур к ней. В тоже время по величине БЭК $_i$ можно сравнивать технологии возделывания с.-х. культур на данном участке, уровень затрат антропогенной энергии, прогнозировать пути её экономии и выбора направления энергосбережения.

Эффективность использования современными технологиями потенциала биосферы БЭК на производство продукции разных культур составляет по: зерновым 2-6; кукурузе 1,5-2,5; гречихе 2,8-3; картофелю 1-2; сахарной свекле 2,2-4,3.

Тенденции развития систем земледелия показывают, что более прогрессивные технологии с точки зрения человечества являются ме-



нее эффективными с точки зрения использования потенциала биосферы.

Так, при использовании различных систем земледелия отношение заключенной в урожае, затраченной энергии к энергии полученной, следующее:

- подсечно-огневая в бассейне р. Конго 1/65;
- подсечно-огневая в Новой Гвинее 1/20;
- выращивание кукурузы с применением удобрений в Нигерии 1/10,5;
- выращивание кукурузы с применением удобрений и с использованием сельхозмашин в Филиппинах 1/5;
- производство кукурузы в США 1/2,5.

Более удобно пользоваться соотношением: $BЭK_i = \frac{a_i}{v_i}$.

Методологией определения коэффициентов a_i и v_i является важнейшей фундаментальной научной и практической задачей исследований в агропромышленном комплексе. Некоторую информацию о примерных значениях этих коэффициентов приведена в табл. 1. Для продуктов растениеводства это позиции 1-22, а для продуктов животноводства позиции 23-28 [21].

Всё приведенное выше касается только производства продовольствия и не связано с физиологическими потребностями человека и его продовольственной безопасности. Для обеспечения жизнедеятельности и здоровья человека необходим широкий выбор продовольствия, обеспечивающий сбалансированность элементами питания. Возникает вопрос, какое количество антропогенной энергии необходимо использовать для обеспечения питанием одного человека в день (при этом можно рассматривать потребность энергии на любое количество человек в день, месяц, год и т. д.).

В основу решения поставленной задачи положим нормативы потребления продуктов питания или содержание продовольственной корзины. Эти нормативные документы, как правило, содержатся в концепциях продовольственной безопасности каждой страны. Более того, они сегодня разрабатываются для регионов, областей, городов и даже сел. Обычно это таблицы, содержащие набор продовольствия и норму потребления в год (день) в кг/чел. Однако, нам необходимо их перевести в энергосодержание.

Оценим потребность антропогенной энергии для обеспечения питания одного человека. ФАО отмечает [13], что сегодня потребность человека в энергии (ккал) в день оценивается по Евросоюзу в 3400 ккал, в Восточной Европе в 3100, по Кавказу и средней Азии в 2750, по России в 3300, а всего по миру 2760 ккал.

Таблица 1 –
Энергосодержание, энергозатраты и БЭК при производстве основ-
ных с.х. продуктов., МДж/кг [12]

№	Сельскохозяйственный продукт	Энергоза- траты, МДж/кг	Кэ,МДж/ кг	БЭК	АЭК
				МДж/МДж	
1	<i>Зерновые</i>	3,52	11,36	3,23	0,30
2	Мягкая пшеница	2,71	11,74	4,33	0,231
3	Твердая пшеница	5,23	11,49	2,2	0,455
4	Рожь и тритикале	3,18	13,3	4,18	0,239
5	Ячмень	3,01	11,85	3,94	0,254
6	Овес	3,58	11,13	3,11	0,321
7	Кукуруза на зерно	5,89	11,11	1,89	0,529
8	Другие зерновые	2,63	12,1	4,59	0,218
9	<i>Масляничные</i>	5,8	15,12	2,61	0,383
10	Рапс	5,07	15,28	3,01	0,322
11	Подсолнечник	8,15	15,28	1,87	0,535
12	Другие полевые культуры	0,87	2,73	3,14	0,318
13	<i>Бобовые (соя)</i>	4,1	14	3,41	0,293
14	Картофель	1,62	2,74	1,69	0,592
15	Сахарная свекла	0,43	2,38	5,53	0,181
16	Овощи и фрукты	9,44	4,64	0,49	2,040
17	Томаты	8,2	0,81	0,1	10
18	Другие овощи	8,53	1,12	0,13	7,692
19	Яблоки и персиковые	1,3	1,7	1,31	0,763
20	<i>Цитрусовые</i>	4,22	1,18	0,28	3,571
21	Оливковые	2,62	36,81	2,92	0,346
22	Столовый виноград	5,26	2,85	0,54	1,852
23	Другие продукты	1,13	0,36	0,32	3,125
24	<i>Мясо</i>	37,78	7,18	0,19	5,263
25	Мясо говядины	65,87	5,75	0,09	11,111
26	Мясо свинины	35,86	8,43	0,24	4,167
27	Мясо птицы	24,83	5,65	0,23	4,848
28	Другие продукты живот- новодства	4,67	1,63	0,35	2,857
29	Молоко	4,91	2	0,41	2,439
30	Яйца		5,89	0,3	3,333



При этом необходимо предусмотреть долю продукции животноводства (в энергетическом эквиваленте) до 50 %.

Общее содержание энергии в дневном рационе питания можно оценить как:

$$\bar{W}_p = \sum \tilde{q}_i a_i, \text{ МДж/чел. с.}$$

где \tilde{q}_i – дневная норма потребления i продукта.

Суммарная потребность антропогенной энергии, обеспечивающее суточную норму потребления составит:

$$\bar{W}_A = \sum \tilde{q}_i b_i, \text{ МДж/чел.сутки}$$

Тогда биоэнергетический коэффициент системы технологий в аграрном секторе, обеспечивающих нормативное потребление продовольствия, будет выражаться так:

$$\bar{\text{БЭК}}_ч = \frac{\bar{W}_p}{\bar{W}_A} = \frac{\sum \tilde{q}_i a_i}{\sum \tilde{q}_i b_i}.$$

Системный биоэнергетический коэффициент $\bar{\text{БЭК}}_ч$ оценивает не технологии производства отдельных культур, а систему технологий, обеспечивающих аграрным сектором производства продовольствия. Однако нам необходимо преодолеть различие в представлении данных в системах продовольственной безопасности и в системах земледелия. Необходимо перевести по массе позиции продовольственной корзины в массу исходных с.-х. продуктов производимых в АПК: муку, хлебобулочные изделия, крупа – в зерно; сахар – в сахарную свеклу или другую культуру, (например в Бразилии и Кубе и др. странах в сахарный тростник), используемую для производства сахара; растительное масло – в подсолнух или другую используемую в данном регионе масленичную культуру; молоко, творог, сыр, сливочное масло, молочнокислые продукты и т.д. – в молоко; мясо, колбасу и другие мясопродукты – в живой вес животного (КРС, свиньи, птицы и т.д.). После такой трансформации содержания продовольственной корзины можно приступить к оценке системы технологий, обеспечивающей, продовольственную безопасность.

Проведем расчет типовой продовольственной корзины в форме суточной нормы потребления (без рыбы). В табл. 2 приведены результаты пересчета суточного объема элементов питания в энергию, необходимую на производство элементов питания. В результате имеем, что энергия в суточном объеме питания составляет 12,885 МДж (без учета рыбной продукции), а на производство этой продукции аграрный сектор затрагивает 19,978 МДж антропогенной энергии. Таким образом, современные технологии производства с.-х. продуктов обеспечивают $\bar{\text{БЭК}}_ч = 0,6450$ и требуется изыскать 19,978 МДж антропогенной энергии в каждые сутки на каждого жителя земли.



Таблица 2

Перерасчет суточной нормы потребления продовольствия по энергосодержанию

	Продукт	Суточная норма, кг. q_i	a_i , МДж/ кг	$q_i \cdot a_i$ МДж	v_i , МДж/ кг	$q_i \cdot v_i$, кг
1	Зерно	0,240	11,74	2,818	5,23	1,255
2	Подсолнечник	0,161	15,28	2,460	8,15	1,312
3	Картофель	0,27	2,74	0,740	1,62	0,434
4	Овощи, бахчевые	0,36	4,64	1,670	9,44	3,398
5	Фрукты, ягоды	0,26	1,7	0,442	1,3	0,338
6	Сахар	0,4375	2,38	1,043	0,43	0,188
7	Мясо	0,2	7,18	1,436	37,84	7,568
8	Молоко	0,9	2,0	1,800	4,91	4,419
9	Яйца	0,7	0,68	0,476	1,523	1,066
	Итого			12,885		19,978

Следовательно, продовольственная безопасность, обеспечиваемая современными технологиями производства с.х. культур и продуктов животноводства, непосредственно срастается с энергетической безопасностью, что несет угрозы выживания человечества по мере исчерпания антропогенных ресурсов.

Зависимость продовольственной безопасности от антропогенных энергетических ресурсов может быть снижена только путем поиска и разработки агротехнологий производства с.х. культур, обеспечивающих существенное увеличение БЭК до 5-10 в растениеводстве и повышение конверсии энергии корма в животноводстве.

Исходной энергетической базой производства продовольствия является растениеводство. Растениеводство обеспечивает напрямую производство продовольствия растительного происхождения, но косвенно, (путем обеспечения животноводства кормами) продуктами животного происхождения. Практически кормопроизводство (не кормоприготовление) неотрывно связано с растениеводством.

Следовательно для полного обеспечения человека в продовольствии, и факт с энергетической точки зрения. Пусть k (ранее мы его называли коэффициентом качества питания) – доля продуктов питания животного происхождения (в энергетическом эквиваленте). Тогда

$$W_R = (1 - k)W_c + kW_c,$$

где W_c – суточная норма энергии в продуктах питания для человека (2800-3400 ккал/день);

C_j – коэффициент энергетической эффективности кормов;



$(1-k)W_c$ – продукция растениеводства, напрямую поступающая в виде продовольствия (а энергетических величинах);

kW_c – продукция животноводства, производство которого требует обеспечение кормами растительного происхождения.

Для того, чтобы произвести продукцию животноводов в объеме KW_c , необходимо животных обеспечить растительным кормом в объеме

$$\frac{q_j \cdot a_j}{c_j},$$

где q_j – суточная норма потребления j продукта животноводства, кг;

a_j – энергосодержание суточной нормы потребления j продукта, животного происхождения, кДж/кг;

c_j – коэффициент энергетической эффективности корма при производстве j продукта животноводства.

Определим суммарную энергию продукции растение нормы потребления продовольствия человека (\bar{W}_p):

$$\left. \begin{aligned} \bar{W}_p &= \sum q_i \cdot a_i + \sum \frac{q_i \cdot a_j}{c_j} \\ \text{при условии:} \\ \sum q_i \cdot a_i &= (1 - K)W_c \\ \sum \frac{q_i \cdot a_j}{c_j} &= KW_c \end{aligned} \right\}$$

Это и есть математическая модель основного энергетического задания для отрасли растениеводства, связанное с физиологическими нормативами потребления продовольствия человека. А составляющие $\sum \frac{q_i \cdot a_j}{c_j}$ – задание для животноводства. «К» определяет количество питания, сбалансированность питания продуктами животноводства.

При производстве продуктов животноводства, оп данным исследователей [14,15]: для молока – 0,23 - 0,38; мясо говядины – 0,1 – 0,13; мясо свинины – 0,15 – 0,35; мясо птицы – 0,20 – 0,25; яиц – 0,25 – 0,31. Определим усредненный коэффициент энергетической эффективности корма для производства продуктов животноводства по нормативам (табл. 3). Для производства по типовым технологиям продуктов животноводства при уровне потребления продуктов животного происхождения $R = 0,3$ нам необходимо произвести 13,990 МДж продукции растениеводства, для производства продуктов животного содержащих 3,4487 МДж.



Таблица 3 –

Энергосодержание и энергозатраты на производство суточной нормы продовольствия одним человеком

	Продукты животного водства	Суточная норма, кг	Энергосод. продукт, МДж/кг	Коэф. испол. энергии корма C_i	Суточная норма потребляемой в энергии, МДж	Затраты антропогенной энергии на сут. норму. МДж
1	Говядина	0,07	5,73	0,12	0,4025	3,352
2	Свинина	0,04	8,43	0,30	0,3372	1,121
3	Птица	0,08	5,65	0,22	0,4520	2,05
4	Баранина	0,003				
5	Молоко	0,9	2	0,30	1,8	6,00
6	Яйцо	0,7	5,89	0,30	0,457	1,523
					3,4487	13,990

Таким образом при норме потребления человеком 3000 ккал в день, уровне качества $K = 0,3$ нам необходимо произвести на поле продукцию растениеводства, содержащее 5100-6300 ккал. энергии.

Цель и задачи статьи. Изложенное выше позволяет поставить следующие группы задач: целевые, методологические, научные.

Целевые задачи:

- Основной задачей энергосбережения в растениеводстве, является повышение БЭК при выращивании культур, поэтому оценка технологий должна производиться по этому параметру.
- Основной задачей энергосбережения в животноводстве, есть повышение энергетического коэффициента использования кормов. Соответственно оценка технологий производства продукции животноводства должна производиться как по коэффициенту C_j так и по БЭК_j (без учета энергии кормов).
- Основная задача определения норм питания человека – при выполнении всех условий физиологических потребностей человека минимизировать затраты антропогенной энергии на производство полной нормы суточного питания по q_i составляющим.
- Провести аудит трансформации энергии от поля до стола, вскрыть позиции потерь энергосодержания в продукте и уровень антропогенных затрат энергии в различных схемах (технологиях) переработки, транспортировки, торговой и домашней переработке производства.



Методологические задачи сводятся к разработке и усовершенствованию методик по определению:

- a_i – энергосодержания продукта;
- v_i – энергозатрат на производства продукта;
- энергетической эффективности использования кормов в животноводстве при производстве продукта животного происхождения;
- энергетической оценки продуктивности земли (полей), поиск путей использования этой информации для кадастровой оценки земли.

Научные задачи.

- Поисковые и фундаментальные работы, направленные на повышение БЭК_i при производстве различных культур.
- Поисковые и фундаментальные работы, направленные на повышение C_j и БЭК_i при производстве различных продуктов в секторе животноводства.
- Прогнозирование объема потреблений антропогенной энергии при росте качества питания до уровня среднеевропейских при использовании различных технологий производства с.-х. продуктов.
- Разработка методов кадастровой оценки земли, базирующаяся на энергетической оценке продуктивности полей.

Основная часть. Вернемся еще раз к рассмотрению противоречий в агроценозах основным законам существования биосферы. Особенно это важно в связи с увеличением территорий, используемых человечеством для своих нужд. Пашня и многолетние насаждения в составе сельскохозяйственных угодий планеты занимают около 1,3 млрд га (11% всей поверхности суши), сенокосы и пастбища — 3,7 млрд. га (23% поверхности суши). Общая площадь пригодных для пахоты земель оценивается экспертами в различных источниках — от 2,3 до 3,2 млрд га (т.е. от 18 до 24% от общей поверхности суши).

На этой территории человек воздействует на экосистемы, отторгая часть вещества и энергии в цикл обеспечения человека питанием, нарушая биотические круговороты, что неминуемо сказывается на состоянии окружающей среды. Как правило, она становится неблагоприятной не только для биосферы, но и для жизни человека. Однако вторичные биогеоценозы, возникающие на месте коренных в результате антропогенного воздействия, не всегда ущербны с точки зрения поддержания функций биотического круговорота. По мнению А.М. Алпатьева [16], для человека главное, чтобы живое вещество, независимо от того, какими формами оно представлено (например, коренным лесом или вторичным лугом), выполняло свои разнообразные функции так, чтобы среда обитания в данном месте оставалась благоприятной. Поэтому состояние природы можно оценивать, исходя из принципа экологической эквивалентности.

Из принципа экологической эквивалентности: следует что в антропогенно-измененных экосистемах геохимические круговороты должны быть эквивалентны циклам биогенных элементов естественных экосистем и выполнять те же средообразующие функции. К сожалению, практической и теоретической трансформации принципа экологической эквивалентности на современную аграрную деятельность мы практически не обнаруживаем.

Гармонические отношения человеческого общества с природой возможны только лишь при условии, если люди будут действовать в ней по ее законам, понимая уникальную ценность жизни и ориентируясь на устойчивое развитие биосферы. Пути адаптации агротехнологий к выполнению функций «живого вещества» и механизмов устойчивости биосферы вытекают из анализа функций «живого вещества» в естественной (геобиоценоз) и искусственной (агроценоз) среде. Прежде всего необходимо перестроить менталитет аграрной науки. Сегодня аграрной науке представлена рядом научных дисциплин, к сожалению, не всегда имеющих единую методологическую основу.

Проявляется ряд противоречий, не разрешимых в рамках отдельных дисциплин. В наукознании сегодня стало очевидным [17, 18], что ни в одной из известных отраслей нет прогресса без информационных технологий. Информационные технологии стали неким «обручем», который объединяет все науки и технологии. Информационные технологии стали принципиально новым с методологической точки зрения – они не добавились еще одним звеном к существующему ряду дисциплин, а объединили их, став их общей методологической базой. Все науки и научные дисциплины, обеспечивающие нужды аграрного сектора, сегодня должны быть объединены также другим обручем, обеспечивающим общую методологическую базу – наукой о «биосфере» (рис. 5). Такое преобразование, объединение наук и научных дисциплин носит название конвергенция наук и технологий и является сегодня технологией прорыва в будущее.



Рис. 5. Над отраслевые технологии: информационные и биосферные.

В настоящее время в западной научной литературе закрепился термин «конвергенция технологий» или «конвергентные технологии», под которым понимается широкий круг процессов – как конвергенция отдельных областей наук, так и непосредственно технологий. Следует отметить, что при этом высказываются две крайние точки зрения на существование самого процесса конвергенции:

- простая междисциплинарная конвергенция на основе горизонтального влияния нанотехнологии на другие технологии;
- появление полностью новых направлений науки и технологии, которые в будущем будут развиваться по своим собственным траекториям.

Пути «конвергенции агротехнологий» должна пройти и аграрная наука. Сегодня наметились ряд приемов переориентации технологий на биосферное русло: совместные и совмещенные посевы. Совмещенные посевы обеспечивают повышение БЭК. Положительное воздействие смешанных посевов сказывается на приросте урожая (рис.6, а) и приросте энергетического коэффициента (рис. 6, б).

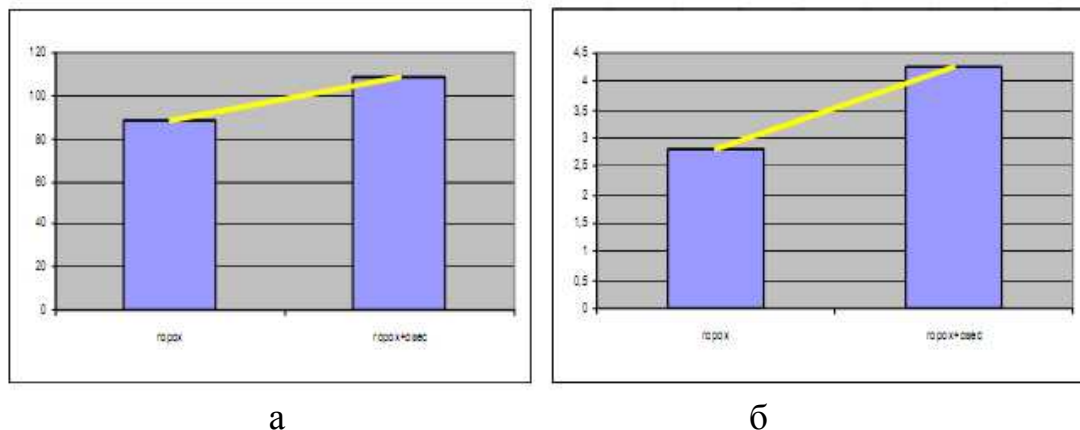


Рис. 6. Воздействие смешанных посевов на прирост: а – урожая; б – энергетического коэффициента.

Имеются многочисленные исследования совместных и совмещенных посевов овощных культур [19, 20]: получение двух-трех урожаев в год (эти исследования должны идти в направлении перекрытия времени посева или посадки последующей культуры и уборки урожая текущей культуры); насыщение сидератных посевов биоразнообразием; организация мульчирования поверхности поля; максимально возможное возвращение биологического урожая в почву; биологизация земледелия – обогащение почвы системой микроорганизмов; мониторинг видов растений и проектирование структуры биоразнообразия для сидератных посевов; использование геоботанических свойств растений как средообразователей; мониторинг круговорота основных элементов в экологических нишах.



Одним из магистральных направлений повышения эффективности растениеводства является возврат к биоразнообразию взамен монокультур. В 2012 году группа учёных (Ноорег и др.) провели исследование по методу мета-анализа по оценке влияния видового разнообразия на фундаментальные свойства любой экосистемы – производительности экосистемы и разложения органического вещества. Эти два процесса являются основой круговорота органических веществ в природе – продукция зеленых растений, которая является важнейшим показателем энергетической эффективности, связанным с производством экосистемой органического вещества, и обратный процесс – разложение органического вещества, в которой участвуют остальные члены сообщества. В процессе исследований производительности были использованы базы данных, содержащие результаты 574 отдельных экспериментов, а для оценки скорости деструкции в двух вариантах – изменение скорости деструкции с уменьшением числа видов – деструкторов, и изменение скорости деструкции опавших листьев в зависимости от разнообразия видов растений. Число наблюдений в каждой из баз - от нескольких сотен до нескольких тысяч. Результаты анализа результатов экспериментов приведены в [21]. Как мера оценки были использованы логарифмы отношения величины продукции или деструкции при заданном числе видов (Y_S) до той же величины при максимально возможном числе видов в сообществе данного типа (Y_{max}): $\ln(Y_S/Y_{max})$. Положительные значения этого показателя означают увеличение продукции или деструкции при снижении видового разнообразия, отрицательные – уменьшение. Для сравнения, чтобы оценить масштаб изменений, происходящих при уменьшении видового разнообразия сообществ, авторы приводят оценки воздействия на продукционный процесс других глобальных факторов. Для этого они использовали базы данных, содержащие результаты наблюдений и экспериментов по действию таких факторов, как изменение климата (в частности – засухи), увеличение концентрации углекислого газа, увеличение концентрации доступного для растений азота, фосфора и других биогенных элементов в воде и почве, увеличение кислотности среды и др. Данные включают результаты наблюдений и экспериментов в наземных, пресноводных и морских условиях.

Эти эксперименты показали, что умеренное (на 21-40%) снижение видового разнообразия приводит к уменьшению первичной продукции растений на 5-10%. Уменьшение видового разнообразия вдвое приводит к снижению первичной продукции экосистем в среднем на 13%. Высшие уровни (уменьшение разнообразия на 41-60% от исходного) по воздействию на продукционный процесс можно сопоставить с результатами действия таких глобальных факторов, как повышение кислотности или увеличение концентрации углекислого газа. Уста-



новлено, что продукционный процесс существенно зависит от видового разнообразия - с уменьшением числа видов в экосистеме производительность снижается. Данные мета-анализа накопленной человечеством информации убедительно показывают, что снижение производительности экосистемы за счет уменьшения биоразнообразия ведет к глобальным изменениям в биосфере – потеплению за счет увеличения содержания CO_2 в атмосфере, а также изменения химического состава атмосферы.

В связи с установленными новыми знаниями о роли биоразнообразия в биосферных процессах, особое внимание должно быть земледелию в зонах, где высокая выпашанность территории. Это полностью относится к Украине, где во многих областях степной зоны выпашанность превосходит 8% территории. Практически на этой территории уничтожено аборигенное биоразнообразие. И этот процесс не остался незамеченным природой. Природа уже адал реакцию на наши действия в земледелии. За последние 30-50 лет содержание гумуса в почвах с.-х. назначения утеряны по оптимистическим прогнозам, сократившись на 30%. Гумус является основным признаком состояния почвенной среды, основным показателем (табл. 4) средообразования. Почти все, если не все физические, химические, морфогенетические показатели зависят от показателя гумуса в почве [22].

Таблица 4 –

Корреляционные зависимости между запасами гумуса в почве и её другими показателями [22]

№ п/п	Показатели	Коэффициент корреляции
1	Морфо-генетические	0,89.....0,95
2	Химические	0,74.....0,97
3	Физико-химические	0,70.....0,98
4	Агрохимические	0,56.....0,97
5	Водные	0,51.....0,98
6	Физические	0,52.....0,97

Для проверки этой гипотезы мы обработали фактический материал из атласа почв Украины [23]. Мы далее пополняем банк данных первичных наблюдений «плотность- содержание гумуса». В результате нами получена регрессионная зависимость между плотностью почвы и содержанием гумуса (рис. 7). Линейной корреляции естественно нельзя ожидать, так как даже «чистый» гумус имеет вполне конкретную плотность. А вот коэффициент детерминации получен более чем высоким – ($\eta=-0,95$).

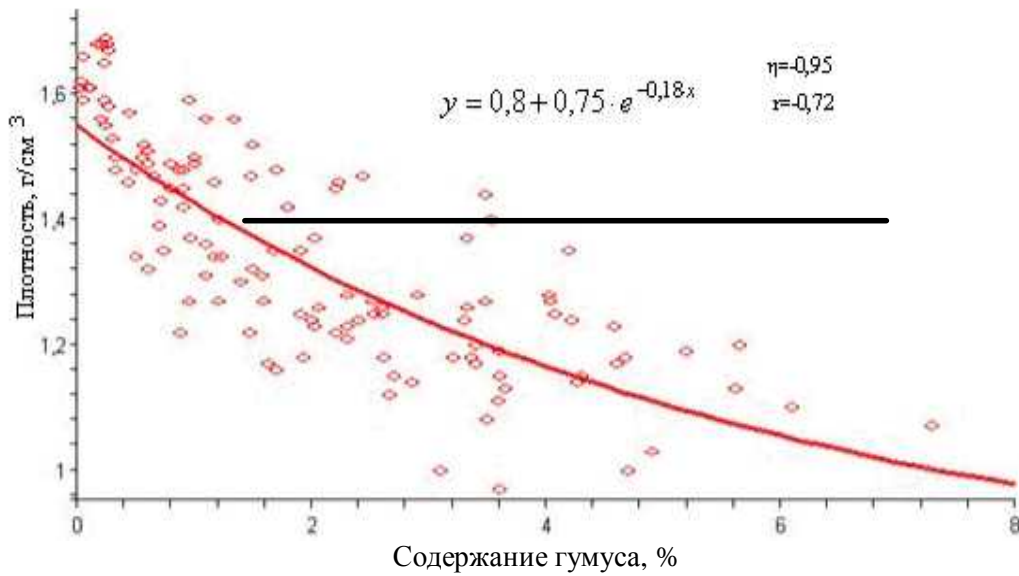


Рис. 7. Зависимость плотности почвы от содержания гумуса.

Эта тенденция и ранее обнаруживалась в исследованиях почвоведов, но почему то выпадала из поля зрения. Вот пример, приведенный Шиколой Н.К. по изменению содержания гумуса от плотности почв (рис. 8). Согласно его исследований, уменьшение содержания гумуса в почве ведет к пропорциональному увеличению её плотности. Следовательно снижение содержания гумуса и возрастание равновесной плотности – взаимосвязанные процессы [25].

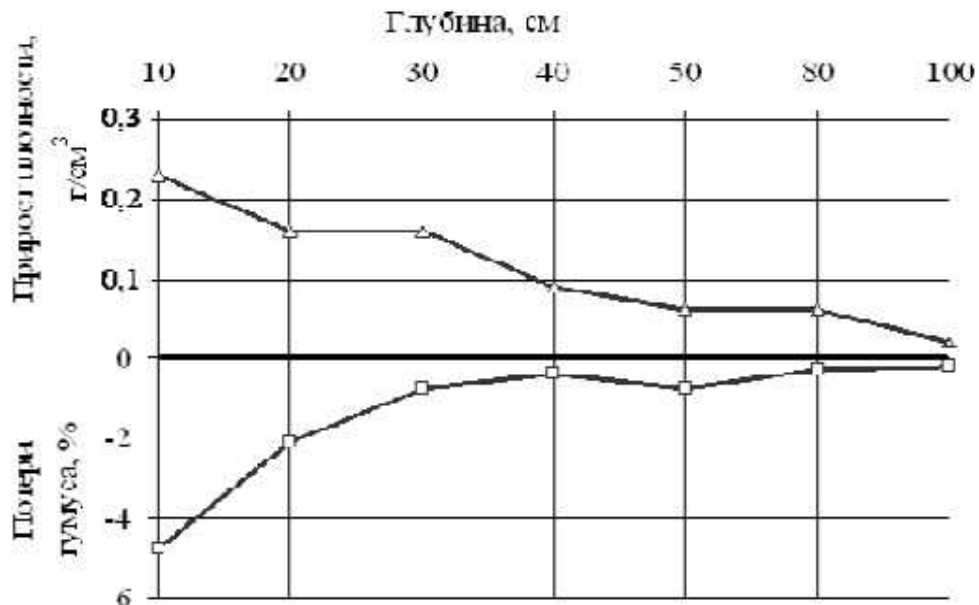


Рис. 8. Изменение свойств почв при длительном ее использовании.



Простое увеличение количества одинаковых почвообразующих минеральных частиц сопровождается линейным накоплением информации, повторением существующих в системе детерминированных связей. Присутствие органического вещества в почве способствует созданию агрегатов, новых по качеству структурных формирований. А это уже переход на новый качественный уровень, ведущий к прогрессивному увеличению информации, появлению новых связей и соответственно новых свойств, расширению функциональных возможностей почв.

По такому пути и шел весь исторический процесс почвообразования.

Однако потеря гумуса в почве, так сегодня прогрессирующая в почвах Украины, ведет к дезагрегатированию почв, к редукции информационных связей, установление системного равновесия на гораздо более низком уровне, т. е. потери почвенного плодородия.

В результате ухудшается водно-воздушный режим, равновесная плотность почвы в пахотном слое увеличивается, почва при вспашке приобретает глыбистость и требуется для разделки пашни применения дополнительных приемов разрушения глыб, дополнительных затрат энергоносителей.

Появляющиеся ухудшения фундаментальных свойств почвы приходится компенсировать возрастающими дозами удобрений, орошением, интенсивной обработкой почвы, которые лишь на некоторое время маскируют процесс деградации почв, т. е. нарушение воспроизводство их плодородия.

Наличие устойчивой связи между содержанием гумуса и плотностью почвы открывает совершенно другой путь и не только к построению системы обработки, но и к системам землепользования.

Так, почвы содержащие более 3,5-4% гумуса практически находятся в состоянии оптимальной плотности. Для таких почв равновесная и оптимальная плотность одинаковы. Системы земледелия, ведущие к потерям гумуса ведут к увеличению равновесной плотности со всеми вытекающими биосферными, экологическими, экономическими и др. последствиями. Утерев гумус эти почвы требуют интенсивного механического воздействия на них для приведения их в состояние оптимальной плотности.

И магистральный путь земледелия, основанного на биосферном мышлении – это развитие системы земледелия, позволяющих поднять содержание гумуса в почве до уровня 3,5-4 % и более. Только такие почвы мы можем называть «культурными», а наша задача заключается в разработке эффективных технологий «окультуривания» почв – технологий наращивания содержания гумуса в почвах.



Таким образом сегодня появилась возможность обоснования системы обработки почвы в зависимости от распределения содержания гумуса по глубине в пахотном и подпахотном горизонтах, дающего основы для разработки не только энергосберегающих приемов обработки почвы, но и поддержания устойчивости климата на земном шаре, так как ископаемый гумус (гумус, хранившейся тысячелетиями в почве) в результате потерь при выращивании с.х. культур (а сегодня почвы Украины потеряли миллиарды тон гумуса) пополняет атмосферу углекислым газом. Потери гумуса почвами ведет к прямому пополнению земной атмосферы углекислым газом, увеличивая парниковый эффект.

Установленное знание о роли биоразнообразия в производстве органического является фундаментальной основой будущих агротехнологий. Вот несколько основных недостатков монокультур в агротехнологиях:

- солнечная энергия используется только одним ярусом наземной массы растений;
- питательные вещества, биогенные элементы и вода также используется из одного яруса, в котором располагаются корни возделываемой культуры.
- корневая система монокультуры втягивает в кругооборот веществ органическое количество биогенных элементов.
- скудность биоразнообразия создаёт низкий уровень синергетической организации системы. Живое вещество в монокультуре менее устойчиво к изменениям окружающей среды.

Поликультуры лишены этих недостатков, причем от некоторых культур и не требуется получение продовольствия – они играют транспортирующую, энергетическую, концентрационную и особенно, средообразующую функции. Процессы самоорганизации таких систем гораздо более высокого уровня и системы более устойчива к внешним воздействиям.

Опыты посевов совместно нескольких культур на одном поле сегодня ведутся во многих странах мира. Результаты однозначные. Совместные посевы сегодня дают большой выход энергии урожая, чем одновидовое. Отметим следующие особенности многовидовых посевов:

- получение высоких урожаев двух культур (так посев кукурузы на зерно + картофеля дал высокий урожай: кукуруза на зерно – 60 ц/га, картофеля – 250 ц/га[26]);
- увеличение выхода энергии с одного гектара (совмещенные посевы козятника + кукурузы на корм дала 544 ГДж, вместо 485 ГДж на контроле)



- обеспечение поступления питательных веществ в почву наряду с высоким урожаем основной культуры (так смеси пшеницы + сборная - овсяница луговая дало 35-42 ц пшеницы, 145-214 ц зеленой массы, а запаханная биомасса обеспечила поступление в почву 67,5 кг азота; 30 кг фосфора; 188 кг калия и 45 кг кальция на 1 га, а на следующий год кукуруза на зерно на этом поле обеспечила прибавку урожая 8-14 ц/га [27]).

Двух и трех компонентные посевы (овес + подсолнечник + посев гороха) обеспечили снижение равновесной плотности на 0,015 г/см³ наряду с увеличением зеленой массы на 29,2 – 43,1% и снижении водопотребления с 57,0 м³/т до 49,3 м³/т (на 15 %), при этом наблюдалось увеличение качества урожая в злаково-гороховых посевах в 1,5-1,8 раза [28].

Также при использовании таких посевов увеличивается водопрочность агрегатов [29] и меньше требуется средств для защиты растений от вредителей и болезней [30].

Сложные ценозы по урожаю зеленой массы обеспечивают прибавку урожая 9 – 13% но, следует отметить важную особенность – по сбору перевариваемого протеина он выше в 1,8 – 2,0 раза [31].

Накопление зеленой массы в биомассе в 1,6 – 1,7 раза больше по сравнению с одновидовыми [32].

С увеличением компонентов в посевах имеется тенденция роста урожая. Урожай за 8 лет отдельных культур составляет до 10,6 т/га (житняк – 10,6т/га, эспарцет – 3,40т/га), совместный посев двух культур (житняк + донник) увеличил урожай до 13,26т/га и трехкомпонентный посев (житняк + эспарцет + донник) обеспечил урожай 14,83 т/га [33].

Посев многокомпонентных культур осуществляется по двум схемам:

- посев одновременно нескольких культур или подсев к основной культуре;
- посев культур несколькими рядами.

Первая схема называется в мировой практике как *mixingcropping*. Вторая схема носит название *Intercropping*.

С точки зрения механизации всех процессов возделывания представляет интерес система *Intercropping*. Но, при этом требуется определить эффективность количества рядов высеваемых культур. На рис. 9 приведены результаты повышения урожая в зависимости от количества рядков и количества культур [34].

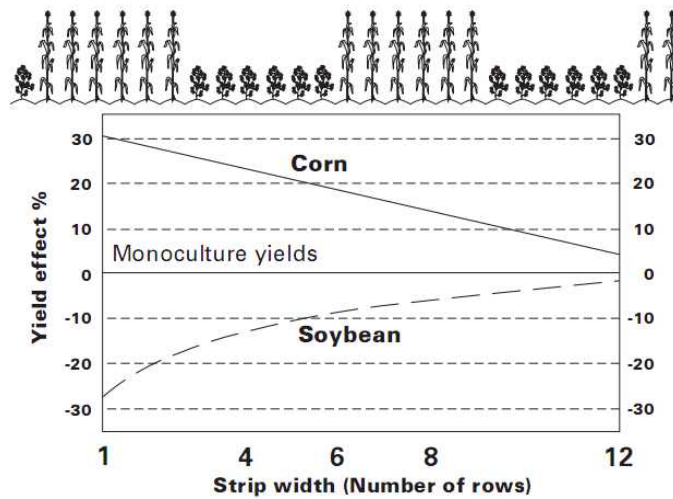


Fig. 2. Corn and soybean potential yield change with two-crop strip intercropping as strip width (number of rows) changes.

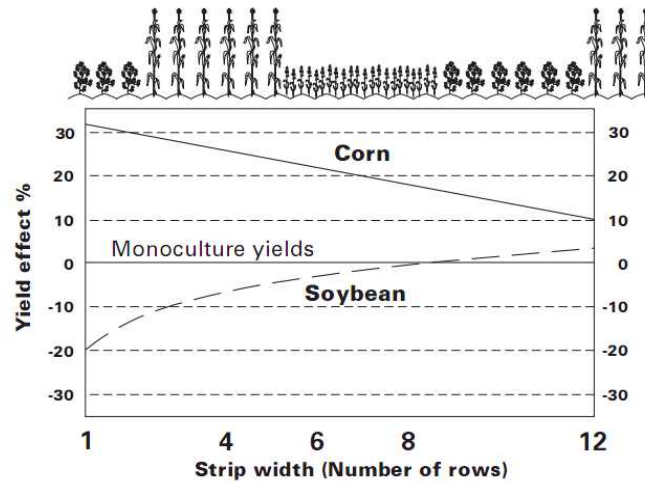


Figure 4. Corn soybean potential yield change with three-crop strip intercropping as strip width (number of rows) changes.

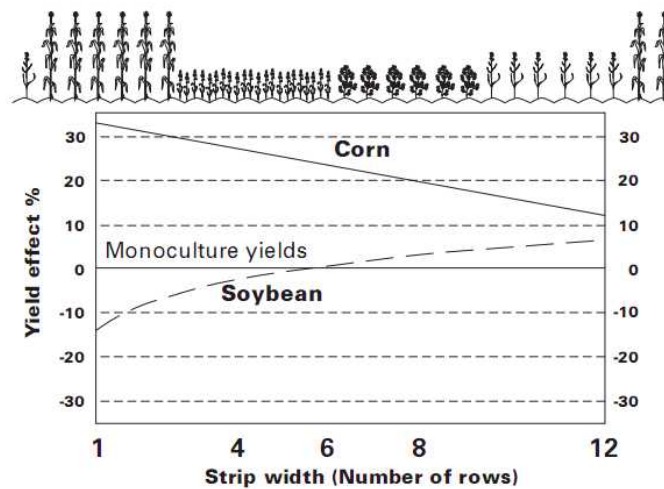


Figure 5. Corn soybean potential yield changes with four-crop strip intercropping as strip width (number of rows) changes.

Рис. 9. Посевы полосами 2, 3 и 4 видов культур.



Представляет интерес факт, что с ростом количества компонентов монокультурных культур, трех и четырех компонентные посевы, растут и урожайность каждой культуры. Но во всех экспериментах исследуются совместные посевы культурных растений. Однако есть и идеи использования не культурных растений (сорняков) в качестве расширения биоразнообразия на поле. Это так называемая *рифейская технология*. Девиз этой технологии – прекрасен союз с сорняками. Сущность рифейской технологии заключается в резком ограничении полос обрабатываемой площади (50 см) в сочетании с широкими необрабатываемыми междурядьями (полосами) – 100 см, на которых произрастают сорняки и многие виды лекарственных растений. Травостой с междурядной полосы периодически скашивается [35].

На наш взгляд будущее агротехнологий будет связано конструированием смесей культур, обеспечивающих эффективное выполнение всех функций живого вещества в агроценозах. При этом придется пересматривать идеологию разделения растений на «культурные» и сорные (сорняки). Открывается широкий фронт фундаментальных, поисковых и прикладных исследований, связанных с формированием эффективных агроценозов. Т.е. на окультуренных землях необходимо проведение агроприемов, обеспечивающих выполнение функций живого вещества, выполняемых ранее геобиоценозами на этой территории. Т.е. принцип «экологической эквивалентности» является основой развития будущих агротехнологий – технологий, адаптированных к биосфере.

Выводы. Концепция связывает общепринятые понятия – урожай, продовольственная корзина, нормы потребления с энергетическими понятиями: энергосодержание процента энергозатраты на производство продукта, биоэнергетический коэффициент, антропогенно-энергетический коэффициент, системный антропогенно-энергетический коэффициент, коэффициент энергетической эффективности корма, а так же коэффициент качества питания (доля продуктов животноводства в продовольственной корзине по энергосодержанию).

Вектор концепции: повышение эффективности трансформации солнечной энергии в продовольствии в условиях агроценозов за счёт:

- использования законов развития живого вещества в агроценозах в экологических нишах при их с.х. использовании (развитие биосферных основ земледелия при широком использовании принципа экологической эквивалентности);
- замены монокультурного земледелия на земледелие с биоразнообразной растительностью;



- рационального использования солнечной энергии растительным покровом агроценозов во время действия положительных температур почвы и воздуха.

По сути все три составляющие концепции едины и представляют собой концепцию перехода земледелия на биосферные основы. В концепции приведены все расчетные формулы, обеспечивающие энергетический аудит как агротехнологий, так продовольственной корзины и нормативов потребления продовольствия.

Литература

1. *Барцев С.И.* Корни биосферного кризиса: технология и психология. / *С.И. Барцев.* – Режим доступа: <http://modernproblems.org.ru/ecology/10-bartzev.html?showall=1>
2. Агроценозы и их роль в биосферных процессах. – Режим доступа: <http://agrokhimgrupp.ua/blog/zemledelie/464-agrocenozy-i-ih-rol-v-biosfernyh-processah.html>.
3. *Вернадский В.И.* Биосфера / *В.И. Вернадский*// Избр. Соч. Т. V. – М.: Агропромиздат. – 1960. – 436 с.
4. *Вернадский В.И.* Размышление натуралиста. Кн. 2: Научная мысль, как планетное явление / *В.И. Вернадский.* – М.: Агропромиздат. – 1977. – 489 с.
5. *Вернадский В.И.* Несколько слов о ноосфере / *В.И. Вернадский*// Тр. биогеохим. лаборатории. – Т. 16. – М.: Ин-т геодезии и картографии. – 1980. – С. 164 – 182.
6. *Вернадский В.И.* Биосфера и ноосфера// Б-ка трудов акад. В.И. Вернадского. Живое вещество и биосфера. – М.: Агропромиздат. – 1994. – 468 с.
7. Биосферный уровень жизни. – Режим доступа: <http://school-collection.edu.ru/catalog/rubr/e49d5e33-1caf-4faf-89d0-45e7e83716b8/86663/>
8. Роль микроорганизмов в круговороте основных элементов биосферы. – Режим доступа: <http://b-energy.ru/biblioteka/46-biogeografiya-s-osnovami-ekologii/175-rol-organizmov-v-krugovorote-elementov-v-biosfere.html>
9. Актинометрические данные как основа для оценки ресурсов солнечной энергии. – Режим доступа: http://gis-vie.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=92:-1-&catid=40:2012-01-21-12-42-25&Itemid=75
10. Энергетическая эффективность сельскохозяйственного производства и факторы, её определяющие. Режим доступа: <http://modernproblems.org.ru/ecology/10-bartzev.html?showall=1>



11. Energy Use in Agriculture. A modeling Approach to Evaluate Energy Reduction Policies/ Paper prepared for presentation at the 107 EAAE Seminar. – Sevilla. – Spain,2008. – 259 с.
12. Energy Use in Agriculture. A modeling Approach to Evaluate Energy Reduction Policies. Paper prepared for presentation at the 107th EAAE Seminar “Modelling of Agricultural and Rural Development Policies”. Sevilla, Spain, January 29th –February 1st, 2008. – 246.
13. Материалы региональной конференции ФАО для Европы. Баку, Азербайджан, 19-20 апреля 2012 п.7 повестки дня. Меры политики по обеспечению продовольственной безопасности в регионе: проблемы и перспективы –продовольственный прогноз до 2050 г. – Баку, 2012. – 32 с.
14. *Тагиров Х.Х.* Конверсия энергии кормов в энергию пищевых продуктов в скотоводстве / *Х.Х. Тагиров* // Вестник Оренбургского государственного университета. – № 2. – 2003. С.82 – 83.
15. *Суханова С.Ф., Малахов А.Г., Курганский Г.С.* Энергетический обмен и конверсия питательных веществ в организме молодняка гусей, потребление различные формы сена/ *С.Ф. Суханова, А.Г. Малахов, Г.С. Курганский* // Аграрный вестник Урала. –№7(73). – 2012. – С. 41 – 42. – Режим доступа: [www/viktoriy.ru/page010.2072011](http://www.viktoriy.ru/page010.2072011).
16. *Алпатьев А.М.* О принципиальных основах охраны природы Земли / *А.М. Алпатьев* // Вопросы охраны природы и рационального использования природных ресурсов. – Л.: Лениздат. – 1998. – 151с.
17. Глобальные тенденции в научно-технологическом развитии. – Режим доступа: http://gis-vie.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=92:-1-&catid=40:2012-01-21-12-42-25&Itemid=75
18. *Ковальчук М.В.* Конвергенция наук и технологий – прорыв в будущее / *М.В. Ковальчук*// Российские технологии. – №1 – 2. – 2011. – Москва. – С. 12 – 21.
19. Совмещенные посевы. – Режим доступа: <http://www.ya-fermer.ru/sovmeshchyonnye-posevy>.
20. Что с чем можно совмещать при уплотненных посевах в огороде. – Режим доступа: <http://sadimvmeste.ru/ogorod/31-chto-s-chem-mozhno-sovmeshhat-pri-uplotnennykh-posadkakh-na-ogorode.html>
21. A global synthesis reveals biodiversity loss as a major driver of ecosystem change /*David U. Hooper, E. Carol Adair, Bradley J. Cardinale, Jarrett E. K. Byrnes, Bruce A. Hungate, Kristin L. Matulich, Andrew Gonzalez, J. Emmett Duffy, Lars Gamfeldt, Mary I. O’Connor*// Nature. –2012. V. 486. P. 105–109.
22. *Таранов И.В.* Совмещенные посевы кукурузы на зерно и картофеля в условиях Волгоградского Заволжья: автореф. диссертации кан-



- дидата сельскохозяйственных наук *И.В. Таранов*, Волгоград, 2003. – 22 с.
23. Атлас почв Украинской ССР. К.: Урожай. – 1979. – 159 с.
 24. Почвоведение. Типы почв, их география и использование / под ред. *В.А. Ковда, Б.Г. Розанов.* – М.: Высшая школа, 1988. – 368 с.
 25. *Кушнарев А.С., Погорельый В.В.* Методические предпосылки выбора способа обработки почвы / *А.С. Кушнарев, В.В. Погорельый* // Техника в АПК. – 2008. – № 1. – С. 17-21.
 26. *Шикула Н.К., Назаренко Г.В.* Минимальная обработка черноземов и воспроизводство их плодородия / *Н.К. Шикула, Г.В. Назаренко.* – М.: Агропромиздат, 1990. – 319 с.
 27. Почвоведение/ под ред. *В.А. Ковда, Б.Г. Розанов.* – М.: Высшая школа, 1988. – 368 с.
 28. *Чепрасов Иван Васильевич* Использование смешанных и поукосных посевов как фитомелиорантов для повышения плодородия почвы и продуктивности орошаемых кормовых культур в Заволжье: Дис. ... канд. с.-х. наук *Иван Васильевич Чепрасов*: 06.01.02, 06.01.09 : Саратов, 2004 150 с.
 29. *Рамерт Биргитта* Использование смешанных видов посевов: как управлять вредителями и заболеваниями/ *Биргитта Рамерт.* – Департамент наук экологии и растениеводства, Шведский университет сельскохозяйственных наук. – 2013. – 46 с.
 30. Effects of mixed cropping farming systems on changes in soil properties on the canterbury plains. / r.j. Haynes and g.s. Francis *maf Technology, Canterbury Agriculture and Science Centre, P.O. Box 24, Lincoln, Canterbury, New Zealand.* – 24 p.
 31. Сложные агроценозы и управление ими. – Режим доступа: https://translate.google.ru/?hl=ru&tab=wT#en/ru/ramert_mixed_species_pests_diseases.
 32. *Малахова Елена Ивановна* Азотфиксирующая активность и продуктивность совместных посевов вики с овсом при разных уровнях азотного питания: 06.01.09 *Малахова Елена Ивановна* Азотфиксирующая активность и продуктивность совместных посевов вики с овсом при разных уровнях азотного питания (в условиях Нечерноземной зоны) : дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.09 Москва, 2007 137 с.
 33. *Беляков А.М.* Структура посевных площадей, эффективность земледелия и восстановления кормовой базы животноводства области / *А.М. Беляков, В.И. Буянкин*// ГНУ НВ НИИСХ. – М.: Агропромиздат. – 1998. – 28 с.
 34. *Intercropping.* – Режим доступа: https://translate.google.ru/?hl=ru&tab=wT#en/ru/control_methods_cultural_practices_intercro



35. Рифейские технологии – "Прекрасен союз с сорняками!" – Режим доступа: http://forum.anastasia.ru/topic_29824.html.

ЕНЕРГЕТИЧНА КОНЦЕПЦІЯ РОЗВИТКУ СИСТЕМ ТЕХНОЛОГІЙ В ЗЕМЛЕРОБСТВІ

А.С. Кушнарєв, Т.С. Чорна

Анотація – сьогодні створенні людиною технологією можливо порівняти за силою свого впливу з стихіями природи. Необачне їх використання може привести до небезпеки для життя Людства змінам всієї біосфери в цілому. У даній публікації сформульовано основні цільові, методологічні та наукові задачі, що потребують вирішення в умовах представленої енергетичної концепції у землеробстві. Так основною задачею енергозбереження в рослинництві є підвищення біоенергетичного коефіцієнту при вирощуванні культур. Аналогічно й для тваринництва – підвищення енергетичного коефіцієнту використання кормів.

ENERGY DEVELOPMENT CONCEPT OF TECHNOLOGY IN AGRICULTURE

A. Kushnarev, T. Chorna

Summary

Today the technologies and equipment created by person became comparable in their impact with the forces of nature. Unreasonable use of them can lead to life-threatening changes for mankind in the entire biosphere. The most vulnerable is soil covering of the Earth, as a key component of all processes happening in the biosphere. The article presents an analysis of contradictions arising between mankind agrarian activity and soil properties that ensure stability of biosphere.



УДК 631.333.92

МОДЕЛЮВАННЯ ТРАЄКТОРІЇ РУХУ КОМПОСТУ ПІСЛЯ СХОДЖЕННЯ З ЛОПАТИ БАРАБАНА ПІД ЧАС РОЗПУШУВАННЯ БУРТІВ

Голуб Г.А., д.т.н.,

Павленко С.І., к.т.н.,

*Національний університет біоресурсів і природокористування
України*

Тел.: 067-56-28-927

Анотація – одним із важливих елементів технологічного процесу виробництва компостів є розпушування буртів. Тому, формалізація процесу механічного розпушування буртів є важливим фактором, як при експлуатації існуючих машин, так і при проектуванні нових. Наведено методику визначення траєкторії польоту компосту після сходження з лопаті робочого органу під час розпушування буртів. Розроблена розрахункова схема для визначення траєкторії польоту часток першої і останньої порції матеріалу. Встановлені залежності початкового кута метання та абсолютної швидкості вильоту частинок компосту по мірі збільшення радіуса завантаження лопаті компостом для випадку, коли частинка компосту розділяється на чотири рівних частинки. Показано, що перша частинка компосту буде сходити з лопаті при найменшій абсолютній швидкості вильоту за рахунок слабкого розгону частинки при русі по лопаті та при найбільшому куті метання. Для кожної послідуєчої частинки, яка має менше значення радіуса завантаження, абсолютна швидкість вильоту буде збільшуватися за рахунок розгону частинки при русі по лопаті, а кут метання буде зменшуватися. За допомогою імітаційної математичної моделі з прив'язкою до параметрів барабана змішувача-аератора буртів визначено траєкторію руху частинки компосту без її розділення на частинки (діаметр частинки 8,34 см) та при її розділенні на чотири рівних частинки. Приведено розрахунковий вираз для визначення загальної потужності, що витрачається робочим органом змішувача-аератора на процес розпушування компосту.

Ключові слова: компост, бурт, барабан, лопать, кінематичний показник.



Постановка проблеми. Ефективність функціонування аграрного виробництва визначається забезпеченням збалансованого кругообігу органічних матеріалів. Важливу роль у цьому процесі відіграють механізовані процеси виробництва компостів на основі гною, посліду та органічної сировини рослинного походження. У зв'язку з різноманітністю форм та фізико-механічних властивостей органічної сировини необхідно мати певні типи робочих органів змішувачів-аераторів для здійснення технологічних операцій компостування. Тому, формалізація процесів механічного впливу робочих органів на органічну сировину при компостуванні є важливим фактором як при експлуатації існуючих машин, так і при проектуванні нових. Технологічний процес розпушування компосту та подальшого формування компостного бурта ускладнений тим, що оброблюваний матеріал описується як дискретне середовище із неоднорідними та анізотропними фізико-механічними і реологічними властивостями. Це обумовлює необхідність комплексного вирішення задач, щодо створення механіко-технологічних основ процесу розпушування та механічної аерації компосту.

Аналіз результатів останніх досліджень. Основним конструктивним елементом змішувача-аератора буртів є барабан з лопатями. Під час роботи змішувач-аератор здійснює поступальний рух, а барабан, що обертається взаємодіє із забуртованим компостним матеріалом. Лопаті, врізаючись в структуру компостного матеріалу, відокремлюють певну його частину і одночасно змішують, розпушують, пересувають і перекидають в зону позаду барабана, формуючи новий бурт. Під час розпушування в зоні польоту відокремлених часток відбувається насичення суміші киснем і звітнення двоокису вуглецю, що утворився внаслідок мікробіологічних процесів. Розпушування буртів супроводжується зниженням температури компосту, звітненням вологи та інших газоподібних речовин [1].

Фізико-математичний опис процесу стиснення компосту із подальшим його руйнуванням є достатньо складним, оскільки компост є дискретним середовищем із неоднорідними та анізотропними фізико-механічними і реологічними властивостями. Проведені дослідження [2, 3, 4, 5, 6] напруженого стану компосту під дією робочих органів на даний час не призвели до отримання практичних результатів.

Теоретичному опису технологічного процесу змішування та механічної аерації компосту присвячено ряд наукових праць [7, 8, 9, 10]. Одержані залежності дають можливість прогнозувати результати роботи змішувача-аератора при зміні діаметра барабана, його колової швидкості та коефіцієнта завантаження. Розроблена також математична модель, яка включає систему залежностей ступеня зменшення бурта і коефіцієнта варіації змішування від коефіцієнта завантаження і

кінематичного показника режиму роботи змішувача-аератора [11, 12]. Широке коло питань щодо механіко-технологічних основ процесу компостування органічних матеріалів розглянуто також при дослідженні виробництва компостів для потреб грибівництва [13]. Отримані також залежності для визначення маси компосту на лопаті робочого органу змішувача-аератора під час розпушування буртів [14]. Однак існує потреба подальшого удосконалення існуючих закономірностей для визначення конструкційно-технологічних параметрів змішувачів-аераторів, які б дали змогу підвищити ефективність виробництва шляхом удосконалення і оновлення засобів механізації та обладнання, без використання якого неможливо досягти підвищення ефективності процесу компостування біомаси в системах органічного виробництва продукції.

Метою дослідження є визначення траєкторії польоту компосту після сходження з лопаті робочого органу під час розпушування буртів.

Результати досліджень. Для визначення траєкторії польоту компосту після сходження з лопаті робочого органу під час розпушування буртів скористаємося розрахунковою схемою (рис. 1).

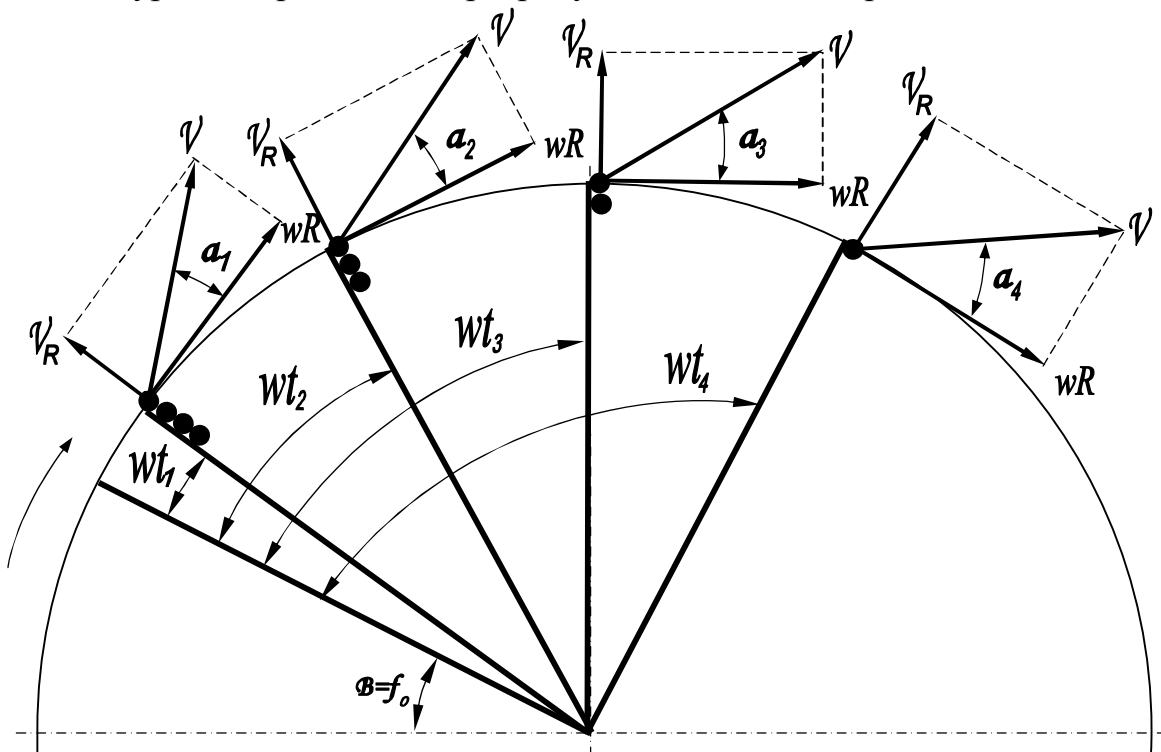


Рис. 1. Розрахункова схема для визначення траєкторії польоту часток першої і останньої порції матеріалу.

Порція компосту може не розділятися під час руху по лопаті та покидати її рухаючись по відповідній траєкторії. Однак більш ймовір-

но, що порція компосту на лопаті буде розділятися на окремі частинки, оскільки при радіальному русі по лопаті в компості мають місце розтягуючі зусилля, що діють на компост [15].

Загальновідомо, що порція компосту відривається від лопаті барабана із швидкістю $v = \sqrt{v_R^2 + (wR)^2}$ під кутом:

$$\alpha_i = \frac{\pi}{2} - \varphi_0 - wt + \arctg\left(\frac{v_R}{wR}\right), \quad (1)$$

Після відриву від лопаті на частинку компосту діють сила тяжіння та сила опору повітря. Для розрахунку траєкторії польоту частинки компосту скористаємося імітаційною математичною моделлю з прив'язкою до параметрів барабана змішувача-аератора буртів, яка враховує квадратичну залежність сила опору повітря від швидкості руху частинки [13].

На рис. 2 приведені залежності початкового кута метання та абсолютної швидкості вильоту частинок компосту по мірі збільшення радіуса завантаження лопаті компостом для випадку, коли частинка компосту розділяється на чотири рівних частинки. Із графіка видно, що перша частинка компосту буде сходити з лопаті при найменшій абсолютній швидкості вильоту за рахунок слабого розгону частинки при русі по лопаті та при найбільшому куті метання.

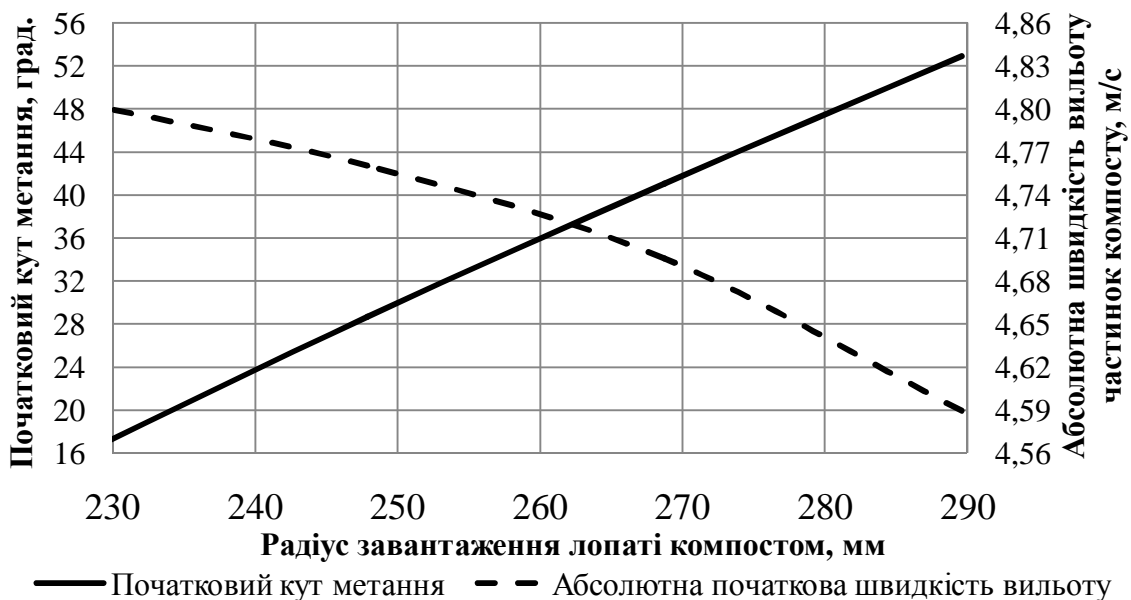


Рис. 2. Залежності початкового кута метання та абсолютної швидкості вильоту частинок компосту по мірі збільшення радіуса завантаження лопаті компостом для випадку, коли частинка компосту розділяється на чотири рівних частинки.

Для кожної послідуєчої частинки, яка має менше значення радіуса завантаження, абсолютна швидкість вильоту буде збільшуватися за рахунок розгону частинки при русі по лопаті, а кут метання буде зменшуватися.

Траєкторії руху частинки компосту без її розділення на частинки та при її розділенні на чотири рівних частинки приведені на рис. 3.

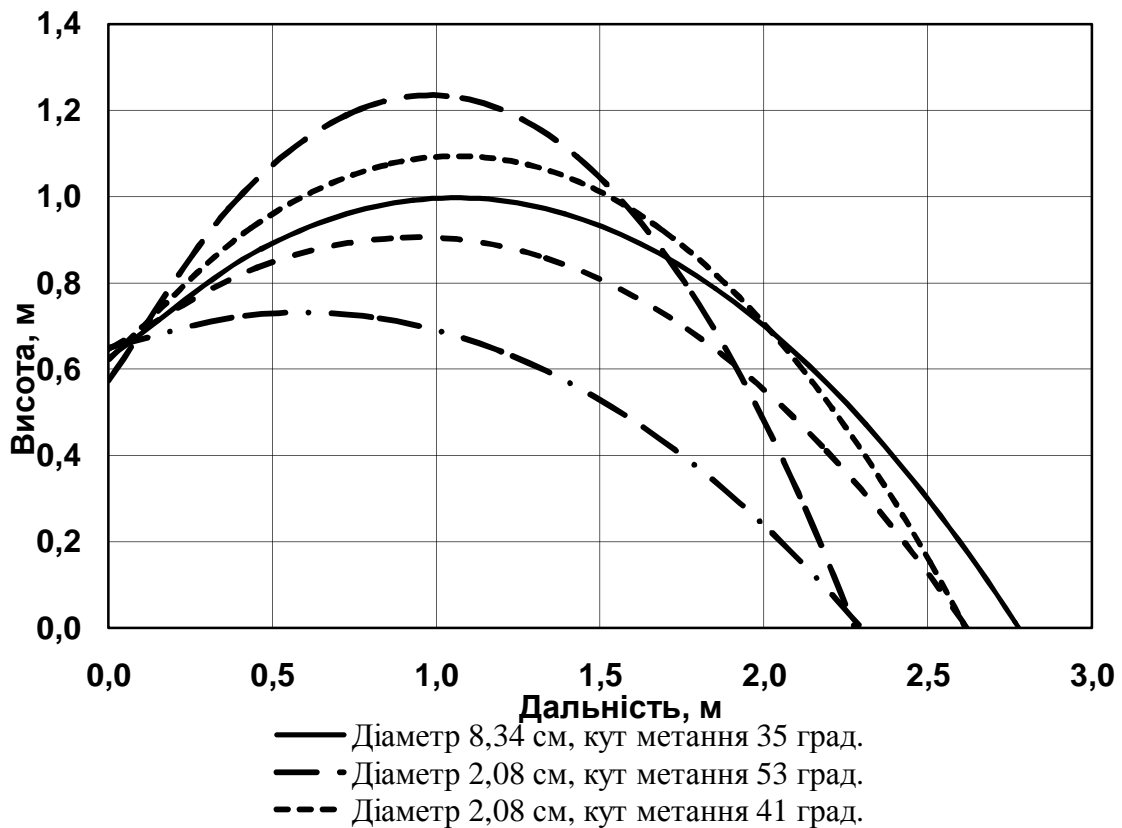


Рис. 3. Траєкторії руху частинки компосту без її розділення на частинки (діаметр частинки 8,34 см) та при її розділенні на чотири рівних частинки.

На основі проведеного аналізу можна стверджувати, що для управління висотою бурта необхідно змінювати кінематичні показники роботи барабана змішувача-аератора.

Загальна потужність, що витрачається робочим органом змішувача-аератора на процес розпушування компосту, становить:

$$P = nP_i = n\omega R \sum_{i=1}^n (F_{Bi} + F_{Pi}) = \quad (2)$$

$$= n\omega R [(C_0 + \sigma_n \operatorname{tg} \psi) hb + m(\omega^2 r(t) + fg + 2\omega \dot{r}(t) f + g \sin \alpha)]$$

де P – потужність розпушування компосту, Вт;

P_i – потужність розпушування компосту одною лопаттю, Вт;

n – кількість лопатей;



- ω – кутова швидкість обертання лопаті робочого органу, с^{-1} ;
 R – радіус барабана, м;
 $F_{\text{вi}}$ – сила опору відділення об'єму компосту на лопаті, Н;
 $F_{\text{пi}}$ – сила переміщення об'єму компосту на лопаті, Н;
 C_0 – коефіцієнт зчеплення компостної суміші, Па;
 σ_n – нормальне миттєве напруження опору компостної суміші, Па;
 ψ – кут внутрішнього тертя компостної суміші, рад.;
 h, b – ширина і висота об'єму компостної суміші на лопаті, м;
 m – маса частки компосту на лопаті, кг;
 $r(t)$ – радіус переміщення частки компосту, м;
 f – коефіцієнт тертя компосту об матеріал лопаті;
 $\dot{r}(t)$ – швидкість переміщення частки компосту по лопаті, м/с;
 g – прискорення сили тяжіння, м/с^2 .

Додавши до потужності розпушування компосту потужність, яка витрачається на здійснення поступального руху змішувача-аератора та потужність, яка витрачається обертання барабана на холостому ході отримаємо загальну потужність, необхідну для роботи змішувача-аератора. Однак ці дані необхідно встановлювати шляхом проведення експериментальних досліджень.

Висновок. Таким чином встановлено, що порція компосту на лопаті буде розділятися на окремі частинки, оскільки при радіальному русі по лопаті в компості мають місце розтягуючі зусилля, що діють на компост, при цьому перша частинка компосту буде сходити з лопаті при найменшій абсолютній швидкості вильоту за рахунок слабого розгону частинки при русі по лопаті та при найбільшому куті метання. Для кожної послідуєчої частинки, яка має менше значення радіуса завантаження, абсолютна швидкість вильоту буде збільшуватися за рахунок розгону частинки при русі по лопаті, а кут метання буде зменшуватися.

Розроблена розрахункова модель дозволяє управління висотою бурта шляхом зміни кінематичних показники роботи барабана змішувача-аератора.

Література

1. Дослідити закономірності впливу механіко-технологічних параметрів систем комплексної переробки органічних відходів тваринництва і рослинництва на ефективність процесу, якість органічних добрив і показники екологічної безпеки: звіт про НДР (заключ.) / Запорізький науково-дослідний центр з механізації тваринництва Національного наукового центру «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства» (ЗНДЦМТ); Керівник роботи А.О.



- Парієв.* – КП КВК 6591060; № держреєстрації 0111U004414. – Запоріжжя, 2015. – 291 с.
2. *Криволапов Максим Владимирович.* Совершенствование технологии производства компостов с обоснованием параметров рыхлителя буртов: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Криволапов Максим Владимирович. – Мичуринск-накоград РФ, 2011. – 181 с.
 3. *Павлов Павел Иванович.* Научно-технические решения проблемы ресурсосбережения при использовании навозопогрузчиков непрерывного действия: дис. ... д-ра. техн. наук: 05.20.01 / Павлов Павел Иванович. – М., 2003. – 444 с.
 4. *Петунов Сергей Васильевич.* Совершенствование технологии приготовления компоста из отходов животноводства и деревообработки: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Петунов Сергей Васильевич. – Улан-Удэ: РГБ, 2007. – 164 с.
 5. *Тиньгаев Анатолий Владимирович.* Управление использованием органических отходов в сельском хозяйстве на региональном уровне: дис. ... д-ра. техн. наук: 06.01.02 / Тиньгаев Анатолий Владимирович. – М., 2010. – 340 с.
 6. *Куденко Вячеслав Борисович.* Повышение эффективности технологии переработки навоза глубокой подстилки с обоснованием основных параметров аэратора: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Куденко Вячеслав Борисович. – Мичуринск, 2009. – 185 с.
 7. *Шевченко І.А., Ковязін О.С., Харитонов В.І.* Механіко-математична модель процесу розвантаження барабанного органу для змішування компостних матеріалів та механічної аерації. // Механізація, екологізація та конвертація біосировини у тваринництві. Зб. наук. праць Інституту механізації тваринництва УААН. – Запоріжжя: ІМТ УААН, 2008. – Вип.1. (5,6) 2010. - С. 248-265.
 8. *Шевченко І.А.* Обоснование внешнего радиуса барабана аэратора компостных смесей / И.А. Шевченко, А.С. Ковязин, В.И. Харитонов // Технічні системи і технології тваринництва: Вісник Харківського Національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка – Харків, 2013. – Вип. 132. – С. 292-296.
 9. *Шевченко І.А.* Теоретическое обоснование параметров аэратора компостных смесей / И.А. Шевченко, А.С. Ковязин, В.И. Харитонов, И.Г. Величко // Зб. наук. праць ІМТ НААН “Механізація, екологізація та конвертація біосировини у тваринництві”. – Вип. 2(10). – Запоріжжя: ІМТ НААН, 2012 – С. 92-109.
 10. *Шевченко І.А.* Теоретичний аналіз впливу конструктивних і розмірних параметрів робочих органів на продуктивність копостоготувальної машини / І.А. Шевченко, О.О. Ляшенко // Збірник наукових



- праць "Механізація, екологізація та конвертація біосировини у тваринництві" ІМТ УААН. – Запоріжжя, 2008. – №1 (1). – С. 3-11.
11. *Павленко С.І.* Математическая модель взаимодействия рабочих органов смесителя-аэратора с компостируемыми материалами / С.І. Павленко, А.А. Ляшенко, Н.Н. Науменко, В.А. Гуридова // Материалы Международной научно-технической конференции. Минск, 22-23 октября 2015 г. – Т. 1. – Минск: НПЦ НАН Белоруссии по механизации сельского хозяйства. – 2015. – С. 137-147.
 12. *Павленко С.І.* Теоретичні дослідження процесу взаємодії лопаті робочого органу аератора з гное-компостною сумішшю / С.І. Павленко // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. – Серія: Технічні науки. – Випуск № 3 (92). – Вінниця. – 2015. – С. 24-27.
 13. *Голуб Г.А.* Агропромислове виробництво їстівних грибів. Механіко-технологічні основи / Г.А. Голуб // Монографія. – Київ, Аграрна наука, 2007. – 332 с.
 14. *Голуб Г.А.* Визначення маси компосту на лопаті барабану під час розпушування буртів / Г.А. Голуб, С.І. Павленко // Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія "Механізація та автоматизація виробничих процесів". – Суми: СНАУ, 2016. – Вип. 10/1 (29). – 226. – С. 99-103.
 15. *Голуб Г.А.* Модель барабанно-пальцевого розпушувача компосту з нахилом пальців. – Механізація та електрифікація сільського господарства. – Глеваха, 2005. – Вип. 89. – 391 с. – С. 212-219.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАЕКТОРИИ ПОЛЕТА КОМПОСТА ПОСЛЕ СХОДА С ЛОПАСТИ БАРАБАНА ВО ВРЕМЯ РЫХЛЕНИЯ БУРТОВ

Г.А. Голуб, С.И. Павленко

Аннотація – одним из важных элементов технологического процесса производства компостов является рыхление буртов. Поэтому, формализация процесса механического рыхления буртов является важным фактором, как при эксплуатации существующих машин, так и при проектировании новых. Приведена методика определения траектории полета компоста после схода с лопасти рабочего органа при рыхлении буртов. Разработана расчетная схема для определения траектории полета частиц первой и последней порции материала. Установлены зависимости начального угла метания и абсолютной скорости вылета частиц компоста по мере увеличения радиуса загрузки лопасти компостом для случая, когда частица компоста разделяется на четыре равных



частицы. Показано, что первая частица компоста будет сходить с лопасти при меньшей абсолютной скорости вылета за счет слабого разгона частицы при движении по лопасти и при большом угле метания. Для каждой последующей частицы, которая имеет меньшее значение радиуса загрузки, абсолютная скорость вылета будет увеличиваться за счет разгона частицы при движении по лопасти, а угол метания будет уменьшаться. С помощью имитационной математической модели, с привязкой к параметрам барабана смесителя-аэратора буртов, определено траекторию движения частиц компоста без ее разделения на части (диаметр частицы 8,34 см) и при ее разделении на четыре равных частицы. Приведено расчетное выражение для определения общей мощности, расходуемой рабочим органом смесителя-аэратора на процесс рыхления компоста.

MODEL FLIGHT PATH OF COMPOST AFTER CLIMBING WITH THE BLADE DRUMS DURING LOOSENING THE COLLAR

G. Golub, S. Pavlenko

Summary

One of the important elements of the production process is compost loosening clamps. Formalization of mechanical loosening clamps are an important factor as the operation of existing machines and the design of new ones. The method of determining the flight path of compost after the descent of the blade during the working body loosening clamps. The design scheme for determining the flight path of the particles of the first and last portions of the material is developed. The dependences of the initial throwing angle and absolute speed flight compost particles with increasing load radius blades for compost when the compost particle is divided into four evenly sized particles. It is shown that the first compost particle will go with blades at least the absolute speed flight through low particle acceleration when driving on the blade and at the largest corner throwing. For each subsequent particle that has less load radius, the absolute rate of departure will increase due to particle acceleration when driving on the blade and throwing angle will decrease. Using a mathematical model simulation with reference to the parameters of the drum mixer-aerator clamps defined flight path compost particle without separation of the particles (diameter of 8.34 cm) and with its division into four evenly sized particles. Powered expression calculated to determine the total power consumed working body of the mixer-aerator in the process of loosening compost.



УДК 631.171.895

ЩОДО ОЦІНКИ ПОТЕНЦІЙНОЇ МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА ПІДПРИЄМСТВАХ МОЛОЧНОГО СКОТАРСТВА

Болтянський О.В., к.т.н.,

Болтянська Н.І., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел.: +38 (0619) 42-05-70, e-mail: natali.28@inbox.ru

Анотація - у статті дано оцінку потенційній можливості застосування ресурсозберігаючих технологій на підприємствах молочного скотарства.

Ключові слова: виробництво сільськогосподарської продукції, молочне скотарство, ефективне застосування ресурсозберігаючих технологій.

Постановка проблеми. Забезпечення стабілізації і стійкого розвитку аграрного сектора обумовлює необхідність дослідження теоретичних і методичних питань, пов'язаних з підвищенням ефективності тваринництва в умовах його функціонування, що склалися, а виробництва молока – особливо.

Одним з пріоритетних напрямів цільової державної програми з розвитку молочного скотарства виступає модернізація і технічне переозброєння виробництва, впровадження інтенсивних технологій утримання і доїння корів. 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, технологій і матеріалів; визначити напрями можливого використання нетрадиційних поновлюваних джерел енергії в тваринницькій галузі [1-3].

Головною причиною високої енергоємності процесів є низький технологічний і технічний рівень тваринницької галузі, використання малоефективних енерговитратних технологій. Масштаби використання досягнень науково-технічного прогресу в Україні значно відстають від використання аналогічних технологій в розвинених країнах світу.



Тому стоїть завдання пошуку нових технологічних підходів, які дозволяють понизити витрату електроенергії, палива і інших матеріальних ресурсів на виробництво тваринницької продукції [4-6].

Розглядаючи витрати енергії тільки у тваринницькій галузі сільськогосподарського 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 в тваринництві, значно зростає роль нетрадиційних (альтернативних) джерел поновлюваної енергії - водної, вітрової, сонячної, енергії біогазу [6,7].

Аналіз останніх досліджень. У роботах Жовтянського В, Куліка М., Стогнія Б. розглянуті загальні принципи енергозбереження і механізми реалізації політики енергозбереження. Грачева Л. і Маляренко В. займалися питаннями підвищення ефективності використання нетрадиційних джерел енергії у тваринницькому комплексі країни. Корчемний В., Федорей В. і Щербань М. приділяли увагу питанням енергозбереження в агропромисловому комплексі. Маляренко В. і Гальчак В. розглядали альтернативні джерела енергії і основи теплофізики будівель. Проте, на даний момент, залишається ще багато питань, що вимагають рішення.

Формулювання цілей статті. Дати оцінку потенційній можливості застосування ресурсозберігаючих технологій на підприємствах молочного скотарства.

Основна частина. Нині реформування підгалузі молочного скотарства припускає перехід від традиційних способів утримання худоби до сучасних ресурсозберігаючих, в основному безприв'язним способам. Враховуючи відмінності техніко-технологічного рівня підприємств молочного скотарства, застосування інновацій в галузі можна розділити на два типи:

- *інтенсивні ресурсозберігаючі технології;*
- *спрошені ресурсозберігаючі технології.*

Перші в основному призначені для підприємств високого рівня і ґрунтуються на безприв'язно-боксовому способі утримання корів із застосуванням високотехнологічного автоматизованого устаткування з програмним управлінням. Тваринницькі споруди для цієї технології будуються або за новим проектом, або на основі реконструкції і модернізації наявних молочних ферм. Другі ж найбільш пристосовані для підприємств середнього рівня і ґрунтуються на безприв'язному утриманні корів із застосуванням середньо - і низько-технологічного устаткування без автоматизації і комп'ютеризації. Як правило, в цьому випадку усі трудомісткі процеси на фермі механізовані. Худоба містить-



ся в модернізованих під цю технологію спорудах.

Потенційна можливість застосування нових технологій в господарстві залежить від безлічі чинників: розміру підприємства, прибутковості, спеціалізації, віддаленості від великих міст, періоду функціонування та ін. Наприклад, великі господарства, що входять в різні інтегровані формування, мають позитивний потенціал до застосування ресурсозберігаючих технологій інтенсивного типу, оскільки мають в порівнянні з дрібними підприємствами значний об'єм вільних фінансових ресурсів або їм легше притягнути інвестиції на основі економічно обґрунтованих бізнес-проектів. Господарства, розташовані поряд з великим містом, мають можливість легко і на вигідних умовах реалізувати свою продукцію за рахунок зниження транспортних витрат і оперативного управління. Господарства, створені або реорганізовані в сучасних умовах, особливо у рамках реалізації різних державних програм, також мають потенціал до інтенсивного типу ресурсозберігаючих технологій за рахунок фінансового забезпечення і підтримки інноваційних проектів з боку держави.

В той же час слід зазначити, що невеликі підприємства не прагнуть до реалізації інтенсивних технологій, оскільки можуть мати труднощі із збутом готової продукції, технічним забезпеченням вживаної технології, а також ряд інших проблем. Для них найбільш прийнятним сьогодні являється спрощений тип ресурсозберігаючих технологій. Крім того, господарства, де основна спеціалізація не відноситься до молочного напрямку, або що мають недостатній технічний потенціал цієї галузі, можуть взагалі не приділяти уваги агроіноваціям, а застосовувати традиційний тип прив'язного утримання з доїнням в молокопровід. Висока прибутковість від реалізації продукції інших галузей здебільшого перебиває усі витрати навіть при збитковому молочному скотарстві.

Отже, потенціал і, як наслідок, тенденції до застосування тих або інших інновацій залежать від безлічі взаємопов'язаних між собою чинників і умов. Негативні прояви деяких чинників компенсуються певними позитивними моментами або вимагають застосування організаційно-економічних важелів, що має на увазі побудову механізму ефективного застосування того або іншого типу ресурсозберігаючих технологій на основі чіткого уявлення про можливості конкретного сільськогосподарського підприємства (табл. 1).

Світовий і вітчизняний досвід розвитку молочного скотарства показує, що в основі застосування ресурсозберігаючих технологій лежить науковий і системний підходи, які припускають облік чинників і умов, що впливають на процес виробництва, їх взаємозв'язків. Відмітимо, що разом з усіма інноваційний технологічний процес є найважливішим складовим елементом, навколо якого будуються усі органі-



заційно-економічні взаємини на підприємстві.

Таблиця 1. Узагальнена характеристика підприємств по чинниках потенційної можливості застосування ресурсозберігаючих технологій

Позитивний прояв	Негативний прояв
<i>Приміське господарство</i>	
Низька собівартість доставки до споживача, оперативність реалізації, можливість рішення соціальних проблем працівників	Конкуренція з міськими ринками праці, дефіцит кадрів, низька мотивація праці, дороге житло
<i>Віддалене господарство</i>	
Відсутність конкуруючих ринків праці, можливості в підборі персоналу	Складнощі з реалізацією, висока собівартість доставки до споживача
<i>Велике господарство</i>	
Придбання техніки і устаткування за рахунок власних фінансів, можливості модернізації і будівництва ферм, висока окупність вкладених коштів та інвестиційна привабливість	Складність організаційно-економічної системи виробництва і управління
<i>Дрібне господарство</i>	
Проста організаційно-економічна система внутрішньогосподарських стосунків	Проблеми придбання сучасної техніки і устаткування
<i>Нове виробництво, створене інвестором або по держпрограмі</i>	
Обґрунтовані бізнес-плани з 100% фінансуванням, тільки сучасне устаткування	Необхідність адаптації внутрішньогосподарського організаційно-економічного механізму до параметрів нової технології і техніки, невідпрацьованість нормативної бази
<i>Господарства, що мають інші високододатні напрями</i>	
Можливість окупати збитки при дестабілізації зовнішніх чинників	Низький інтерес до молочного скотарства



Висновки. Потенціал і, як наслідок, тенденції до застосування тих або інших інновацій залежать від безлічі взаємопов'язаних між собою чинників і умов. Негативні прояви деяких чинників компенсуються певними позитивними моментами або вимагають застосування організаційно-економічних важелів, що має на увазі побудову механізму ефективного застосування того або іншого типу ресурсозберігаючих технологій на основі чіткого уявлення про можливості конкретного сільськогосподарського підприємства.

Література

1. Стратегия энергосбережения Украины: Аналитико-справочные материалы в 2-х томах: Общие основы энергосбережения. К: Академперіодика, 2006. Т1. – 510 с.
2. *Karol C.* Instalacja zgazowujaca osuszony osad sciekowy. / *C. Karol* // Motrol: Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa. – 2011. Vol. 13, A. – P.80-93.
3. *Дубровин В.О.* Обоснование параметров биотехнологического процесса компостирования подстилочного гноя и оборудование для его реализации. / *В.О. Дубровин* // Motrol: Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa. – 2010. Vol. 12, B -P.27-34.
4. *Болтянская Н.И.* Пути развития отрасли свиноводства и повышение конкурентоспособности ее продукции / *Н.И.Болтянская* // Motrol: Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa. – 2012. Vol.14. №3, b. – P.164-175.
5. *Грачева Л.И.* Повышение эффективности использования нетрадиционных источников энергии в животноводческом комплексе страны / *Л.И. Грачева, Н.В. Брагинец, А.Н. Брагинец, С.Н. Брагинец* – Луганск: Элтон, 2008. – 652с.
6. *Макарец Н.Г.* Технология производства и переработки животноводческой продукции.– Калуга: «Манускрипт», 2005.
7. *Скляр О. Г.* Механізація технологічних процесів у тваринництві: навч. посібник / *О.Г.Скляр, Н.И.Болтянская*. – Мелітополь: Колор Принт, 2012. – 720 с.



**ОТНОСИТЕЛЬНО ОЦЕНКИ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ
ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ
РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ
НА ПРЕДПРИЯТИЯХ МОЛОЧНОГО СКОТОВОДСТВА**

О.В. Болтянский, Н.И. Болтянская

Аннотация—в статье дана оценка потенциальной возможности применения ресурсосберегающих технологий на предприятиях молочного скотоводства.

**IN RELATION TO ESTIMATION OF POTENTIAL
POSSIBILITY OF APPLICATION OF RESOURCE
TECHNOLOGIES ON ENTERPRISES
OF SUCKLING CATTLE BREEDING**

O. Boltyanskiy, N. Boltyanska

Summary

In the article an estimation is given to potential possibility of application of resource technologies on the enterprises of the suckling cattle breeding.



УДК 631.171.075.4

СИСТЕМА ЧИННИКІВ ЕФЕКТИВНОГО ЗАСТОСУВАННЯ РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ В МОЛОЧНОМУ СКОТАРСТВІ НА ПІДПРИЄМСТВІ

Болтянська Н.І., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел.: +38 (0619) 42-05-70, e-mail: natali.28@inbox.ru

Анотація - у статті наведено схему показників оцінки ефективності застосування ресурсозберігаючих технологій та визначено чинники ефективного застосування ресурсозберігаючих технологій в молочному скотарстві на підприємстві

Ключові слова: виробництво сільськогосподарської продукції, молочне скотарство, показник оцінки ефективності, ресурсозберігаючі технології.

Постановка проблеми. Головною причиною високої енергоємності процесів тваринницької галузі є низький технологічний і технічний рівень, використання малоефективних енерговитратних технологій. Масштаби використання досягнень науково-технічного прогресу в Україні значно відстають від використання аналогічних технологій в розвинених країнах світу. Тому стоїть завдання пошуку нових технологічних підходів, які дозволяють понизити витрату електроенергії, палива і інших матеріальних ресурсів на виробництво тваринницької продукції [1-3].

Розглядаючи витрати енергії тільки у тваринницькій галузі сільськогосподарського 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 в тваринництві, значно зростає роль нетрадиційних (альтернативних) джерел поновлюваної енергії - водної, вітрової, сонячної, енергії біогазу [4-6].

Одним з пріоритетних напрямів розвитку молочного скотарства виступає модернізація і технічне переозброєння виробництва, впровадження інтенсивних технологій утримання і доїння корів [7,8].

Аналіз останніх досліджень. Корчемний В., Федорей В. і Щербань М. приділяли увагу питанням енергозбереження в агропромисловому комплексі. Маляренко В. і Гальчак В. розглядали альтернативні



джерела енергії і основи теплофізики будівель. У роботах Жовтянського В, Куліка М. Стогнія Б. розглянуті загальні принципи енергозбереження і механізми реалізації політики енергозбереження. Грачева Л. і Маляренко В. займалися питаннями підвищення ефективності використання нетрадиційних джерел енергії в тваринницькому комплексі країни. Проте, на даний момент, залишається ще багато питань, що вимагають рішення.

Формулювання цілей статті. Дослідити систему чинників ефективного застосування ресурсозберігаючих технологій в молочному скотарстві на підприємстві та визначити систему принципів, що забезпечують ефективність застосування ресурсозберігаючих технологій в молочному скотарстві.

Основна частина. Для забезпечення раціонального використання наявних ресурсів і впровадження інноваційних ресурсозберігаючих технологій в господарствах галузі молочного тваринництва необхідно розробити організаційно-економічний механізм, що забезпечує створення необхідних умов для їх застосування. У наукових джерелах, присвячених розробці організаційно-економічного механізму, є різні визначення, які зрештою зводяться до головного, - це система стосунків, що виникає в процесі виробничої діяльності і представляє сукупність організаційних і економічних методів, регульованих правовими нормами, забезпечує створення необхідних умов реалізації інноваційних технологій в тваринництві [3].

У нашому випадку організаційна складова цього механізму представляє систему ланок виробничої структури, адаптовану до застосування інноваційних технологій в молочному тваринництві. Способи організації зв'язків між елементами організаційної структури повинні сприяти оптимальному розподілу трудових ресурсів з урахуванням вимог до продукції, що випускається, на зовнішньому і внутрішньому ринках, а також забезпечувати ефективне функціонування усієї виробничої системи на основі правових норм і нормативів, що регламентують технологічний процес.

Економічна складова є інтегрованою системою форм і методів планування, ціноутворення, управління виробництвом, збуту виробленої продукції, мотивації і стимулювання праці, обліку, контролю і аналізу функціонування виробництва, спрямовану на здійснення технічного переозброєння і впровадження інтенсивних ресурсозберігаючих технологій в молочному тваринництві.

При цьому застосування нових технологій на основі відповідного організаційно-економічного забезпечення усіх технологічних процесів припускає отримання певного ефекту, який може бути виражений не лише в підвищенні матеріального стану підприємства, але і в поліпшенні соціальних умов, організації праці, екологічній ситуації і

т. д. В результаті досліджень нами запропонована структурно-методична схема показників оцінки ефективності застосування ресурсозберігаючих технологій, що дозволяє комплексно визначити доцільність їх впровадження і подальшого використання, виявити "слабкі" місця і оперативно прийняти заходи для їх усунення (рис. 1).



Рис. 1. Система показників ефективності застосування ресурсозберігаючих технологій в молочному скотарстві.

Досягнення певного порогу ефективності і її подальше підвищення за допомогою правильної реалізації організаційно-економічного механізму використання інноваційних технологій в тваринництві - складний, багатогранний процес. Його забезпечення потребує комплексного розвитку системи умов і чинників сільськогосподарського виробництва, які за своєю природою дуже різноманітні і численні, взаємозв'язані і взаємообумовлені, змінюються в часі, впливають на явища і процеси і самі піддаються впливу в результаті соціально-економічного розвитку і науково-технічного прогресу.

В залежності від передбачуваних результатів господарської діяльності вони можуть носити як позитивний, так і негативний харак-



тер. Їх вивчення дозволяє правильно оцінити результати роботи, виявити і використовувати резерви зростання, економічного потенціалу підприємства, підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва. Умови і чинники, що позитивно впливають на результати господарської діяльності, дозволяють повніше виявити резерви збільшення економічного потенціалу, поліпшення його використання, стабільного економічного розвитку. Аналіз чинників, що негативно вплинули, попереджає їх виникнення, сприяє усуненню недоліків в роботі.

По характеру дії на виробничий процес умови і чинники поділяються на об'єктивні і суб'єктивні. До перших відносяться зміни ринкових цін на сировину, матеріали, паливо, продукцію, тарифів і ставок за послуги і тому подібне. До суб'єктивних можна віднести ефективність використання матеріальних і трудових ресурсів, матеріально-технічної бази, рівень економічної роботи на підприємстві та ін. Крім того, деякі чинники можна розділити на внутрішні, діючі у рамках структури підприємства, і зовнішні, багато в чому визначувані державною політикою і стратегічними напрямками розвитку країни.

Проведені нами дослідження показують, що кожен чинник і умова можуть складатися з ряду елементів, які, у свою чергу, можуть виступати як самостійні чинники більшою або меншою мірою дії на результати господарської, інвестиційної і фінансової діяльності.

Досліджувані чинників ефективного застосування сучасних технологій в тваринництві на рівні сільськогосподарського підприємства приведені на рис. 2-5.

Взаємодія біолого-зоотехнічних, техніко-технологічних, організаційних і економічних, соціально-психологічних умов і чинників нами розглядається як неодмінна умова розвитку виробництва.

З урахуванням тенденцій, що склалися, можна сформулювати систему принципів, що забезпечують ефективність застосування ресурсозберігаючих технологій в молочному скотарстві.

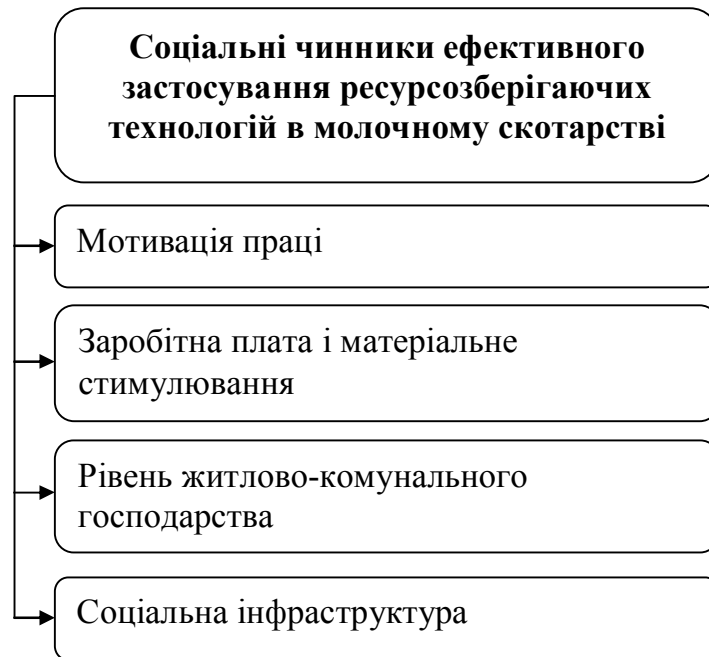


Рис. 2. Соціальні чинники ефективного застосування ресурсозберігаючих технологій в молочному скотарстві.

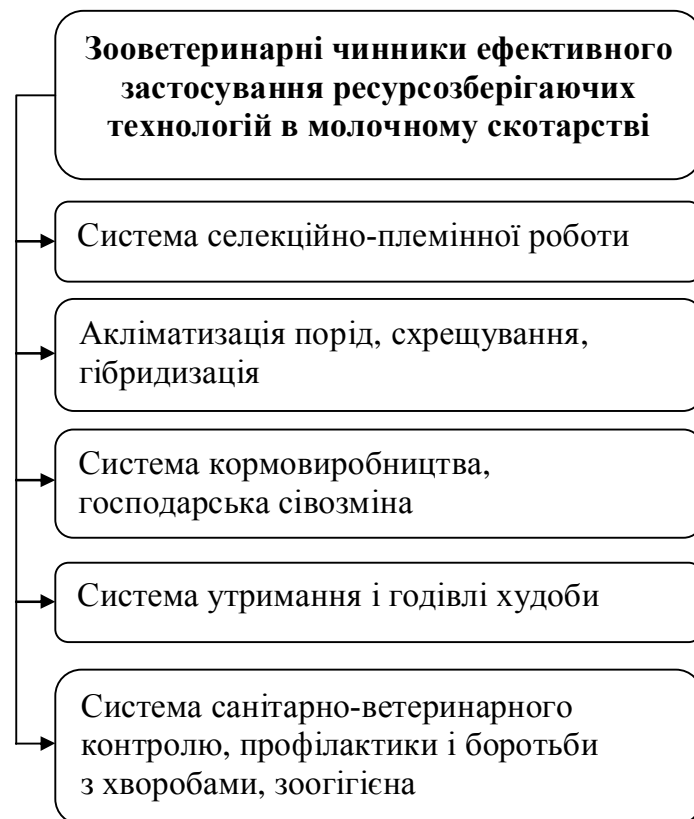


Рис. 3. Зооветеринарні чинники ефективного застосування ресурсозберігаючих технологій в молочному скотарстві.

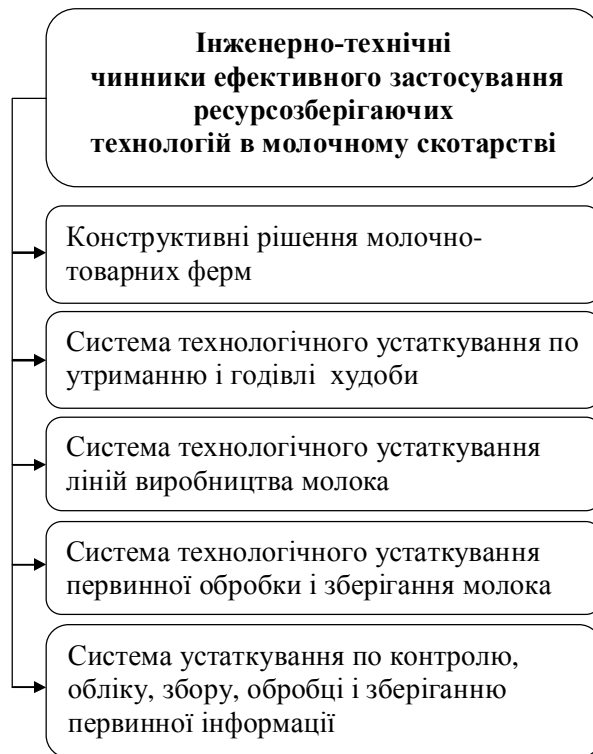


Рис. 4. Інженерно-технічні чинники ефективного застосування ресурсозберігаючих технологій в молочному скотарстві.



Рис. 5. Організаційно-економічні чинники ефективного застосування ресурсозберігаючих технологій в молочному скотарстві.



Так, залежно від того або іншого роду чинників і умов, категорії науково-методичних основ, що містяться в них, визначають ефективність інноваційних технологій, усі принципи можна структурувати по наступних основних групах:

економічні - система науково обґрунтованих положень, що стосуються раціоналізації внутрішньогосподарських економічних стосунків;

управлінські - система управлінських методів при організації і функціонуванні підрозділів підприємства, методи взаємодії з іншими підприємствами;

організаційні - методичні підходи до організації структури підрозділів, їх розміщення і т. д.;

технологічні - наукові основи технологічного процесу, його закономірності;

кліматичні - відповідність вживаної технології природно-кліматичним умовам;

соціальні - система соціального забезпечення і кадрова політика;

інноваційні - специфіка і особливості впровадження інновацій у галузі молочного тваринництва.

В цьому випадку залежно від того або іншого набору негативних і позитивних чинників в господарствах, про що говорилося вище, з метою досягнення найвищої ефективності галузі молочного тваринництва представляються наступні напрями вдосконалення організаційно-економічного механізму застосування сучасних технологій.

- Науковий супровід ресурсозберігаючих технологій, що впроваджуються.
- Вдосконалення нормативної бази і розцінок, адаптація їх до нових параметрів технології.
- Збільшення збуту за рахунок пошуку нових ринків або власної переробки молочної сировини.
- Зниження терміну окупності нової техніки і сучасного високопродуктивного устаткування шляхом підвищення ефективності виробництва молока.
- Рішення соціальних і кадрових проблем в усьому їх різноманітті.
- Вибір варіантів впровадження нових технологій на основі реконструкції і модернізації існуючих тваринницьких приміщень.

Висновки. Забезпечення підвищення ефективності застосування ресурсозберігаючих технологій в молочному скотарстві за допомогою правильної реалізації організаційно-економічного механізму використання інноваційних технологій в тваринництві потребує комплексного розвитку системи умов і чинників сільськогосподарського виробництва.



ва, які за своєю природою дуже різноманітні і численні, взаємозв'язані і взаємообумовлені, змінюються в часі, впливають на явища і процеси і самі піддаються впливу в результаті соціально-економічного розвитку і науково-технічного прогресу.

Визначено напрями вдосконалення організаційно-економічного механізму застосування сучасних технологій: науковий супровід впроваджуваних ресурсозберігаючих технологій; удосконалення нормативної бази і розцінок, адаптація їх до нових параметрів технології; збільшення збуту за рахунок пошуку нових ринків або власної переробки молочної сировини; зниження терміну окупності нової техніки і сучасного високопродуктивного устаткування шляхом підвищення ефективності виробництва молока; рішення соціальних і кадрових проблем в усьому їх різноманітті; вибір варіантів впровадження нових технологій на основі реконструкції і модернізації існуючих тваринницьких приміщень.

Література

1. *Karol C. Instalacja zgazowujaca osuszony osad sciekowy. / C. Karol // Motrol: Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa. – 2011. Vol. 13, A.-P.80-93.*
2. Стратегия энергосбережения Украины: Аналитико-справочные материалы в 2–х томах: Общие основы энергосбережения. К: Академперіодика, 2006. Т1. – 510 с.
3. *Артемова Е. И. Экономические аспекты инновационного развития животноводства: автореф. дис. д-ра эк. наук. / Е. И. Артемова. – Краснодар, 2008. – 45 с.*
4. *Болтянская Н.И. Пути развития отрасли свиноводства и повышение конкурентоспособности ее продукции / Н.И.Болтянская // Motrol: Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa. – 2012. Vol.14. No3, b.-P.164-175.*
5. *Грачева Л.И. Повышение эффективности использования нетрадиционных источников энергии в животноводческом комплексе страны / Л.И. Грачева, Н.В. Брагинец, А.Н. Брагинец, С.Н. Брагинец // - Луганск: Элтон, 2008. – 652с.*
6. *Макарецов Н.Г. Технология производства и переработки животноводческой продукции.-Калуга: «Манускрипт», 2005.*
7. *Скляр О. Г. Механізація технологічних процесів у тваринництві: навч. посібник /О.Г.Скляр, Н.І.Болтянська. – Мелітополь: Колор Принт, 2012. – 720 с.*
8. *Кожамуратов, Н. Ж. Эффективность производства продукции и снижение трудовых затрат в животноводстве / Н. Ж. Кожамуратов // Аграрная наука. - 2009. - № 11. - С. 20-22.*



**СИСТЕМА ФАКТОРОВ ЭФФЕКТИВНОГО
ПРИМЕНЕНИЯ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ
ТЕХНОЛОГИЙ В МОЛОЧНОМ СКОТОВОДСТВЕ
НА ПРЕДПРИЯТИИ**

Н.И. Болтянская

Аннотация – В статье приведена схема показателей оценки эффективности применения ресурсосберегающих технологий и определены факторы эффективного применения ресурсосберегающих технологий в молочном скотоводстве на предприятии.

**SYSTEM OF FACTORS OF EFFECTIVE APPLICATION
OF RESOURCE TECHNOLOGIES IN SUCKLING
CATTLE BREEDING ON ENTERPRISE**

N. Boltyanska

Summary

In the article a chart over of indexes of estimation of efficiency of application of resource technologies and identified factors of effective application of resource technologies is brought in the suckling cattle breeding on an enterprise.



УДК 631.363

ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ КОРМОРОЗДАВАЛЬНОГО АГРЕГАТУ

Дереза О.О., к.т.н.,

Болтянський Б.В., к.т.н.,

Дереза С.В., інженер

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-24-36

Анотація – у статті шляхом теоретичного дослідження складових технологічного часу роботи кормороздавального агрегату визначено його продуктивність в літній та зимовий періоди роботи.

Ключові слова: змішувач-кормороздавач, технологічний цикл, кормова суміш, продуктивність агрегату.

Постановка проблеми. Однією з основних тенденцій розвитку техніки для молочного і м'ясного скотарства являється розробка і виробництво різноманітних за конструктивним виконанням та функціональними можливостями машин для приготування і роздавання кормів. Це дає сільгоспвиробникам широкі можливості при комплектуванні оптимального складу парку техніки для ефективного годування тварин із урахуванням усіх особливостей кожного конкретного підприємства: розмір ферми, спеціалізація, рівень розвитку інфраструктури, рівень технічного оснащення, технологія годування, кормові раціони тощо.

Науковий інтерес представляє методологія оптимізації параметрів конкурентоспроможного техніко-технологічного забезпечення тваринництва [1], заснована на розвитку в часі, у взаємозв'язку з ростом продуктивності тварин, функціонально-якісного наповнення технологічного обладнання з урахуванням вимог виробника, споживача, працівника підприємства.

Аналіз останніх досліджень. Над удосконаленням конструктивних, технологічних і експлуатаційних параметрів робочих органів і кормороздавачів в цілому працювали М.В. Брагінець, І.І. Ревенко та багато інших вчених [2,3,4]. Метою їх досліджень було визначення оптимальних параметрів кормороздавачів, які забезпечували б вико-



нання технологічного процесу роздавання кормів при мінімально можливих енергетичних витратах.

Формулювання мети статті. Метою даних досліджень є обґрунтування експлуатаційно-технологічних параметрів кормороздавального агрегату.

Основна частина. Для визначення основних експлуатаційно-технологічних параметрів змішувача-кормороздавача необхідно розглянути весь технологічний цикл, що ним виконується.

Принципова схема підготовки і роздавання кормових сумішей кормовим агрегатом (змішувачем-кормороздавачем з трактором відповідного тягового класу) при роботі в літній та зимовий періоди приводиться на рисунку 1.

Зважаючи на те, що завантаження бункера змішувача-кормороздавача буде здійснюватись іншим завантажувачем без причіплення трактора, то згідно зі схемою технологічний час його роботи в літній період складе:

$$T_{л} = t_1 + \kappa_{ц} \sum_{i=2}^{i=8} t_i^{л} + t_{ун}, \quad (1)$$

де t_1 – тривалість переїзду агрегату від місця стоянки (базування) до місця роботи і назад;

$t_2^{л}$ – тривалість руху від місця роботи до поля;

$t_3^{л}$ – тривалість завантаження зеленими кормами;

$t_4^{л}$ – тривалість переїзду з поля до складу концкормів;

$t_5^{л}$ – тривалість завантаження концкормами та кормовими добавками;

$t_6^{л}$ – тривалість змішування компонентів;

$t_7^{л}$ – тривалість переїзду агрегату від складу концкормів до місця роздавання кормової суміші;

$t_8^{л}$ – тривалість роздавання кормової суміші;

$t_{ун}$ – тривалість усунення несправностей.

У зимовий період або при цілорічному однотипному годуванні тварин технологічний час складе:

$$T_{з} = t_1 + \kappa_{ц} \sum_{i=2}^{i=14} t_i + t_{ун}, \quad (2)$$

де t_2 – тривалість переїзду агрегату до сховища коренеплодів;

t_3 – тривалість завантаження коренеплодами;

t_4 – тривалість подрібнення коренеплодів;

t_5 – тривалість переїзду до сховища грубих кормів;

t_6 – тривалість завантаження грубими кормами;

t_7 – тривалість подрібнення грубих кормів та їх змішування з коренеплодами;



Рис. 1. Принципова схема приготування та роздавання кормових сумішей змішувачем-кормороздавачем.



t_8 – тривалість переїзду агрегату від складу грубих кормів до сховища силосу (сінажу);

t_9 – тривалість завантаження силосом (сінажом);

t_{11} – тривалість завантаження концкормами та кормовими добавками;

t_{12} – тривалість змішування компонентів;

t_{13} – тривалість переїзду агрегату від складу концкормів до місця роздавання кормової суміші;

t_{14} – тривалість роздавання кормової суміші.

Зважаючи на те що тривалість усунення несправностей обумовлюється зовнішніми факторами, то при розрахунку технологічних параметрів змішувача-кормороздавача воно може не враховуватись. Приймаючи до уваги, що швидкість переміщення порожнього і завантаженого змішувача-кормороздавача відрізняється незначно, визначимо складові технологічного часу:

$$t_1 = \frac{2L}{V_{mp}}, \quad (3) \quad t_2 = \frac{L_1}{V_{mp}}, \quad (4)$$

$$t_5 = \frac{L_2}{V_{mp}}, \quad (5) \quad t_8 = \frac{L_3}{V_{mp}}, \quad (6)$$

$$t_{10} = \frac{L_4}{V_{mp}}, \quad (7) \quad t_{13} = t_7^n = \frac{L_5}{V_{mp}} \quad (8)$$

При завантаженні агрегату в полі його переїзди будуть значно довшими від його переїздів по території ферми. Тому можна прийняти:

$$t_2^n = t_7^n = \frac{L_1^n}{V_{mp}}, \quad (9)$$

де L – відстань між місцем стоянки агрегату і фермою;

L_1 – відстань до сховища коренеплодів;

L_2 – відстань від сховища коренеплодів до сховища грубих кормів;

L_3 – відстань від сховища грубих кормів до сховища силосу (сінажу);

L_4 – відстань від сховища силосу (сінажу) до складу концкормів;

L_5 – відстань від складу концкормів до місця роздавання;

L_1^n – відстань до поля при завантаженні зеленими кормами;

V_{mp} – швидкість агрегату при транспортуванні кормів.

Тривалість завантаження змішувача-кормороздавача компонентами кормової суміші:

$$t_3 = \frac{m_{кор}}{Q_{3кор}}, \quad (10) \quad t_6 = \frac{m_{сп}}{Q_{3сп}} \quad (11)$$



$$t_9 = \frac{m_{\text{сил}}}{Q_{3\text{сил}}}, \quad (12)$$

$$t_{11} = t_5^{\text{л}} = \frac{m_{\text{конц}}}{Q_{3\text{конц}}}, \quad (13)$$

$$t_3^{\text{л}} = \frac{m_{\text{зел}}}{Q_{3\text{зел}}} \quad (14)$$

де $m_{\text{кор}}$, $m_{\text{гр}}$, $m_{\text{сил}}$, $m_{\text{конц}}$, $m_{\text{зел}}$ – маса відповідно коренеплодів, грубих, силосованих, концентрованих і зелених кормів, що змішуються за один цикл роботи агрегату;

$Q_{3\text{кор}}$, $Q_{3\text{гр}}$, $Q_{3\text{сил}}$, $Q_{3\text{конц}}$, $Q_{3\text{зел}}$ – продуктивність завантажувальних пристроїв відповідно коренеплодів, грубих, силосованих, концентрованих і зелених кормів.

Тривалість роздавання кормів:

$$t_8^{\text{л}} = t_{14} = \frac{n_{\text{тв}} \cdot l_{\text{год}}}{V_{\text{розд}}}, \quad (15)$$

де $n_{\text{тв}}$ – кількість тварин, які обслуговуються за один цикл роботи агрегату;

$l_{\text{год}}$ – фронт годування однієї тварини;

$V_{\text{розд}}$ – середня швидкість агрегату при роздаванні кормів.

Кількість тварин, які обслуговуються за один цикл роботи агрегату [5]:

$$n_{\text{тв}} = \frac{V_{\text{б}} \cdot \rho_{\text{сум}} \cdot \psi_{\text{б}} \cdot n_{\text{кр}}}{m_{\text{сум}}}, \quad (16)$$

де $V_{\text{б}}$ – об'єм бункера змішувача-кормороздавача, м³;

$\rho_{\text{сум}}$ – об'ємна щільність кормової суміші, кг/м³;

$\psi_{\text{б}}$ – коефіцієнт заповнення бункера;

$n_{\text{кр}}$ – кратність годування тварин за добу;

$m_{\text{сум}}$ – маса кормової суміші в бункері, кг.

Підставивши (16) в (15) отримаємо:

$$t_8^{\text{л}} = t_{14} = \frac{V_{\text{б}} \cdot \rho_{\text{сум}} \cdot \psi_{\text{б}} \cdot n_{\text{кр}} \cdot l_{\text{год}}}{m_{\text{сум}} \cdot V_{\text{р}}}, \quad (17)$$

Маса кормів, що роздаються за 1 цикл роботи агрегату:

- коренеплодів

$$m_{\text{кор}} = \frac{m_{\text{кор}}^{\text{доб}}}{m_{\text{сум}}^{\text{доб}}} \cdot V_{\text{б}} \cdot \rho_{\text{сум}} \cdot \psi_{\text{б}}, \quad (18)$$

- грубих кормів

$$m_{\text{гр}} = \frac{m_{\text{гр}}^{\text{доб}}}{m_{\text{сум}}^{\text{доб}}} \cdot V_{\text{б}} \cdot \rho_{\text{сум}} \cdot \psi_{\text{б}}, \quad (19)$$

- силосованих кормів



$$m_{\text{сил}} = \frac{m_{\text{сил}}^{\text{доб}}}{m_{\text{сум}}^{\text{доб}}} \cdot V_{\text{б}} \cdot \rho_{\text{сум}} \cdot \psi_{\text{б}}, \quad (20)$$

- концентрованих кормів

$$m_{\text{конц}} = \frac{m_{\text{конц}}^{\text{доб}}}{m_{\text{сум}}^{\text{доб}}} \cdot V_{\text{б}} \cdot \rho_{\text{сум}} \cdot \psi_{\text{б}}, \quad (21)$$

- зелених кормів

$$m_{\text{зел}} = \frac{m_{\text{зел}}^{\text{доб}}}{m_{\text{сум}}^{\text{доб}}} \cdot V_{\text{б}} \cdot \rho_{\text{сум}} \cdot \psi_{\text{б}}, \quad (22)$$

де $m_{\text{кор}}^{\text{доб}}$, $m_{\text{гр}}^{\text{доб}}$, $m_{\text{сил}}^{\text{доб}}$, $m_{\text{конц}}^{\text{доб}}$, $m_{\text{зел}}^{\text{доб}}$ – добова норма видачі на все поголів'я відповідно коренеплодів, грубих, силосованих, концентрованих і зелених кормів, кг;

$m_{\text{сум}}^{\text{доб}}$ – добова норма видачі кормової суміші на все поголів'я, кг.

Кількість повних циклів агрегату для роздавання добового раціону:

$$k_{\text{ц}} = \frac{Q_{\text{доб}}}{Q_{\text{ц}}} = \frac{M \cdot q_1}{V_{\text{б}} \cdot \rho_{\text{сум}} \cdot \psi_{\text{б}}}, \quad (23)$$

де $Q_{\text{доб}}$ – добова норма видачі кормів всім тваринам, кг;

$Q_{\text{ц}}$ – маса кормів, які перевозяться за один цикл, кг;

M – поголів'я тварин, яке утримується на фермі, гол;

q_1 – добова норма видачі кормів на одну голову, кг.

У зв'язку з тим, що змішувач-кормороздавач окрім транспортування і роздавання кормів може проводити подрібнення і змішування кормів в процесі переїздів, а також зважаючи на відстань між фермою та сховищами кормів, отримаємо

$$t_7^{\ddot{}} < t_6^{\ddot{}}, \quad t_5 < t_4, \quad t_8 < t_7, \quad t_{13} < t_{12}.$$

Отже при розрахунку загального технологічного часу значення $t_7^{\ddot{}}$, t_5 , t_8 , t_{13} можна умовно не враховувати.

Також враховуємо і ту умову, що влітку тривалість руху від місця роботи до поля ($t_2^{\text{л}}$) практично дорівнює тривалості переїзду з поля до складу концентрованих кормів ($t_4^{\text{л}}$).

Підставивши (10...22) у формули (1 і 2) та виконавши деякі перетворення, отримаємо:

$$T_{\text{л}} = \frac{2L}{V_{\text{тр}}} + \frac{n_{\text{тв}} \cdot m_{\text{сум}}}{V_{\text{б}} \cdot \rho_{\text{сум}} \cdot \psi_{\text{б}}} \cdot \left(\frac{2L}{V_{\text{тр}}} + \frac{m_{\text{зел}} \cdot V_{\text{б}} \cdot \rho_{\text{сум}} \cdot \psi_{\text{б}}}{m_{\text{сум}} \cdot Q_{\text{зел}}} + \frac{m_{\text{конц}} \cdot V_{\text{б}} \cdot \rho_{\text{сум}} \cdot \psi_{\text{б}}}{m_{\text{сум}} \cdot Q_{\text{конц}}} + t_6^{\text{л}} + \frac{V_{\text{б}} \cdot \rho_{\text{сум}} \cdot \psi_{\text{б}} \cdot l_{\text{год}} \cdot n_{\text{кр}}}{m_{\text{сум}} \cdot V_{\text{розд}}} \right). \quad (24)$$

$$T_3 = \frac{2L}{V_{mp}} + \frac{n_{mv} \cdot m_{сум}}{V_{\delta} \cdot \rho_{сум} \cdot \psi_{\delta}} \cdot \left(\frac{L_1}{V_{mp}} + \frac{m_{кор} \cdot V_{\delta} \cdot \rho_{сум} \cdot \psi_{\delta}}{m_{сум} \cdot Q_{3кор}} + t_4 + \right. \\ \left. + \frac{m_{зр} \cdot V_{\delta} \cdot \rho_{сум} \cdot \psi_{\delta}}{m_{сум} \cdot Q_{3зр}} + t_7 + \frac{m_{сил} \cdot V_{\delta} \cdot \rho_{сум} \cdot \psi_{\delta}}{m_{сум} \cdot Q_{3сил}} + \frac{L_4}{V_{mp}} + \right. \\ \left. + \frac{m_{конц} \cdot V_{\delta} \cdot \rho_{сум} \cdot \psi_{\delta}}{m_{сум} \cdot Q_{3конц}} + t_{12} + \frac{V_{\delta} \cdot \rho_{сум} \cdot \psi_{\delta} \cdot l_{зод} \cdot n_{кр}}{m_{сум} \cdot V_{розд}} \right). \quad (25)$$

Так як параметри агрегату при роботі влітку на зелених кормах і взимку на консервованих кормах незмінні і, крім цього, фізико-механічні властивості кормових сумішок, що отримуються незмінні, то можна прийняти $t_{3м} = t_6^л = t_{12}$.

Тривалість переїзду агрегату від місця стоянки до місця роботи в загальному балансі технологічного часу, як правило, не перевищує 1%. Тому співвідношенням $2L/V_{mp}$ можна знехтувати.

Зважаючи на вищевикладене, продуктивність агрегату в літній період складе:

$$Q_l = \frac{3,6}{\frac{1}{V_{\delta} \cdot \rho_{сум} \cdot \psi_{\delta}} \cdot \left(\frac{2L_1}{V_{mp}} + t_{3м} \right) + \frac{1}{m_{сум}} \cdot \left(\frac{m_{зел}}{Q_{3зел}} + \frac{m_{конц}}{Q_{3конц}} \right) + \frac{l_{зод} \cdot n_{кр}}{V_{розд} \cdot m_{сум}}} \quad (26)$$

Продуктивність агрегату в зимовий період:

$$Q_z = \frac{3,6}{\frac{1}{V_{\delta} \cdot \rho_{сум} \cdot \psi_{\delta}} \cdot \left(\frac{L_1 + L_4}{V_{mp}} + t_{подр} + t_{3м} \right) + \frac{1}{m_{сум}} \cdot \left(\frac{m_{кор}}{Q_{3кор}} + \frac{m_{зр}}{Q_{3зр}} + \frac{m_{сил}}{Q_{3сил}} + \frac{m_{конц}}{Q_{3конц}} + \frac{l_{зод} \cdot n_{кр}}{V_{розд} \cdot m_{сум}} \right)} \quad (27)$$

Висновки. Отримані аналітичним шляхом вирази дозволяють проаналізувати кількісні зв'язки між параметрами кормороздавачально-го агрегату і знайти їх раціональні значення стосовно конкретної тваринницької ферми.

Література

1. Шацький В. В. Методологія оптимізації параметрів конкурентоспроможного техніко - технологічного забезпечення тваринництва / Шацький В. В., Скляр О. Г., Мілько Д.О. // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету: Наукове фахове видання. Вип.10, Т. 5. - - Мелітополь: ТДАТУ, 2010 - С. 119-128.
2. Ревенко І.І. Роздавачі кормів для рогатої худоби / Ревенко І.І., Лісовенко Т.О., Хмельовський В.С., Ревенко Ю.І. - К.: ВПВ УкрІНТЕІ, 2009. - 200с.
3. Палкін Г.С. Сучасні мобільні кормороздавачі-змішувачі для годівлі худоби кормосумішками // Пропозиція. - 2004. - № 4. - С. 88-91.
4. Палкін Г.С. Технология и техника кормления высокопродуктивных коров // Техника и оборудование для села, 2007. - № 5. - С. 36-38.



5. Механізація виробництва продукції тваринництва / І.І. Ревенко, Г.М. Кукта, В.М. Манько та ін.; за ред. І.І. Ревенка – К.: Урожай, 1994. – 264 с.

**ОБОСНОВАНИЕ
ЭКСПЛУАТАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ПАРАМЕТРОВ КОРМОРАЗДАТОЧНОГО АГРЕГАТА**

Е.А.Дереза, Б.В.Болтянский, С.В.Дереза

Аннотация– в статье путем теоретического исследования составляющих технологического времени работы кормораздаточного агрегата определена его производительность в летний и зимний периоды работы.

**RATIONALE OPERATIONAL AND TECHNOLOGICAL
PARAMETERS FEED UNITS**

O. Dereza, B.Boltianskiy, S. Dereza

Summary

The article by theoretical research components of the process time of the feed unit defines its performance in the summer and winter periods of work.



УДК 631.363.2.636

МЕТОДОЛОГІЧНА БАЗА ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ КОМБІКОРМІВ В УМОВАХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВ

Болтянський Б.В.¹, к.т.н. ,

Бакарджиев Р.О.¹, к.т.н.,

Гвоздєв О.В.², к.т.н.

¹Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-05-70, (0619) 42-13-54

¹ПП Науково-виробнича компанія «Роста»

Анотація – робота присвячена методології досліджень технологічних процесів приготування комбікормів в умовах сільськогосподарських підприємств.

Ключові слова: методологія, технологічний процес, комбікорм, інтенсифікація, обладнання.

Постановка проблеми. Сталій розвиток тваринництва не можливий без розвитку ділянок (цехів) виробництва кормів в умовах господарств населення, де виробляється понад 50% валової продукції тваринництва [1]. Необхідно концентрувати виробництво продукції тваринництва в особистих селянських господарствах, що відповідає державній цільовій програмі розвитку українського села [2].

За допомогою більшості існуючих кормовиробничих машин задовільно вирішуються питання механізації приготування кормів, але не завжди це відповідає зоотехнічним, технологічним і технічним вимогам. Вони енергоємні, громіздкі, малопродуктивні і вимагають великих витрат праці та коштів. Тому спеціалісти господарств відчують величезні труднощі при виборі обладнання, відновлення або нової організації виробництва комбікормів.

У світлі сказаного очевидно: необхідні нові, нетрадиційні технології і процеси приготування кормів, що забезпечують істотне зростання ефективності кормовиробничого обладнання.

Таким чином, вчені вживають спроби вдосконалення технологічного процесу виробництва комбікормів у напрямку створення машин та обладнання, що використовують нові принципи й фактори, які суттєво впливають на якість комбікорму, підвищення продуктивності й



зниження енергоємності процесу.

Аналіз останніх досліджень. Задовольнити високим сучасним вимогам і реалізувати відзначені перспективні напрямки вдосконалення обладнання можуть лише нові типи машин, засновані на принципах дії, що якісно відрізняються від традиційних.

Одними з перспективних і добре зарекомендованих на практиці підходів до розробки сучасного обладнання є методи системності [3] та ідеалізації [4].

В основі побудови технологічних ліній сучасних переробних і комбікормових підприємств лежать особливості ідеального технологічного потоку В.А. Панфілова [3]. Пошук сучасних конструктивних і технологічних рішень окремих видів обладнання повинен ґрунтуватися на спеціальних моделях. При розробці обладнання для класифікації й сепарації сипучих матеріалів можна використовувати модель ідеального гравітаційного сепаратора Н.Е. Авдєєва [4]. При вдосконаленні конструкцій дробарок можна використовувати трьох елементну фізичну модель дробарки, запропоновану С.В. Мельниковим [5], або представити робочий процес дробарки як марковський процес «розмноження й загибелі» по В.Р. Альошкіну [6], або як модель пошарового дроблення, що розробив В.І. Сироватка [7]. При удосконаленні конструкцій дозаторів необхідно звернути увагу на використання гравітаційних сил та створення таких робочих органів, які будуть змінювати властивості сипучого матеріалу для вільного рівномірного витікання, наприклад, вільного витікання з обертового барабану [8]. Перспективним напрямком удосконалення конструкцій змішувачів є використання нових способів змішування, які забезпечують прогнозований перерозподіл інгредієнтів суміші при тонкошаровому або розрідженому стані змішуваних компонентів з використанням інерційних сил. Крім того, для забезпечення руху потоків, з метою економії енергетичних ресурсів, необхідно використовувати гравітаційні сили [8,9,10]. При вдосконаленні зволожувача комбікормів найбільш ефективно змішувати комбікорм з рідиною в падаючому потоці при дрібнодисперсному розпиленні рідини [11].

Все вищевикладене дозволяє зробити висновок: у технологічних процесах приготування комбікормів слід впроваджувати гравітаційні процеси та машини інерційного та відцентрово-ударного впливу їх на сипучі кормові матеріали. До того ж в даний час відсутні ефективні технології і технічні засоби, що інтенсифікують процес приготування концентратів для згодовування тваринам в умовах с.-г. підприємств.

Постановка задачі. Метою даної роботи є розробка методологічної бази досліджень і структурної схеми технологічного процесу приготування комбікормів в умовах сільськогосподарських підприємств з розробкою обладнання з інтенсифікуючими робочими органа-



ми на основі використання гравітаційного, інерційного та відцентрово-ударного впливу їх на сипучі кормові матеріали, а також етапи проектування обладнання.

Основна частина. Технологічний процес приготування комбікормів в господарствах повинен включати наступні основні операції: прийом сировини; очищення сировини від сторонніх домішок (сепарація); подрібнення зернової сировини; дозування окремих компонентів у відповідності з заданим рецептом; змішування; зволоження; облік і видача комбікормів.

Проблемність ситуації полягає в тому, що, з одного боку, в умовах сільськогосподарських підприємств необхідно займатися приготуванням комбікормів безпосередньо на місцях споживання з можливістю раціонального використання власного зернової сировини та покупних БВД з метою зниження собівартості, енергоємності і підвищення якості комбікорму, з іншого боку, існуючі знання про взаємозв'язки і закономірності функціонування окремих операцій технологічних процесів приготування комбікормів, наявна технічна база не дозволяють досягти перерахованих показників ефективності процесу, характерних для великих комбікормових підприємств. Вихід з цієї ситуації вбачається в суттєвій інтенсифікації основних техпроцесів приготування комбікормів в умовах с.-г. підприємств.

Специфіка процесу приготування комбікормів в умовах с.-г. підприємств дозволяє розглядати формалізовані взаємозв'язки процесу, що протікає в робочому просторі обладнання (для сепарації, подрібнення, дозування, змішування і зволоження), з урахуванням використання гравітаційного, інерційного та відцентрово-ударного впливу на сипучі корми (компоненти комбікормів) та їх фізико-механічних властивостей, а також вплив цих закономірностей на якісні показники готового комбікорму.

Методологічна база досліджень техпроцесів приготування комбікормів в умовах с.-г. підприємств є фундаментом багатоступеневої і багатоланкової структури, яка включає в себе створення робочих органів інтенсифікуючої дії, що забезпечують істотне підвищення якості комбікормів і значне зниження енергоємності процесу (рис. 1).

При виробництві комбікормової продукції (**КП**) на сільськогосподарському підприємстві виконується безліч технологічних операцій (**ТО**) з застосуванням безлічі технічних засобів (**ТЗ**), якому належить безліч фізичних процесів (**ФП**). Сукупність **ТО**, виконаних у визначеній послідовності із застосуванням певного набору **ТЗ** для заданого виду продукції являють собою ряд потоково-технологічних ліній (**ПТЛ**), що входять в технологічну систему підприємства (**ТхС**).

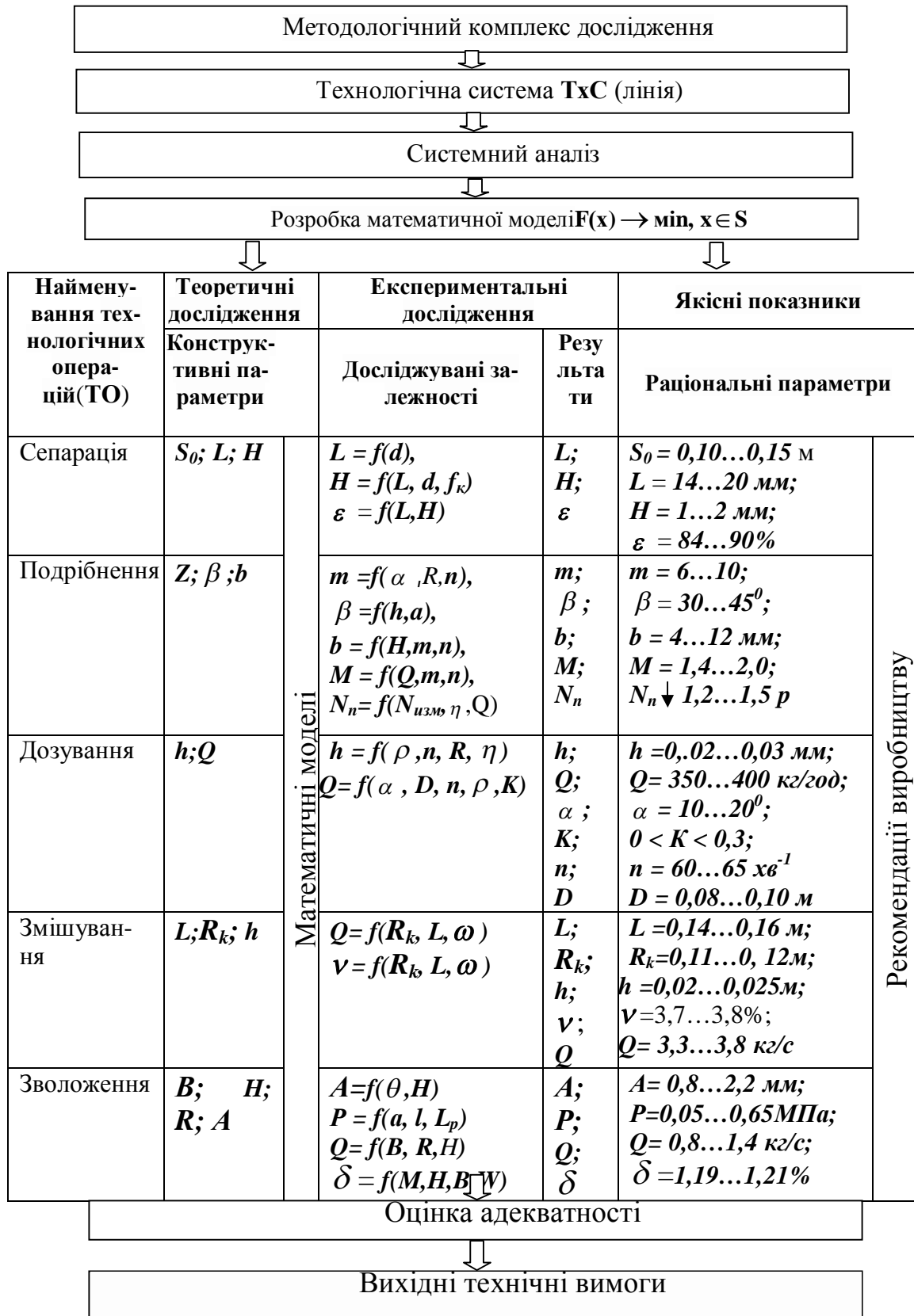


Рис.1. Методологічна база дослідження ТхС процесу приготування комбікормів в умовах сільськогосподарських підприємств.



Виходячи з цього, можна записати

$$\mathbf{KP} \cap \mathbf{TxC} [\mathbf{PTL}] \cap \mathbf{TO} [\mathbf{TZ}] \cap \mathbf{FP} \quad (1)$$

Для рішення задачі оптимізації **TxC** процесу приготування комбікормів в умовах сільськогосподарських підприємств методом системного підходу, утворимо деяку кількість розрізів (декомпозицій) системи причому, природно, виберемо ті розрізи, які представляються найбільш значущими для вирішення завдання [12]. Наприклад, для нашого випадку, це розрізи по основних **ТО**: сепарації, подрібнення, дозування, змішування і зволоження. Для кожної **ТО** розробляється математична модель її оптимізації. В якості оптимізації можуть виступати: мінімум енерговитрат, мінімум затрат праці, мінімум втрат продукції і т.п.

У загальному вигляді цей клас задач системної оцінки (оптимізації) **TxC** може бути записаний так

$$\begin{aligned} \mathbf{F(x)} &\rightarrow \min, \\ \mathbf{x} &\in \mathbf{S}, \end{aligned} \quad (2)$$

де **F(x)** – скалярна функція, критерій оптимізації;

S – безліч допустимих станів **x**.

Далі проводиться порівняння теоретичних і експериментальних значень отриманих математичних моделей кожної **ТО** з оцінкою їх значимості та отриманням раціональних конструктивно-технологічних параметрів розроблених **TЗ**.

Так, наприклад, для **ТО** сепарації зерна крізь щілинний сепаруючий отвір з розгінної поверхнею брахистохронної властивості конструктивними параметрами обрано (див. рис. 1): довжина розгінної ділянки **S₀**, ширина **L**, та висота **H** щілини, технологічним - ефективність ε виділення зернівок у щілину установки для гравітаційної сепарація зерна. Отримано залежності $L = f(d)$, $H = f(L, d, f_v)$ та $\varepsilon = f(L, H)$ та раціональні параметри. Оптимальному значенню функції (максимальної для даних умов ефективності виділення зернівок у щілинний отвір гравітаційного сепаратора ($\varepsilon = 89,96\%$) відповідають слідуючи значення факторів: **L = 16** мм, **H = 1,1** мм. Відхилення теоретичних значень **L** та **H** від експериментальних у всьому діапазоні зміни параметрів знаходиться до 9%, що підтверджує адекватність отриманих даних [13,14].

Висновки. На підставі викладеного можна констатувати, що поліпшення техніко-економічних показників кормовиробничої техніки на основі гравітаційного, інерційного та відцентрово-ударного впливу на кормові середовища і створення нових технологічних процесів і робочих органів інтенсифікуючої дії – актуальна проблема в галузі механізації кормовиробництва.



Використання розробленої методології дозволяє створити ієрархічну структуру системи досліджень, що включає окремі підсистеми, взаємопов'язані через внутрішні характеристики системи, в якості яких вибирають показники (функції), які підводять їх до спільного знаменника. Як результат була представлена складна, багаторівнева система, яка в свою чергу розділена на підсистеми. Такий поділ відповідає цілям і завданням дослідження, і, отже, являє логічну завершеність.

Література

1. Сільське господарство України за 2009 рік. Статистичний збірник / Держ. ком. статистики України ; ред. *Ю. М. Остапчук*. - К.: Держаналітінформ, 2010 р. - 376 с.
2. Державна цільова програма розвитку українського села на період до 2015 року [Електронний ресурс] / Міністерство аграрної політики та продовольства України [затверджено 19.09.2007 постановою КМУ №1158], 2010. - 196с. - Режим доступу: <http://minagro.gov.ua/files/00010461/Konserciju.doc>.
3. *Панфилов В.А.* Технологические линии пищевых производств (теория технологического потока). / В.А. Панфилов - М.: Колос, 1993. - 288 с.
4. *Авдеев Н.Е.* Принципы построения модели идеального сепаратора./ Н.Е. Авдеев.// Докл. ВАСХНИЛ. - 1978. - № 11.- С. 38-40.
5. *Мельников С.В.* Моделирование рабочего процесса в молотковой кормодробилке. / С.В. Мельников. // Механизация сельскохозяйственного производства: Зап. Ленинградского СХИ. - Л., 1968. - т. 119.- Вып. 1. - С. 113-117.
6. *Алешкин В.Р.* Вероятностно-статистическое исследование рабочего процесса и факторов, влияющих на эффективность работы молотковых кормодробилок./ В.Р. Алешкин: автореф. дис. ... канд. техн. наук.: спец. 05.20.01 - Ленинград - Пушкин, 1968.-25 с.
7. *Сыроватка В.И.* Исследования основных закономерностей процесса измельчения зерна в молотковой дробилке кормов : автореф. дис. ... канд. техн. наук : спец. : спец. 05.20.01 / В.И. Сыроватка. – М., 1964. - 36 с.
8. *Нанка О.В.* Энергосбережение в механических процессах при приготовлении комбикормов./ О.В. Нанка.// Праці ТДАТУ Вип.11, том 5. Мелітополь. 2011, С. 238 – 244.
9. *Гвоздєв В.О.* Обґрунтування технологічного процесу та конструктивних параметрів швидкохідного гвинтового змішувача комбикормів./ В.О. Гвоздєв.: автореф. дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.05.11 – Глеваха., 2008. – 20 с.



10. *Фомичев А.Г.* Исследование и разработка аппарата для приготовления сыпучих смесей методом псевдооживления : автореф. дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.20.01 / А.Г. Фомичев. – Калинин, 1975. – 18 с.
11. *Новиков Н.Н.* Исследование и обоснование способа и параметров аппарата для увлажнения комбикорма в падающем потоке./ Н.Н. Новиков. Автореф. дис. ... канд. техн. наук.: спец. 05.20.01. Саратов, 1975. 17 с.
12. *Скляр О.Г.* Підвищення ефективності використання технічних засобів комбікормового виробництва методом системного підходу. / О.Г. Скляр, Б.В. Болтянський, О.В. Гвоздев. // Праці ТДАТУ Вип.16, том 2. Мелітополь. 2016, С. 92-98.
13. Пат. на корисну модель 72583. Спосіб поділу зернової суміші. Шпиганович Т.О., Гвоздев О.В., Ялпачик Ф.Ю., Хомутіна Н.М. Бюл. № 16 від 27.08.2012.
14. *Шпиганович Т.О.* Спосіб гравітаційної сепарації зерна. / Т.О. Шпиганович. // Праці ТДАТУ Вип.12, том 4. Мелітополь. 2012, С. 40-46.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ БАЗА ОБОСНОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ КОМБИКОРМОВ В УСЛОВИЯХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Б.В. Болтянский, А.В. Гвоздев, Р.А. Бакарджиев

Аннотация - работа посвящена методологии исследований технологических процессов приготовления комбикормов в условиях сельскохозяйственных предприятий.

THE METHODOLOGICAL BASIS OF THE STUDY OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS AND EQUIPMENT FOR PREPARING FEEDS IN AGRICULTURAL ENTERPRISES

B. Boltianskyi, A. Gvozdev, R. Bakardjiev

Summary

The work is dedicated to the research methodology of technological processes of preparation of feeds in agricultural enterprises.



УДК 621.515.004.6

ОЦІНКА ЗНОСІВ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ З'ЄДНАННЯ ДЕТАЛЕЙ ТУРБОКОМПРЕСОРА «ВІСЬ РОТОРА – ПІДШИПНИК»

Дашивець Г.І., к.т.н.,
Новік О.Ю., інженер,
Паніна В.В., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет
Тел. (0619) 42-20-74

Анотація – роботу присвячено встановленню кількісних характеристик і законів розподілу зносів робочих поверхонь з'єднання деталей турбокомпресора «вісь ротора – підшипник», обґрунтуванню можливості застосування різних способів відновлення поверхонь.

Ключові слова: турбокомпресор, вісь ротора, підшипник, знос, закон розподілу, методи відновлення.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Ефективність використання більшості видів техніки сільськогосподарського призначення значною мірою залежить від потужності їх двигунів. Одним зі способів форсування двигунів є застосування турбонаддуву, для чого використовуються турбокомпресори. Підвищення надійності двигунів можна досягти підтриманням і відновленням роботоздатності турбокомпресорів.

Основними чинниками відмов турбокомпресора в процесі експлуатації є нефільтроване або забруднене повітря, забруднення або недостатня кількість мастила, неякісне паливо й дозування його в циліндри, потрапляння сторонніх предметів у компресорну й турбінну частину [1]. Ці чинники призводять до збільшення радіальних та осьових зазорів в з'єднаннях деталей турбокомпресора і досягнення їх граничних значень.

Турбокомпресор є високотехнологічною конструкцією, прецизійним агрегатом, допуски на виготовлення та деформацію деталей якого знаходяться в межах 5 мкм [2]. Головною проблемою при ремонті турбокомпресорів є відновлення ротора зі спрацьованими робочими поверхнями. Тому для статистичної оцінки зносів була вибрана саме ця деталь.



Вал ротора може мати такі дефекти: спрацювання канавок під ущільнювальні кільця, тріщини на валу ротора, спрацювання опорних поверхонь під підшипники, спрацювання чи пошкодження різьби і шпонкової канавки, спрацювання поверхні під масловідбивач і колесо компресора [3]. Вал у зборі з колесом турбіни вибраковують при тріщинах, зломах колеса турбіни, оплавленні дисків і лопаток або слідах чіплення колеса за нерухомі деталі.

Найбільш поширеним способом ремонту турбокомпресорів є заміна спрацьованих деталей на нові стандартного розміру через відсутність ефективних способів відновлення, спеціального обладнання.

Дослідженню процесів ремонту й відновлення турбокомпресорів дизельних двигунів присвячені праці Байкова Б.П., Власкіна В.В., Лямцева Б.Ф., Міхаліна П.А., Ханина Н.С., ін. Для обґрунтування способів, що відновлюють спрацьовані робочі поверхні деталей турбокомпресора, необхідно проаналізувати і оцінити їх зноси. Процесам тертя і зношування, визначенню теоретичних залежностей для розрахунку кількісних значень зносів з'єднань деталей машин присвячені наукові праці вчених Крагельського І.В., Пронікова О.С., Кряжкова В.М., ін.

Формулювання цілей статті. Заміна при ремонті зношених деталей, складальних одиниць турбокомпресора на нові є швидким ремонтом, але вимагає значних ресурсів для придбання запасних частин. Для визначення можливості застосування різних способів відновлення поверхонь, виконання їх техніко-економічної оцінки необхідно встановити кількісні та якісні характеристики, а також закони розподілу зносів робочих поверхонь деталей.

Основна частина. Розміри деталей турбокомпресорів, зазори в їх з'єднаннях розглядалися як безперервні випадкові величини, для оцінки яких використовувались методи статистичної обробки [4]. Кількість дослідів визначалась, виходячи з потрібної точності результату вимірювання: довірча ймовірність була прийнята рівною 0,95, а довірчий інтервал не перевищував 5%. Точність і достовірність експериментальних досліджень залежать від змінності признаку, який характеризується коефіцієнтом варіації; точності визначення середніх значень, що характеризується допустимою похибкою; вибраною довірчою ймовірністю.

Для визначення зносів деталей з'єднання «вал ротора – підшипник», законів розподілу розмірів їх поверхонь були виконані заміри деталей турбокомпресорів, які надійшли до ремонту.

Відновлюваною частиною ротора є вал. Вал складається з робочих поверхонь під підшипник ковзання та з'єданого зварюванням тертям колеса турбіни.

Вал ротора виготовляють зі сталі 40Г, втулку валу – з бронзи БР.01-С-01. Розміри по кресленню валу ротора – $18_{-0,08}^{-0,07}$ мм, підшипника – $18^{+0,019}$ мм, зазор по кресленню $-0,027-0,07$ мм, допустимий зазор – 0,14 мм.

Для опорних поверхонь валів ротора під підшипники були визначені основні статистичні характеристики: середнє значення розмірів – 17,8 мм, середній квадратичний відхил – 0,037 мм, коефіцієнт варіації – 0,325 зі статистичною перевіркою гіпотез про нормальний закон розподілу на основі критеріїв узгодження Пірсона ($\chi^2 = 1,25$).

Аналогічно виконувалась обробка інформації про внутрішні діаметри підшипників, статистичні характеристики яких склали: середнє значення розмірів – 18,035 мм, середній квадратичний відхил – 0,005 мм, коефіцієнт варіації – 0,34, розподіл діаметрів за нормальним законом, критерій узгодження Пірсона $\chi^2 = 1,32$ з вірогідністю співпадання 27%.

Розподіл діаметрів деталей з'єднання «вал ротора – підшипник» показаний на рис. 1.

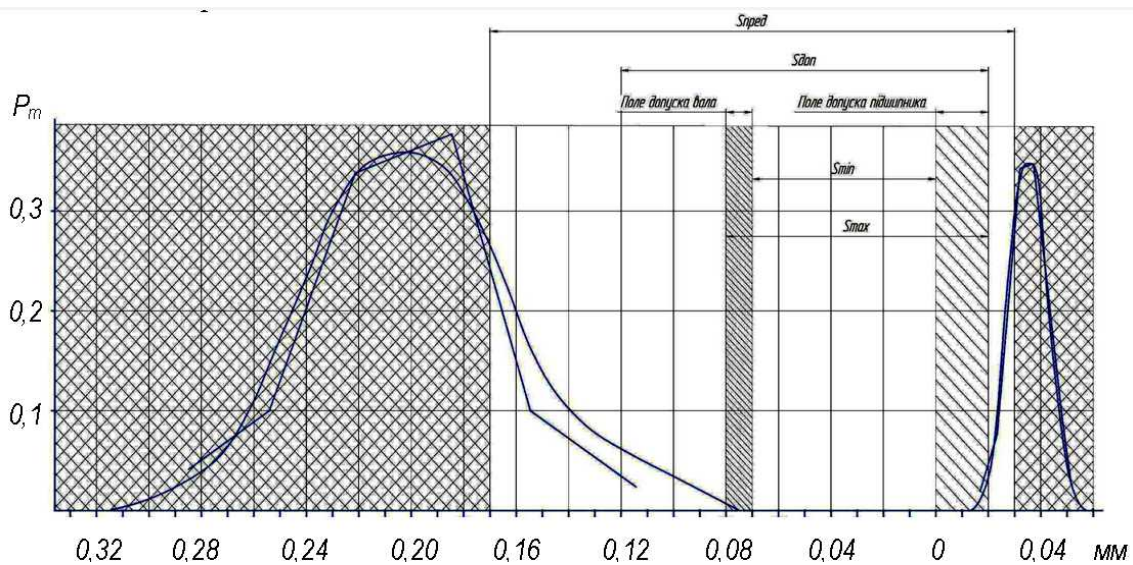


Рис. 1. Експериментальні й теоретичні криві розподілу діаметрів деталей з'єднання «вал ротора – підшипник» турбокомпресора ТКР 11Н-1: $S_{ПРЕД}$ – граничний розмір зазору, мм; $S_{ДОП}$ – допустимий розмір зазору, мм; S_{min} , S_{max} – мінімальне і максимальне значення поля допуску з'єднання деталей, мм.

Аналізуючи розподіл діаметрів деталей з'єднання «вал ротора – підшипник» турбокомпресору ТКР 11Н-1 (рис. 1) можна зробити висновок, що розміри 12% валів при дефектації виявляються придатними для подальшої експлуатації. 35% деталей, діаметри яких не зменшились нижче 17,8 мм, можуть бути відновлені під ремонтний розмір.



Всі інші вали, коли колесо турбіни в задовільному стані, можна відновити до номінального розміру.

Залежно від характеру дефекту, всі способи відновлення можна поділити на дві групи: вали ротора зі спрацьованими робочими поверхнями і вали з механічними пошкодженнями.

Метод ремонтних розмірів – це механічна обробка (шліфування) робочих поверхонь валів роторів турбокомпресорів. Відновлюються дефекти геометричної форми під раніше встановлений розмір. При цьому механічна обробка не повинна призвести до ліквідації термічно обробленого поверхневого шару деталі. У вала дефекти поверхні усуваються механічною обробкою доремонтного розміру, а підшипник замінюється на нову відповідного розміру. У цьому випадку з'єднанню буде повернена первинний зазор.

В теперішній час накопичений значний досвід відновлення роторів турбокомпресорів. До технологічного процесу повинні бути включені способи відновлення, які забезпечать необхідний рівень експлуатаційних властивостей відновлених деталей. До способів відновлення валу зі спрацьованими поверхнями належать гальванічне нарощування (залізнення, хромування), електроіскровий спосіб нарощування, механічна обробка [2]. Механічні пошкодження валу ротора усуваються пластичною деформацією.

Враховуючи можливість відновлення шийок валу декількома способами був обґрунтований раціональний спосіб відновлення, вибір якого залежить від конструктивно-технологічних особливостей деталі, умов її роботи, величини зносу, ін. Спосіб відновлення шийок валу ротора визначався методом багатокритеріального вибору, який полягає в застосуванні інтегрального критерію відстані до цілі [5]. Мінімальне значення відстані до потенційно можливого найкращого значення, тобто найбільш наближеним до ідеального був електроіскровий спосіб.

При застосуванні електроіскрового методу вал ротора відновлюють середньо- або високовуглецевими сталями в механізованому режимі на спеціальних установках. Метод дає змогу підвищити мікротвердість поверхонь пари тертя «вал ротора – підшипник», зменшити інтенсивність зношування, тим самим створити умови для збільшення міжремонтного ресурсу.

Висновки. Виконані дослідження дозволили встановити, що однією з слабких ланок є з'єднання «вал ротора – підшипник», довговічність якої визначає ресурс турбокомпресора. На основі мікрометражних даних були визначені основні статистичні характеристики, побудовані експериментальній теоретичні криві розподілу діаметрів деталей з'єднання «вал ротора – підшипник», встановлені закони розподілу розмірів. Аналіз зазорів у з'єднанні показав, що частину валів мо-



жна відновити механічною обробкою під ремонтний розмір при заміні втулки, а для іншу частину – електроіскровим методом.

Література

1. *Савельев Г.М.* Опыт доводки и производства турбокомпрессоров автомобильных дизелей: учеб. пособие для институтов повышения квалификации / *Г.М. Савельев, Б.Ф. Лямцев, Э.В. Аболтин.* – М.: НАМИ, 1995. – 94 с.
2. Ремонт дизельных двигунів: довідник / за ред. *Л.С. Єрмолова.* – К.: Урожай, 1991. – 248 с.
3. Турбокомпрессоры тракторных и комбайновых дизелей: Технические требования на капитальный ремонт.– М.: ГОСНИТИ, 1988. – 54 с.
4. Надійність сільськогосподарської техніки: підручник / за заг. ред. *М.І. Черновола.* – Кіровоград: КОД, 2010. – 320 с.
5. *Нагірний Ю.П.* Обгрунтування інженерних рішень / *Ю.П. Нагірний.* – К.: Урожай, 1994. – 138с.

ОЦЕНКА ИЗНОСОВ РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ СОЕДИНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ТУРБОКОМПРЕССОРА «ОСЬ РОТОРА – ПОДШИПНИК»

Г.И.Дашивец, А.Ю.Новик, В.В.Панина

Аннотация – работа посвящена установлению количественных характеристик и законов распределения износов рабочих поверхностей соединения деталей турбокомпрессора «ось ротора – подшипник», обоснованию возможности применения различных способов восстановления поверхностей.

EVALUATION OF WEARS OF WORKING SURFACES OF CONNECTION OF DETAILS OF TURBOCOMPRESSOR A "AXIS OF ROTOR – BEARING"

G.Dashivets, A.Novik, V.Panina

Summary

Work is devoted establishment of quantitative descriptions and laws of distributing of wears of workings surfaces of connection of details of turbocompressor a «axis of rotor is bearing», to the ground of possibility of application of different methods of proceeding in surfaces.



УДК 633.854.54

ОЦІНКА ПРОДУКТИВНОСТІ ПОСІВІВ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО ЗАЛЕЖНО ВІД ТЕХНОЛОГІЇ ЙОГО ВИКОРИСТАННЯ

Рудік О.Л. к.с.-г.н.

ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет»

Анотація – в зоні сухого Степу України проведена узагальнена оцінка продуктивності посівів льону олійного подвійного використання. Встановлено збільшення виходу умовних зернових одиниць від технічного застосування соломи на 43,6% при вирощуванні культур на суходолі та на 65,8% за умов зрошення. З'ясовано, що агротехнічні заходи, які забезпечують підвищення урожайності насіння одночасно зумовлюють зростання цінності соломи як сировини. Приведений комплекс агротехнічних заходів за якого умовний вихід лубу досягає 0,34 т/га при вирощуванні льону олійного без зрошення та 0,68 т/га при вирощуванні на зрошенні.

Ключові слова: льон олійний, насіння, солома, луб, переробка соломи, умовна зернова одиниця.

Постановка проблеми. Для повноцінного існування людству не вистачає вирощеної в штучних біоценозах органічної сировини, а тому потреба задовольняється із обмежених в можливостях природних джерел. В той же час значна частина отриманої рослинної маси використовується нераціонально, оцінюється як відходи виробництва, що вимагає витрат на утилізацію та завдає реальних втрат навколишньому середовищу. Питання біологізації та гармонізації агропромислового комплексу із законами природи та біосфери є глобальним та потребує вирішення на сучасному науковому рівні. Поняття побічна продукція існує доки не з'являється перспектива її споживання. Характерним прикладом цьому є *Linum Usitatissimum L.* Сучасні технології дозволяють успішно використовувати солону льону олійного призначення, що традиційно визнається як придаткова маса, для отримання додатково корисного продукту.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Науковому колу добре відомо про достатньо високий вміст лубу в стеблах льону олійного, що робить їх потенційною сировиною для виробництва короткого волокна, целюлози, вуглеводнів, композитних виробів, будівельних ма-



теріалів, палива тощо. Такі виробництва існують в Канаді, США, Франції, Італії, Польщі [1]. Наукове обґрунтування, розробки подібних технологій та необхідного обладнання проводяться в Росії [2]. Серед вітчизняних установ відповідні напрацювання мають науковці Херсонського національного технічного університет [3]. Ними досліджені питання первинної переробки соломи льону олійного та розроблене відповідне технологічне устаткування для виділення волокна [4,5]. Проте наявні дослідження не розкривають питання впливу елементів технології вирощування льону олійного призначення на якісні показники соломи, загальну продуктивність посівів, що стримує впровадження інноваційних технологій та не дає повної уяви про доцільність проекту.

Формулювання цілей. Завданням даної роботи є загальна оцінка продуктивності посівів льону олійного за відмінних технологій його вирощування в зоні Сухого Степу України при подвійному використанні.

Польові дослідження проводилися в зоні сухого Степу України на базі ДПДГ «Асканійське» НААНУ протягом 2009-2013 років із використанням вітчизняного сорту Південна Ніч. Схема дослідження передбачала: фактор А - режим вологозабезпечення (Без зрошення; Зрошення); фактор Б – фон мінерального живлення (Без добрив; $N_{45}P_{30}K_{30}$; $N_{60}P_{45}K_{45}$; $N_{90}P_{60}K_{60}$); фактор С – ширина міжряддя (15 см; 45 см), фактор Д – норма висіву (5; 6; та 7 млн.шт/га.)

Ґрунти дослідної ділянки темно-каштанові слабко солонцюваті, містять в середньому гумусу 3,12 %, легкогідролізованого азоту 5,0 мг/100 г ґрунту, рухомого фосфору 2,4 мг/100г і обмінного калію 40 мг/100 р. Попередником у досліді була озима пшениця, агротехніка, за виключенням факторів, що підлягали вивченню була зональною для культури. Добрива, відповідно до схеми дослідження вносили під основний обробіток ґрунту, що проводився на глибину 20-22 см. Полив масиву проводиться з Каховської зрошувальної системи. При зрошенні підтримували вологість ґрунту в 0,7 м шарі на рівні 65-70% від НВ.

Погодні умови періоду досліджень характеризувалися істотними перевищеннями температурного режиму і відхиленнями надходження опадів від середніх багаторічних значень. За рахунок запасів ґрунтової вологи і надходження опадів першої половини вегетації культури найбільш сприятливими для неї були 2009 та 2011 роки, а найменш відповідними 2013 та 2014 роки, що позначилося на стані рослин навіть в умовах зрошення.

Через відсутність відповідних стандартів оцінку соломи виконувалися відповідно ГОСТу 28285-89 «Солома льняная. Требования при заготовках».



Результати досліджень. В середньому за рахунок зрошення урожайність насіння льону олійного підвищилася на 34,9%. Посилення фону мінерального живлення супроводжувалося постійним зростанням урожайності культури, що при внесенні $N_{90}P_{60}K_{60}$ становило 41,0 – 43,3%. Розширення міжряддя із 15 до 45 см, спричинило зменшення урожайності на 14,7% без зрошення та на 12,4% на масивах зрошення. За природного зволоження найвищої урожайності 1,65 т/га було досягнуто на фоні внесення мінеральних добрив $N_{90}P_{60}K_{60}$ при посіві з міжряддям 15 см нормою висіву 6 млн.шт/га. Відповідно при зрошенні, 2,16 т/га насіння, отримали на фоні внесення $N_{90}P_{60}K_{60}$, за посіву з міжряддям 15 см нормою 7 млн.шт/га.

У переважній більшості випадків олійність насіння при вирощуванні льону в умовах зрошення була вищою, що в середньому складало 0,42 %. Позитивний вплив на вміст олії забезпечувало застосування мінеральних добрив, проте максимальних величин олійність набувала на фоні живлення $N_{60}P_{45}K_{45}$. За умов широкорядного посіву вміст олії зменшувався у середньому, залежно від вологозабезпечення, на 0,4–0,43%.

У результаті зазначених особливостей вихід олії коливався від 0,34 до 0,64 т/га на суходолі та від 0,49 до 0,85 при зрошенні (табл. 1). У середньому зрошення підвищило утворення олії до 35,7%, а удобрення до 44,9 % на природному вологозабезпеченні та до 45,4% при зрошенні. Однак, незалежно від умов зволоження, більші за значеннями прибавки отримані на нижчих нормах добрив. Негативно позначилося розширення міжряддя із 15 до 45 см, що зумовило зміни по виходу олії в середньому із 0,54 до 0,46 т/га без зрошення та із 0,73 до 0,63 т/га при зрошенні. Вихід олії переважно визначається урожайністю насіння, де коефіцієнт кореляції наближався до одиниці, тоді як із олійністю він становив 0,7 в умовах суходолу та 0,83 при зрошенні. Тому варіанти норм висіву, що забезпечували вищу врожайність мали переваги за виходом олії.

У підсумку на фоні природного зволоження найвищий вихід олії урожайності 0,64 т/га було забезпечено при внесенні мінеральних добрив $N_{90}P_{60}K_{60}$ при посіві з міжряддям 15 см нормою висіву 6 млн.шт/га. На фоні зрошення 0,85 т/га олії отримали на фоні внесення $N_{90}P_{60}K_{60}$, при посіві з міжряддям 15 см нормою 7 млн.шт/га. Виходячи із урожайності насіння та виходу масла доцільність вирощування льону олійного із міжряддям 45 см полягає лише у можливості отримання продукту харчового та медичного призначення.

Достатньо динамічними та результативними були коливання урожайності соломи під дією досліджуваних факторів. Встановлено, що за рахунок зрошення урожайність соломи зросла на 34,4%, а підвищення фону живлення до найвищого значення забезпечувало збір со-



ломи у середньому 2,02 та 2,68 т/га відповідно умовам зволоження. Розширення міжряддя до 45 см негативно вплинуло на масу соломи. Найвищий урожай соломи 3,19 т/га, отримано при зрошенні, внесенні мінеральних добрив $N_{90}P_{60}K_{60}$, посіви із міжряддям 15 см нормою висіву 7 млн.шт/га. За умов природного зволоження на фоні $N_{90}P_{60}K_{60}$ та посіви при міжрядді 15 см нормою висіву 6 млн.шт/га, урожайність соломи досягала 2,36 т/га.

Таблиця 1 –
Показники продуктивності посівів льону олійного залежно від заходів його вирощування, т/га

Фон живлення	Ширина міжряддя та норма висіву, млн.шт/га.					
	15 см.			45 см.		
	5	6	7	5	6	7
	Вихід олії без зрошення, т/га					
Без добрив	0,41	0,44	0,42	0,37	0,36	0,34
$N_{45}P_{30}K_{30}$	0,53	0,56	0,54	0,47	0,46	0,45
$N_{60}P_{45}K_{45}$	0,57	0,61	0,59	0,52	0,51	0,48
$N_{90}P_{60}K_{60}$	0,60	0,64	0,61	0,53	0,51	0,50
	Вихід олії при зрошенні, т/га					
Без добрив	0,56	0,57	0,57	0,51	0,49	0,49
$N_{45}P_{30}K_{30}$	0,70	0,73	0,74	0,64	0,62	0,62
$N_{60}P_{45}K_{45}$	0,77	0,80	0,82	0,70	0,68	0,66
$N_{90}P_{60}K_{60}$	0,80	0,83	0,85	0,74	0,71	0,71
	Умовний вихід лубу без зрошення, т/га					
Без добрив	0,22	0,23	0,23	0,15	0,14	0,13
$N_{45}P_{30}K_{30}$	0,30	0,32	0,32	0,20	0,19	0,18
$N_{60}P_{45}K_{45}$	0,31	0,34	0,33	0,22	0,20	0,19
$N_{90}P_{60}K_{60}$	0,32	0,34	0,34	0,22	0,21	0,20
	Умовний вихід лубу при зрошенні, т/га					
Без добрив	0,45	0,47	0,47	0,32	0,31	0,30
$N_{45}P_{30}K_{30}$	0,57	0,61	0,62	0,42	0,40	0,39
$N_{60}P_{45}K_{45}$	0,64	0,67	0,68	0,45	0,43	0,41
$N_{90}P_{60}K_{60}$	0,63	0,65	0,68	0,45	0,42	0,41



За рахунок зрошення вміст лубу в соломці зріс на 6,95 пункти, а при внесенні добрив $N_{45}P_{30}K_{30}$ на 1,6 пункти, проте подальше підвищення фону живлення спричиняло зменшення вмісту на 0,25 та 0,75 % відповідно. На фоні зрошення найвищим був вміст лубу при застосуванні добрив нормою $N_{60}P_{45}K_{45}$. Негативно на вміст лубу впливало збільшення ширини міжряддя та надмірне загущення, що було більш вираженим на фоні посівів із міжряддям 45 см. У переважній більшості випадків вміст на посівах із міжряддям 15 см лубу зростав при збільшенні норми висіву до 7 млн.шт/га, а на широкорядних посівах був вищим за норми висіву 5 млн.шт/га.

Оцінка соломи як сировини проведена за умовним (розрахунковим) виходом лубу. Найбільш вагомим впливом на процеси утворення лубу є умови вологозабезпечення. За рахунок зрошення його вихід збільшувався в середньому більш ніж в двічі, із 0,24 до 0,49 т/га. Також стабільно зростав вихід лубу при застосуванні добрив та збільшенні їх норми. На фоні природного зволоження збільшення від їх внесення складало 0,7 - 0,9 т/га, а при зрошенні 0,12 – 0,16 т/га. Проте збільшення норми добрив із $N_{60}P_{45}K_{45}$ до $N_{90}P_{60}K_{60}$ призводило до зміни кількості лубу лише в межах від - 3 до 5,3%.

Суттєво меншим був вихід лубу на широкорядних посівах культур, де в середньому без зрошення його сформувалося на 38,1%, а при зрошенні на 34,0% менше. Реакція показника на зміну норми висіву визначалася взаємодією із способом посіву та вологозабезпеченістю. При посіві із міжряддям 15 см на суходолі вищими значення умовного виходу лубу були при встановленні норми висіву 6 млн.шт/га. тоді як при зрошенні 7 млн.шт/га. На широкорядних посівах такою була норма висіву 5 млн.шт/га.

З позиції використання соломи льону олійного для технічної переробки кращим є наступне поєднання факторів : без зрошення внесення мінеральних добрив $N_{60}P_{45}K_{45}$, посів із міжряддям 15 см нормою висіву 6 млн.шт/га; при зрошенні застосування норми добрив $N_{60}P_{45}K_{45}$, посів із міжряддям 15 см нормою 7 млн.шт/га, що забезпечує умовний вихід лубу відповідно 0,34 та 0,68 т/га.

Для узагальненого економічного порівняння продуктивності посівів за різних технологій вирощування льону олійного, у зв'язку із цінними коливаннями на агроресурси та сировину, використали оцінку в умовних зернових одиницях (табл. 2). Найбільш впливовим фактором є вологозабезпечення, за рахунок зрошення вихід зернових одиниць збільшився в середньому на 55,6 %. Від внесення мінеральних добрив отримано збільшення виходу зернових одиниць на 0,72 – 1,06 т/га без зрошення та на 1,01 – 1,54 т/га при зрошенні. Зменшення загальної продуктивності при збільшенні ширини міжряддя складало 22,4% без зрошення та 21,7 % при зрошенні.



При посівах із міжряддям 15 см на суходолі збільшення норми висіву до 6 млн.шт/га, а при зрошенні до 7 млн.шт/га супроводжується зростанням виходу зернових одиниць. На широкорядних посівах такою є норма висіву 5 млн.шт/га. У середньому, за рахунок вилучення волокна із соломи льону олійного, вихід умовних зернових одиниць зростає без зрошення на 43,6 % а при зрошенні на 65,8%.

Таблиця 2 –
Загальна продуктивність посівів льону олійного залежно від заходів його вирощування, т/га

Фон живлення	Ширина міжряддя та норма висіву, млн.шт/га.					
	15 см.			45 см.		
	5	6	7	5	6	7
	Вихід зернових одиниць без зрошення, т/га					
Без добрив	2,61	2,80	2,70	2,18	2,10	1,99
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	3,37	3,62	3,52	2,81	2,73	2,62
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	3,59	3,88	3,76	3,01	2,93	2,81
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	3,78	4,02	3,90	3,11	3,03	2,92
	Вихід зернових одиниць при зрошенні, т/га					
Без добрив	4,09	4,29	4,36	3,45	3,34	3,27
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	5,16	5,44	5,56	4,33	4,21	4,14
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	5,63	5,91	6,05	4,66	4,51	4,41
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	5,76	5,98	6,19	4,83	4,66	4,61

Важливе значення матимуть побічні продукти переробки. Вони можуть бути застосовані для виготовлення плит, утеплювачів, будівельних матеріалів або використані, після гранулювання як відновлювальне джерело палива. Враховуючи кількість костриці, відходів тіпання та їх енергоємність, за класичного способу посіву спалювання забезпечує надходження енергії 21,6 - 29,3 Гдж/га. При вирощуванні культури на зрошенні може бути отримано 27,2 – 37,4 Гдж/га придатної для використання енергії. За попередніми розрахунками така кількість еквівалентна теплотворній здатності двох-трьох тон дров, що є надзвичайно важливим для зони вирощування культури, де відсутні ліси [6].

Висновки. Впровадженням технологій вирощування та подвійного використання льону олійного значно підвищить загальну продуктивність посівів, збільшить економічну та екологічну ефективність



виробництва. Агротехнічні заходи, що забезпечують підвищення урожайності насіння одночасно зумовлюють зростання цінності соломи як сировини.

Технологія подвійного використання льону олійного потребує удосконалення в напрямку розробки схем збирання культури із мінімальними втратами соломи а також отримання трести без вилежування. Селекція льону олійного призначення повинна враховувати ознаки стеблової маси, що мають вплив на її технологічні властивості.

Література

1. *Cappelleto P.L.* Fiber valorization of oilseed flax /*A. Assirelli, M. Bentini, P.L. Cappelleto, P. Pasini* // Flax and other Bast Plants Symposium. – Poznan, Poland : Institute of Natural Fibres, 1977. – С. 150-151.
2. *Пашин Е.Л., Федосова Н.М.* Технологическое качество и переработка льна-межеумка: Монография / *Е.Л.Пашин, Н.М. Федосова.* – Кострома, ВНИИЛК, 2003. – 85 с.
3. *Чурсіна Л.А. Горач О.О., Граділь О.В.* Товарознавча оцінка доцільності застосування волокна льону олійного / *Л.А. Чурсіна, Г.А. Горач О.В. Граділь*// Товарознавчий вісник Вип. 5. 2012. – С 224 - 231
4. *Тіхосова Г.А.* Теоретичні передумови створення інноваційної технології переробки стебел льону олійного / *Г.А. Тіхосова, О.В. Князев, Т.М. Надєєва* // Легка промисловість. – 2010. – № 2. – С. 27-28.
5. *Чурсіна Л.А.* Перспективи комплексного використання льону олійного / *Л.А. Чурсіна, Г.А. Тіхосова, О.О. Горач* // Праці Таврійського держ. агротехнол. ун-ту. – Мелітополь, 2010. – Вип. 10. – Т. 1. – С. 30-39.
6. *Лазер П.Н., Рудик А.Л., Князев А.В.* Продуктивность сортов льна масличного в зоне сухой степи Украины Международна научно стручна конференція екологія у служби одрживог розвитку / Нови Сад, 26 – 28. септембар 2013. С119-124.



ОЦЕНКА ПРОДУКТИВНОСТИ ПОСЕВОВ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕХНОЛОГИИ ЕГО ВОЗДЕЛЫВАНИЯ

А.Л. Рудик

Аннотация – в зоне Сухой Степи Украины проведена обобщающая оценка продуктивности посевов льна масличного двойного использования. Установлено увеличение выхода условных зерновых единиц при техническом применении соломы на 43,6 % при выращивании культуры без орошения и на 65,8 % в условиях орошения. Установлено, что агротехнические приёмы, которые обеспечивают рост урожайности семян, одновременно обуславливают повышение ценности соломы как сырья. Представлен комплекс агротехнических приемов, при котором условный выход луба достигает 0,34 т/га при выращивании льна масличного без орошения и 0,68 т/га при возделывании на орошении.

THE ASSESSMENT OF PRODUCTIVITY OF OIL-BEARING FLAX CROPS DEPENDING ON CULTIVATION TECHNOLOGY

A. Rudik

Summary

The generalized assessment of productivity of oil-bearing flax of dual use is done in the dry steppe zone of Ukraine. It is determined that the output of conventional grain units of industrial straw application increases by 43,6% while cultivating flax non-irrigated and by 65,8% under conditions of irrigation. It is defined that agricultural practices which ensure the increase of yielding capacity of seeds at the same time stipulate the increase of straw value as a raw material. A complex of agricultural practices is proposed when conventional output of bast fiber reaches 0,34 t/ha while cultivating oil-bearing flax without irrigation and 0,68 t/ha under conditions of irrigation.



УДК 629.017

УПРАВЛЕНИЕ МОБИЛЬНЫМИ МАШИННЫМИ АГРЕГАТАМИ КАК ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ

Лебедев А.Т. ¹д.т.н.,
Артёмов Н.П. ¹д.т.н.,
Шуляк М.Л. ¹к.т.н.,
Аюбов А.М. к.т.н.²

¹Харьковский национальный технический университет сельського хозяйства им. Петра Василенко

¹Таврический государственный агротехнологический университет
Тел.: 0619-421-265

Аннотация – предложено использовать физические модели многокомпонентного сложного (составного) движения для решения задач управления системой мобильных машинных агрегатов. Реализация предложенного метода возможна созданием систем автоматического управления подачей топлива в двигатели на основе сигнала линейных акселерометров.

Ключевые слова: мобильный машинный агрегат, управление, многокомпонентное сложное движение.

Постановка проблемы. Под системой мобильных машинных агрегатов понимается совокупность машин, не имеющих между собой жесткой механической связи, но совершающих согласованное относительное движение. В частных случаях это может быть последовательное перемещение нескольких машин либо по одной, либо по эквидистантным траекториям, а также – на встречных направлениях. Возникают задачи синхронизации движения элементов системы и управления изменением их взаимного расположения.

Анализ последних исследований. Сложным называется движение, при котором движение точки или твердого тела рассматривается одновременно по отношению к двум системам отсчета, из которых одна считается условно неподвижной, а другая определенным образом движется по отношению к первой. Движение, совершаемое при этом точкой (или телом), называется составным или сложным [1].

Движение подвижной системы координат относительно неподвижной получило название переносного движения, а траектория и параметры этого движения – траектории и параметров переносного



движения. К параметрам переносного движения относятся перемещение, скорости и ускорения контрольных точек подвижной системы координат относительно неподвижной [1]. Относительным движением точки или твердого тела является движение, рассматриваемое относительно подвижной системы координат. Относительно подвижной системы координат рассматриваются и траектория, перемещение, скорость и ускорение относительного движения точки или твердого тела. Параметры относительного движения получили название относительных перемещения, скорости и ускорения [1].

Движение транспортного потока в условиях напряженного городского цикла, движение автомобильной колонны по междугородней трассе, а также различные варианты совместного движения тракторов, тракторов и комбайнов, автомобилей и комбайнов при выполнении сельскохозяйственных работ можно считать движением системы мобильных машинных агрегатов. Отличие рассматриваемой системы от традиционной механической заключается в отсутствии жесткой механической связи между ее элементами (звеньями). В такой системе кинематические пары, которые в совокупности образуют кинематическую цепь, являются условными, поскольку связи между звеньями отсутствуют. В связи с этим отсутствуют и ограничения на относительное перемещение звеньев, что не соответствует положениям классической теории механизмов и машин [2].

Условные кинематические пары имеют визуальные, информационные или телемеханические связи, ограничивающие относительные перемещения звеньев системы. При проведении анализа эти связи, в первом приближении, можно считать неголономными. Систему мобильных машинных агрегатов можно рассматривать как систему точечных масс, в которой наложено ограничение на максимальное относительное перемещение звеньев (масс). В этом случае для управления движением элементов системы возможно использование законов, построенных на физической модели многокомпонентного сложного (составного) движения.

Цель и постановка задач. Разработка метода управления системой мобильных машинных агрегатов с использованием физической модели многокомпонентного сложного (составного) движения является целью исследования. В качестве примеров, иллюстрирующих предлагаемый метод, необходимо рассмотреть частный случай движения системы мобильных машинных агрегатов: синхронизация движения кормоуборочного комбайна и тракторного поезда.

Результаты исследования. Вопросы синхронизации движения тракторного поезда переменной массы и корнеуборочного комбайна рассмотрены нами ранее в работе [3]. Основное внимание в работе [3] было уделено определению взаимосвязи между изменением мощности

двигателя трактора и скоростью увеличения массы груза в тракторном прицепе по мере выполнения технологической операции. Однако задачу можно было решить иным способом. Движение комбайна [3] можно было представить, как сложное движение, причем переносным необходимо представить равномерное движение машины с заданной технологической скоростью (рис 1).



Рис. 1. Представление технологической операции в виде многокомпонентного сложного движения.

При установившемся движении относительная скорость комбайна будет колебаться относительно нуля с размахом (амплитудой) и периодом, определяемыми колебаниями тяговой силы и сил сопротивления движению. Таким образом, линейные скорость и ускорение комбайна можно представить в виде

$$\vec{V} = \vec{V}_e + \vec{V}_r = \vec{V}_{\text{техн}} + \Delta\vec{V}(t); \quad (1)$$

$$\vec{V} = \vec{V}_r = \frac{d}{dt}[\Delta\vec{V}(t)], \quad (2)$$

где \vec{V}_e – переносная скорость комбайна, равная заданной постоянной технологической скорости $\vec{V}_{\text{техн}}$;



\vec{V}_r – относительная скорость комбайна, возникающая в результате случайных колебаний тяговой силы и сил сопротивления движения:

$$\vec{V}_r = \Delta \vec{V}(t); \quad (3)$$

$\vec{\dot{V}}_r$ – относительное тангенциальное ускорение комбайна;

t – время.

Для одиночного комбайна следует говорить о стабилизации технологической скорости его движения. В этом случае целевой функцией управления будет следующая

$$\left. \begin{aligned} U = \Delta V(t) = 0 \\ \dot{U} = \Delta \dot{V}(t) = 0 \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Реализовать закон управления (4) можно с использованием линейных акселерометров [3, 4], рекомендуемых рядом стандартов [5, 6] для оценки устойчивости движения транспортных средств. Реализация закона (4) представляет собой повышение устойчивости поступательного движения комбайна [7]. Таким образом, выражение (4) можно представить в виде

$$U = \int_0^{\Delta t} \dot{V}_r(t) dt = 0, \quad (5)$$

где Δt – время реакции системы стабилизации скорости движения комбайна при появлении относительного (в данном случае абсолютного) линейного ускорения.

Движение тракторного поезда также представим в виде сложного движения. В этом случае для стабилизации относительного положения двух машинных агрегатов нужно обеспечить равенство их линейных скоростей. При этом абсолютные скорость и ускорение тракторного поезда будут определяться из следующих уравнений

$$\vec{V}_1 = \vec{V}_{1e} + \vec{V}_{1r} = \vec{V} + \vec{V}_{1r} = \vec{V}_{\text{техн}} + \Delta \vec{V}(t) + \vec{V}_{1r}; \quad (6)$$

$$\vec{\dot{V}}_1 = \vec{\dot{V}}_{1e} + \vec{\dot{V}}_{1r} = \vec{\dot{V}} + \vec{\dot{V}}_{1r} = \frac{d}{dt} [\Delta \vec{V}(t)] + \vec{\dot{V}}_{1r}, \quad (7)$$

где \vec{V}_{1e} , $\vec{\dot{V}}_{1e}$ – линейные переносные скорость и ускорение тракторного поезда;

\vec{V}_{1r} , $\vec{\dot{V}}_{1r}$ – линейные относительные скорость и ускорение тракторного поезда.

При загрузке корнеплодов из бункера комбайна на грузовую платформу прицепа [3] необходимо учесть отрицательное ускорение, обусловленное увеличением массы поезда. Это ускорение, названное в работе [3] поправочным, можно определить по формуле

$$\vec{V}_{\text{попр}} = -\frac{\vec{V}_1}{m} \cdot \frac{dm}{dt}, \quad (8)$$

где m – масса тракторного поезда в рассматриваемый момент времени;

dm/dt – скорость увеличения массы тракторного поезда (производительность комбайна).

Для тракторного поезда переменной массы

$$\vec{V}_1 = \frac{d}{dt} [\Delta \vec{V}(t)] + \vec{V}_{lr} + \vec{V}_{\text{попр}}. \quad (9)$$

В работе [3] предложена блок-схема системы автоматического регулирования синхронного движения комбайна и тракторного поезда (рис. 2).

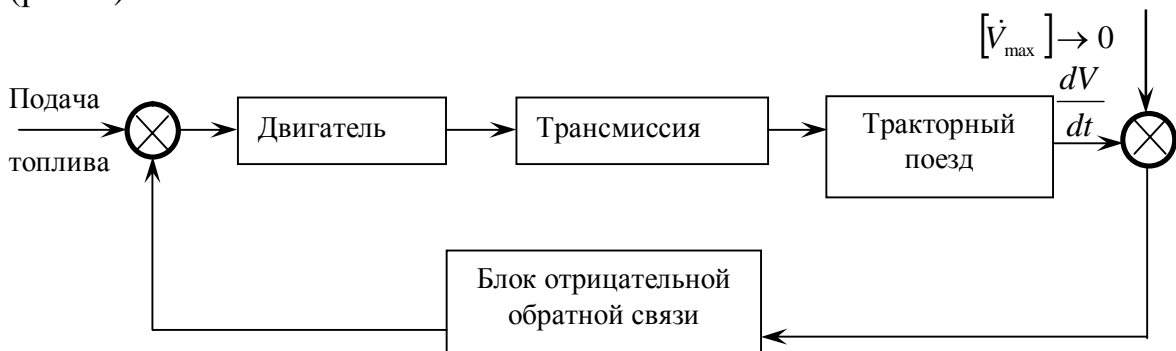


Рис. 2. Блок-схема системы автоматического регулирования синхронного движения комбайна и тракторного поезда.

С учетом использования системы автоматического регулирования синхронного движения комбайна и тракторного поезда, приведенной на рис. 1, линейная скорость тракторного поезда может быть определена

$$\vec{V}_1 = \vec{V}_{\text{техн}} + \int_0^{\Delta t} \left\{ \frac{d}{dt} [\Delta \vec{V}(t)] + \vec{V}_{lr} + \vec{V}_{\text{попр}} \right\} dt = \vec{V}_{\text{техн}} + \Delta \vec{V}(t) + \int_0^{\Delta t} \vec{V}_{lr} \cdot dt + \frac{1}{m} \int_0^{\Delta t} \vec{V}_1 dm, \quad (10)$$

где Δm – изменение массы тракторного поезда за время Δt .

Условием синхронизации движения комбайна и тракторного поезда в рассматриваемом случае (при $V_1 = V_{\text{техн}}$) будет



$$U = [\Delta V(t)]^2 + \left[\int_0^{\Delta} \vec{V}_{lr} dt + \frac{1}{m} \int_m^{m+\Delta m} \vec{V}_{техн} dm \right]^2 = 0. \quad (11)$$

Фактически уравнение (11) выражает условие равенства нулю суммы квадратов относительных ускорений многокомпонентного сложного движения системы машинных агрегатов – комбайна и тракторного поезда (аналог дисперсии отклонения скорости движения). При идеальном регулировании это дает возможность обеспечить равенство нулю суммы относительных скоростей движения.

Выводы. В результате проведенного исследования предложен метод управления движением системы мобильных машин с использованием физической модели многокомпонентного сложного (составного) движения.

Реализация предложенного метода возможна созданием систем автоматического управления подачей топлива в двигатели с использованием линейных акселерометров.

Литература

1. *Тарг С.М.* Краткий курс теоретической механики / *С.М. Тарг.* – М.: Наука, 1968. – 478 с.
2. *Артоболевский И.И.* Теория механизмов и машин / *И.И. Артоболевский.* – М.: Наука, 1975. – 640 с.
3. Метод парциальных ускорений и его приложения в динамике мобильных машин / [*Артемов Н.П., Лебедев А.Т., Подригало М.А., Полянский А.С., Клец Д.М., Коробко А.И., Задорожня В.В.*]; под ред. М.А. Подригало. – Х.: Міськдрук, 2012. – 220 с.
4. Акселерометры низкочастотные линейные. Термины и определения: ГОСТ 18955-73. – [Введен в действие 1973-06-29]. – М.: Издво стандартов, 1973. – 11 с.
5. Электронные системы контроля устойчивости: ECE/TRANS/180/dd 8 – [Введены в глобальный реестр 2008-06-26] – Женева: Глобальный реестр. организация объединенных наций, 2008. – 116 с.
6. Federal Motor Vehicle Safety Standard №126 «Electronic Stability Control Systems», Office of Regulatory Analysis and Evolution, National Center for Statistics and Analysis, 2006. – 142 p.
7. Подригало М.А. Новое в теории эксплуатационных свойств автомобилей и тракторов / М.А. Подригало. – Х.: Академия ВВ МВД Украины, 2013. – 222 с.
8. *Подригало М.А.* Рациональне шикунання автомобільних колон внутрішніх військ за критерієм динамічності / *М.А. Подригало, Д.В. Абрамов, А.І. Нікорчук* // Збірник наукових праць Академії внутрішніх військ МВС України, 2013. – №2. – С. 61-66.



УПРАВЛІННЯ МОБІЛЬНИМИ МАШИННИМИ АГРЕГАТАМИ ЯК ДИНАМІЧНОЮ СИСТЕМОЮ

А.Т. Лебедєв, М.П. Артёмов, М.Л. Шуляк, А.М. Аюбов

Анотація – запропоновано використовувати фізичні моделі багатокомпонентного складного (складеного) руху для вирішення завдань управління системою мобільних машинних агрегатів. Реалізація запропонованого методу можлива створенням систем автоматичного управління подачею палива в двигуни з використанням лінійних акселерометрів.

OPERATING OF MOBILE MACHINE UNITS AS DYNAMIC SYSTEM

A. Lebedev, N. Artiomov, M. Shuljak, A. Aubov

Summary

It is proposed to solve the problems of mobile machine units system operating using of complex multi-component (composite) movement physical models. Implementation of the proposed method is possible by creating of automatic operating systems of fuel supply to the engines using linear accelerometers.



УДК 631.3.02:001.57:635.2.001.4

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ МАШИНИ ДЛЯ ЗБИРАННЯ ЦИБУЛІ РІПЧАСТОЇ В УМОВАХ ПІВДНЯ УКРАЇНИ

Маринін С.О., інженер
УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого

Анотація – у статті наведено графи технологій вирощування цибулі ріпчастої та опис машин для збирання цієї овочевої культури. Наведено теоретичні дослідження долотоподібного робочого органа для викопування цибулі ріпчастої. Представлено опис розробленої експериментальної установки та обґрунтовано її оптимальні параметри.

Ключові слова: графи технологій, викопування, цибуля ріпчаста, долотоподібний робочий орган, клин, пласт ґрунту, багатofакторний експеримент, оптимізація.

Постановка проблеми. Одним з основних завдань, які стоять перед сільським господарством країни, є поліпшення постачання населення продовольством, у тому числі овочевою продукцією. Серед овочевих культур біля 14% площ займає цибуля ріпчаста. У силу високих антисептичних і лікувальних властивостей річне її споживання складає не менше 9-12 кг на людину.

Не дивлячись на спеціалізацію господарств і механізацію ряду трудомістких процесів (передпосівний обробіток ґрунту, посів, міжрядний обробіток та ін.), працезатрати на вирощування цибулі ще великі, при цьому більше 60 % ручної праці і 50 % енерговитрат припадає на роботи, пов'язані із збиранням, післязбиральною обробкою і зберіганням. Зниження собівартості і підвищення якості зібраного урожаю можна добитися не тільки використанням нових сортів, але і застосуванням нових машин і енергозберігаючих технологій.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Питання механізованого збирання цибулі розглянуті у фундаментальних роботах Богданова Г.П., Діденко Н.Ф., Кшникаткіна С.А., Ларюшина Н.В., Ларюшина Н.П., Медведева В.П., Мейлахса І.І., Петрова П.Д., Рахматуліна М.М., Рейнгарта Е.С., Хвостова В.А., Шабельника В.П., Щукіна М.М., Мітіна В.М., а також зарубіжних Ч. Петкова, Протасова А.А., Рибалко А.Г., L. Zannera, С. Маршалла, Zöldi Jstvan та ін.



Дослідженню робочих органів, які призначені виконувати різні операції при механізованому збиранні і доопрацюванні цибулі, присвячені роботи Богданова Г.Н, Діденко Н.Ф, Колчина Н.Н., Кшникаткина С.А., Ларюшина Н.В., Ларюшина Н.П., Мейлахса І.І., Рахматуліна М.М., Рейнгарта Е.С. [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19].

Ці роботи внесли вагомий внесок до дослідження закономірностей виконання збиральних операцій, а також в розробку робочих органів для викопування цибулі.

Рейнгарт Е.С. в своїх роботах, присвячених проблемам збирання цибулі і післязбирального доопрацювання цибулі, говорить про доцільність проводити відділення пера цибулі безпосередньо на полі (обрізання пера цибулі на кореню) [12].

Дослідами Богданова Г.П. [2] встановлено, що для машинного збирання вологість листя повинна бути в діапазоні 15-60%, а оптимальними термінами однофазного збирання є 7-9 день після обробки десикантами в період вилягання більше 80% листя у цибулі.

За спільними дослідженнями Мейлахса І.І. (НІОХ) і Рейнгарта Е.С. (ВІСХОМ) [7, 9] розроблена укорочена двофазна технологія збирання цибулі і технічних засобів для її здійснення. Технологія включає обрізання листя цибулі на кореню, викопування з укладанням у валки, короткочасну сушку (2-5 діб), підбір із завантаженням в транспортний засіб і післязбиральну обробку на стаціонарі.

Роботи Ларюшина Н.П., Мітіна В.М. [4, 10] присвячені відділенню пера від цибулини на стаціонарних пунктах за допомогою роторних обрізувачів, свідчать про те, що роторні обрізувачі забезпечують 85-92% повноти обрізання.

Актуальність проблеми підтверджується і тим, що нею займаються і учені таких країн як Німеччина, Англія, Нідерландах, США, Росія, Австралія, Японія і ін.

Мета дослідження – розроблення нового ресурсозберігаючого робочого органу для викопування цибулі з обґрунтуванням його конструкційно-кінематичних параметрів, що дозволить скоротити енергетичні та витрати праці, а також покращити якість продукції.

Виклад основного матеріалу дослідження. Найбільш трудомісткими операціями технології вирощування цибулі є збирання і післязбиральне доопрацювання [10, 8, 20], оскільки збирання пов'язане з необхідністю вилучення цибулин з ґрунту і подальшою сепарацією ґрунтових і інших домішок. Цим визначається висока трудомісткість збирання, що становить 60...80% від всіх трудовитрат на виробництво [4, 6, 10, 13, 16, 21].

Існує декілька варіантів збирання цибулі ріпчастої з частковою механізацією праці або комбайновим збиранням [4, 10, 11, 16, 22].

При ручному збиранні цибулі ріпчастої витрачається 7 люд.-год/ц. Розроблені до теперішнього часу машини не повною мірою відповідають сучасним вимогам.

Аналіз технологічних засобів збирання цибулі в розвинених країнах показує, що механізації збирання цибулі приділяють велику увагу. Випускається широка номенклатура машин, як причіпного, так і самохідного виконання. Як правило, машини використовують по двох технологіях збирання;

- двофазна (викопування і укладання у валок з подальшим механізованим підбором після 10...14 днів відлежування цибулі на полі для просушування і дозрівання);

- однофазна (обрізання бадилля, викопування цибулин і очищення від домішок, завантаження в транспортний засіб).

В Україні набула поширення двофазна технологія збирання, при якому підсушування і дозрівання здійснюється безпосередньо на полі після викопування з подальшим підбором.

Також в світовій практиці застосовуються інші технології, зокрема, однофазна, при якій просушування цибулі проводиться на стаціонарних пунктах [16, 22].

На рисунку 1 представлено граф можливих варіантів технологій вирощування цибулі ріпчастої.

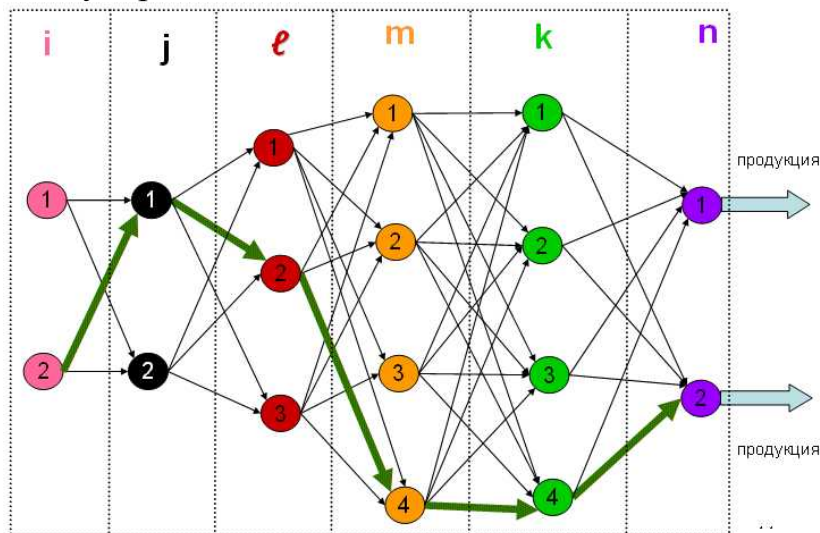


Рис. 1. Граф можливих варіантів вирощування цибулі ріпчастої

Систематизований згідно 3. Сигу граф містить основні технологічні прийоми, які доцільно позначити латинськими літерами (i j l mk n). Інтегруються вказані параметри наступним чином:

- класифікації способу збирання „i” можлива в двох варіантах, (1- однофазний або 2- двофазний);

- технологічні способи збирання цибулі „j” можливі в двох варіантах (1- викопування або 2- терebinня);



- схеми посівів, „*ℓ*” можливі в трьох варіантах, (1- стрічковий; 2- на грядках; 3- суцільний рядковий);

- спосіб забезпечення вологою „*м*” можливі в чотирьох варіантах, (1- природний фон; 2- полив по борознам; 3- полив дощуванням; 4- крапельне зрошення);

- обрізування пера „*к*”, можливі в чотирьох варіантах (1 – перед збиранням; 2 – під час збирання; 3 – під час підбору і завантаження в транспортний засіб; 4- після збирання на стаціонарних лініях очистки);

- спосіб подальшого зберігання „*п*” можливі в двох варіантах, (1 – короткотривале зберігання; 2 – довготривале зберігання).

Так технологія виділена на рис. 1 (*i*2, *j*1, *ℓ*2, *m*4, *k*4, *n*2) означає: двофазний спосіб збирання (*i*2), викопуванням (*j*1), на грядках (*ℓ*2), вирощування цибулі з використанням крапельного зрошення (*m*4), обрізування пера здійснюється на стаціонарних лініях очистки (*k*4), зберігання продукції планується довготривале (*n*2).

Технології механізованого збирання цибулі передбачають такі технологічні операції як обрізка пера, викопування, укладання у валок або завантаження цибулі в транспортний засіб. Виходячи з цього можуть бути і різні варіанти технологій збирання цибулі ріпчастої і в залежності від того яка вибрана технологія із представлених граф можливих технологій вирощування цибулі ріпчастої та наявної сільськогосподарської техніки для її реалізації:

- **I** – Обрізка → викопування і вкладання у валок → підбір і завантаження в транспортний засіб;

- **II** – Обрізка → викопування і завантаження в транспортний засіб;

- **III** – Викопування і вкладання у валок → підбір обрізка і завантаження;

- **IV** – Викопування, обрізка і вкладання у валок → підбір і завантаження;

- **V** – Викопування і вкладання у валок → підбір і завантаження в транспортний засіб → доочистка на стаціонарних машинах;

- **VI** – Викопування, обрізка, завантаження в транспортний засіб за один прохід.

На ринку України представлено два типи машин «SU2B» виробництва фірми «SAMON» (Нідерланди) [23] та WR-135 виробництва фірми «ASALIFT» (Данія) [24], які призначені для викопування цибулі, очищення її від землі та домішок і укладання у валок для дозрівання цибулин. Ці машини складаються з однотипних основних вузлів та механізмів (рами, навісного пристрою, прорізних дисків, пруткового транспортера, валкоукладчика, котка, опорних коліс) і відмінних (викопуючих робочих органів, зворотного клапану або бітера, привода).

Рама просторового типу з кронштейнами для триточкового механічного навішування на задню систему трактора. Прорізні диски для формування смуги ґрунту перед викопуючим робочим органом. Прутковий транспортер з механічним вібратором для транспортування цибулин та сепарування вороху. Валкоукладач для укладання очищеного вороху цибулі на поверхню грядки у валок для дозрівання. Коток для формування поверхні ґрунту під ворох цибулі з одночасною функцією опорного пристрою. Опорні колеса з гумовими шинами, встановленими в зоні навісного пристосування. Колеса можуть змінювати своє положення по ширині та висоті, що забезпечує необхідну глибину ходу робочого підкопуючого органу.

Викопуючі робочі органи машини SU2B – пасивні ножі (рис. 2) в яких залежно від умов роботи та покращення процесу підкопування та подачі цибулі на прутковий транспортер регулюється кут атаки.

Привід пруткових транспортерів машини SU2B від валу відбору потужності трактора здійснюється через карданний вал, кутовий редуктор, проміжні вали, ланцюгові передачі. Також в цій машині застосовується гідравлічна система для приведення в дію поворотного клапана, встановленого над ножами.



Рис. 2. Загальний вигляд робочих органів машини SU2B.

Викопуючий робочий орган машини WR-135 (рис. 3) є квадратний вал, що обертається в ґрунті. Привід квадратного вала, а також пруткового транспортера і бітера з чотирма лопатями встановленого над квадратним валом здійснюється через кутовий редуктор, проміжні вали, ланцюгові передачі, карданний вал від валу відбору потужності трактора.



Рис. 3. Загальний вигляд робочих органів машини WR-135.

Одним з основних напрямів підвищення якості збирання врожаю цибулі ріпчастої є пошук і конструювання робочих органів для одночасного викопування і сепарації цибулі від ґрунту і забезпечення передумов її подальшого механізованого збирання.

Результати теоретичних досліджень. Питанням розробки робочого органу долотоподібного типу присвячені роботи багатьох авторів. Фундаментальні дослідження проведені такими видатними вченими, як В.П. Горячкін і П.М. Василенко [25-27]. Надалі дослідження в цих напрямів були розвинені в роботах Г.Н. Синеокова, І.М. Панова, В.Ф. Пащенко, В.І. Ветохіна [28-32].

Вперше застосування робочого органу долотоподібного вигляду було застосоване для викопування цибулі ріпчастої [33].

Якісне виконання технологічного процесу (отримання необхідної частини грудок ґрунту менше або на рівні мінімального діаметра товарної цибулі), що тісно корелює з величиною кута кришення ґрунту β , є похідна таких чинників, як форма клину, яка впливає на величину активного кута ядра ущільнення, режими роботи (глибина ходу клину h , швидкість руху клину v) і тип ґрунту. Враховуючи постійність або невеликий розкид більшості з названих чинників (глибини ходу клину $h=4$ см, швидкості руху клину $v=6-7$ км/год), в умовах роботи робочого органу машини для викопування цибулі ріпчастої базовим параметром є кут α .

Під час руху в ґрунті викопуючого робочого органу долотоподібного типу перед ним утворюється ґрунтове ущільнене ядро з частинками, що періодично змінюються, у вигляді клину, яке й впливає на оброблюване середовище. Висота майданчика викопуючого робочого органу має відносно невеликий розмір (до 20 мм), і тому можна вважати, що ядро ущільнення має прямолінійну поверхню з висотою під-

йому ґрунту, рівною його ширині. Вибираємо декартову рухому систему координат XOZ з початком відліку в початку ядра ущільнення (рис. 4).

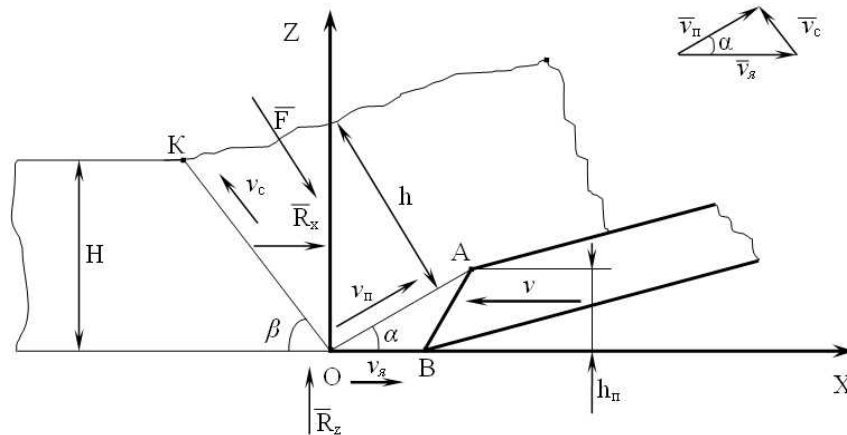


Рис. 4. Деформація ґрунту під впливом клину.

Ядро ущільнення АОВ, що переміщається із швидкістю $v_{я}$, вдавлюється в частину ґрунту, що не деформується. Це призводить до зниження швидкості руху пласта ґрунту щодо клину і підвищення його рівня. Виходячи з умов безперервності руху ґрунту, отримуємо:

$$h = H \frac{v}{v_{я}}, \quad (1)$$

де H – глибина ходу клину;

h – товщина вивантаженого шару ґрунту перед клином;

v – швидкість руху клину в ґрунті;

$v_{я}$ – швидкість руху ядра ущільнення;

$v_{ц}$ – швидкість руху пласта ґрунту щодо лінії зрушення ОК;

$v_{п}$ – швидкість руху пласта ґрунту щодо клину.

Тіло зрушення під дією ядра ущільнення переміщується по його поверхні з швидкістю $v_{п}$ і одночасно ковзає по площині зрушення з швидкістю $v_{ц}$ [25]. З трикутника швидкостей, використовуючи теорему синусів, знаходимо:

$$v_{п} = v_{я} \frac{\sin \alpha}{\sin(\alpha + \beta)}; \quad v_{ц} = v_{я} \frac{\sin \beta}{\sin(\alpha + \beta)}. \quad (2)$$

На утворене в сипкому середовищі тіло ковзання впливають горизонтальна R_x і вертикальна R_z складові рівнодіючої дії клину на ґрунт, викликані силами тертя і пасивним тиском ґрунту на клин, а також сила інерції пласта ґрунту F .

На підставі теорії граничного стану сипкого середовища знаходимо [31]:

$$R_x = h_{п} \frac{1 - \sin \varphi_B \cos 2\alpha}{1 - \sin \varphi} (1 + ctg \alpha tg \varphi) \cdot \left[\frac{\gamma H}{2} + C_{\omega} ctg \beta \left(1 - \frac{1 - \sin \varphi}{1 - \sin \varphi_B \cos 2\alpha} \right) \right]; \quad (3)$$



$$R_z = h_{\Pi} \frac{1 - \sin \varphi_B \cos 2\alpha}{1 - \sin \varphi} (1 + ctg \alpha tg \varphi) \cdot \left[\frac{\gamma H}{2} + C_{\omega} ctg \varphi_B \left(1 - \frac{1 - \sin \varphi}{1 - \sin \varphi_B \cos 2\alpha} \right) \right]. \quad (4)$$

де γ – щільність ґрунту;

φ – кут тертя ґрунт-клин;

φ_B – кут внутрішнього тертя ґрунт-ґрунт.

Приведені формули справедливі тільки для визначення зусиль, необхідних для утворення тіла ковзання [29].

Для спрощення подальших викладень введемо наступні позначення:

$$D_1 = \frac{1 - \sin \varphi_B \cos 2\alpha}{1 - \sin \varphi} h_{\Pi}; \quad (5)$$

$$D_2 = C_{\omega} ctg \varphi_B \left(1 - \frac{1 - \sin \varphi}{1 - \sin \varphi_B \cos 2\alpha} \right). \quad (6)$$

Тоді отримаємо:

$$R_x = D_1 \left(\frac{\gamma H v_{\gamma}}{2 v_{\gamma}} + D_2 \right) (1 + ctg \alpha tg \varphi); \quad (7)$$

$$R_z = D_1 \left(\frac{\gamma h v_k}{2 v_{\gamma}} + D_2 \right) (ctg \alpha + tg \varphi). \quad (8)$$

Динамічний тиск пласта, викликаний його інерцією, можна розглядати як безперервний удар частинок об площину клину, використовуючи рівняння Мещерського рівняння руху із змінною масою [4].

$$\frac{d(m\vec{v})}{dt} = \vec{F}. \quad (9)$$

Оскільки значення початкової швидкості частинок ґрунту у напрямі абсолютної швидкості до зіткнення з клином постійне, то рівняння (9) можна записати у вигляді

$$\vec{F} = \frac{dm}{dt} \vec{v}_{\Pi}. \quad (10)$$

Маса ґрунту $\frac{dm}{dt}$ одиничної ширини, що надходить на клин в одиницю часу, обчислюється за формулою

$$\frac{dm}{dt} = \frac{h\gamma}{g} v_{\gamma}.$$

Тоді, з урахуванням рівнянь (1) і (2), маємо:

$$F = \frac{H\gamma v}{g} \frac{\sin \beta}{\sin(\alpha + \beta)} v_{\gamma}. \quad (11)$$

Ввівши позначення

$$D_3 = \frac{H\gamma v}{g} \frac{\sin \beta}{\sin(\alpha + \beta)}, \quad (12)$$

Отримаємо:

$$F = D_3 v_{\gamma}. \quad (13)$$



Рівняння динаміки руху пласта ґрунту на поверхні клину в прийнятій системі

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = R_x + F \cos \beta ; \quad (14)$$

$$m \frac{d^2 z}{dt^2} = R_z - F \sin \beta . \quad (15)$$

З урахуванням рівнянь (7), (8) і (13) отримаємо:

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = D_1 \left(\frac{\gamma H v}{2 v_{\text{я}}} + D_2 \right) (1 + \text{ctg} \alpha \text{tg} \varphi) + D_3 v_{\text{я}} \cos \beta ;$$

$$m \frac{d^2 z}{dt^2} = D_1 \left(\frac{\gamma H v}{2 v_{\text{я}}} + D_2 \right) (\text{ctg} \alpha + \text{tg} \varphi) - D_3 v_{\text{я}} \sin \beta .$$

Позначивши

$$D_4 = (\gamma H v / 2 m) D_1 ; \quad (16)$$

$$D_5 = (1 + \text{ctg} \alpha \text{tg} \varphi) D_1 / m ; \quad (17)$$

$$D_6 = (\text{ctg} \alpha + \text{tg} \varphi) D_1 / m ; \quad (18)$$

$$D_7 = (\cos \beta / m) D_3 ; \quad (19)$$

$$D_8 = (\sin \beta / m) D_3 , \quad (20)$$

після проведення необхідних перетворень отримаємо таку систему диференціальних рівнянь:

$$\frac{d^2 x}{dt^2} - \frac{D_4 D_5}{v_{\text{я}}} - D_7 v_{\text{я}} - D_2 D_5 = 0 ; \quad (21)$$

$$\frac{d^2 z}{dt^2} - \frac{D_4 D_6}{v_{\text{я}}} + D_8 v_{\text{я}} - D_2 D_6 = 0 . \quad (22)$$

Введемо заміну змінних в рівнянні: $\frac{dx}{dt} = u ; \frac{d^2 x}{dt^2} = \dot{u}$.

Тоді

$$\dot{u} u - D_7 u^2 - D_2 D_5 u - D_4 D_5 = 0$$

або

$$u \frac{du}{dt} = D_7 u^2 + D_2 D_5 u + D_4 D_5$$

Після розділення змінних отримаємо

$$\frac{u du}{D_7 u^2 + D_2 D_5 u + D_4 D_5} = dt .$$

Проінтегруємо ліву частину рівняння

$$\frac{1}{23_7} \int \frac{d(D_7 u^2 + D_2 D_5 u + D_4 D_5)}{D_7 u^2 + D_2 D_5 u + D_4 D_5} - \frac{D_2 D_5}{2 D_7^2} \int \frac{du}{\left(u \frac{D_2 D_5}{2 D_7} \right) + \frac{D_4 D_5}{D_7} - \frac{(D_2 D_5)^2}{4 D_7^2}} .$$

Вирішивши диференціальне рівняння за умови, що

$$\frac{D_4 D_5}{D_7} - \frac{(D_2 D_5)^2}{4 D_7^2} > 0$$

отримаємо

$$\frac{tg \alpha}{D_7} \left[\ln \left| \frac{D_8 v_{я}^2 + D_2 D_6 v_{я} + D_4 D_6}{tg \alpha} \right| - \ln \left| \frac{D_4 D_5}{tg \alpha} \right| \right] - \frac{D_2 D_5}{D_7 \sqrt{\frac{D_4 D_5}{D_7} - \frac{(D_2 D_5)^2}{4 D_7^2}}} \times$$

$$\times \left[\ln \left| \frac{v_{я} + \frac{D_2 D_5}{2 D_7} - \sqrt{\frac{(D_2 D_5)^2}{4 D_7^2} - \frac{D_4 D_5}{D_7}}}{v_{я} + \frac{D_2 D_5}{2 D_7} + \sqrt{\frac{(D_2 D_5)^2}{4 D_7^2} - \frac{D_4 D_5}{D_7}}} \right| - \ln \left| \frac{\frac{D_2 D_5}{2 D_7} - \sqrt{\frac{(D_2 D_5)^2}{4 D_7^2} - \frac{D_4 D_5}{D_7}}}{\frac{D_2 D_5}{2 D_7} + \sqrt{\frac{(D_2 D_5)^2}{4 D_7^2} - \frac{D_4 D_5}{D_7}}} \right| \right] - t = 0. \quad (23)$$

Якщо $\frac{D_4 D_5}{D_7} - \frac{(D_2 D_5)^2}{4 D_7^2} > 0$, то рівняння (23) з урахуванням заміни

змінних запишеться так:

$$\frac{1}{D_7} \ln \left| D_7 v_{я}^2 + D_2 D_5 v_{я} + D_4 D_5 \right| - \frac{D_2 D_5}{D_7 \sqrt{\frac{D_4 D_5}{D_7} - \frac{(D_2 D_5)^2}{4 D_7^2}}} \cdot \operatorname{arctg} \frac{v_{я} + \frac{D_2 D_5}{2 D_7}}{\sqrt{\frac{D_4 D_5}{D_7} - \frac{(D_2 D_5)^2}{4 D_7^2}}} = t + C.$$

Виходячи з початкових умов $t = 0$; $v_{я} = 0$, отримаємо значення постійної інтеграції

$$C = \frac{1}{D_7} \ln \left| D_4 D_5 \right| - \frac{D_2 D_5}{D_7 \sqrt{\frac{D_4 D_5}{D_7} - \frac{(D_2 D_5)^2}{4 D_7^2}}} \cdot \operatorname{arctg} \frac{\frac{D_2 D_5}{2 D_7}}{\sqrt{\frac{D_4 D_5}{D_7} - \frac{(D_2 D_5)^2}{4 D_7^2}}}$$

У такому разі вирішення диференціального рівняння (21) матиме вигляд:

$$\frac{1}{D_7} \ln \left| D_7 v_{я}^2 + D_2 D_5 v_{я} + D_4 D_5 \right| - \ln \left| D_4 D_5 \right| - \frac{D_2 D_5}{D_7 \sqrt{\frac{D_4 D_5}{D_7} - \frac{(D_2 D_5)^2}{4 D_7^2}}} \times$$

$$\times \left[\operatorname{arctg} \frac{v_{я} + \frac{D_2 D_5}{2 D_7}}{\sqrt{\frac{D_4 D_5}{D_7} - \frac{(D_2 D_5)^2}{4 D_7^2}}} - \operatorname{arctg} \frac{\frac{D_2 D_5}{2 D_7}}{\sqrt{\frac{D_4 D_5}{D_7} - \frac{(D_2 D_5)^2}{4 D_7^2}}} \right] - t = 0.$$

Якщо $\frac{D_4 D_5}{D_7} - \frac{(D_2 D_5)^2}{4 D_7^2} < 0$, то рішення диференціального рівняння

(21) набуде вигляду:

$$\frac{1}{D_7} \ln \left| D_7 v_{я}^2 + D_2 D_5 v_{я} + D_4 D_5 \right| - \ln \left| D_4 D_5 \right| - \frac{D_2 D_5}{2 D_7 \sqrt{\frac{(D_2 D_5)^2}{4 D_7^2} - \frac{D_4 D_5}{D_7}}} \times$$

$$\times \left[\ln \left| \frac{v_{я} + \frac{D_2 D_5}{2 D_7} - \sqrt{\frac{(D_2 D_5)^2}{4 D_7^2} - \frac{D_4 D_5}{D_7}}}{v_{я} + \frac{D_2 D_5}{2 D_7} + \sqrt{\frac{(D_2 D_5)^2}{4 D_7^2} - \frac{D_4 D_5}{D_7}}} \right| - \ln \left| \frac{\frac{D_2 D_5}{2 D_7} - \sqrt{\frac{(D_2 D_5)^2}{4 D_7^2} - \frac{D_4 D_5}{D_7}}}{\frac{D_2 D_5}{2 D_7} + \sqrt{\frac{(D_2 D_5)^2}{4 D_7^2} - \frac{D_4 D_5}{D_7}}} \right| \right] - t = 0.$$

З урахуванням того, що $z = x \operatorname{tg} \alpha$; $\frac{d^2 z}{(dt)^2} = \frac{d^2 x}{(dt)^2} \operatorname{tg} \alpha$; $\frac{dx}{dt} = u$ рівняння

(22) запишемо у вигляді:

$$iu - \frac{D_8}{\operatorname{tg} \alpha} u^2 - \frac{D_2 D_6}{\operatorname{tg} \alpha} u - \frac{D_4 D_6}{\operatorname{tg} \alpha} = 0.$$

Якщо $\frac{D_4 D_5}{D_7} - \frac{(D_2 D_5)^2}{4D_7^2} < 0$, то рішення диференціального рівняння

(22) матиме вигляд

$$\begin{aligned} & \frac{\operatorname{tg} \alpha}{D_8} \left[\ln \left| \frac{D_8 v_{\text{я}}^2 + D_2 D_6 v_{\text{я}} + D_4 D_6}{\operatorname{tg} \alpha} \right| - \ln \left| \frac{D_4 D_5}{\operatorname{tg} \alpha} \right| \right] - \frac{D_2 D_5}{2D_7 \sqrt{\frac{(D_2 D_5)^2}{4D_7^2} - \frac{D_4 D_5}{D_7}}} \times \\ & \times \left[\ln \left| \frac{v_{\text{я}} + \frac{D_2 D_5}{2D_7} - \sqrt{\frac{(D_2 D_5)^2}{4D_7^2} - \frac{D_4 D_5}{D_7}}}{v_{\text{я}} + \frac{D_2 D_5}{2D_7} + \sqrt{\frac{(D_2 D_5)^2}{4D_7^2} - \frac{D_4 D_5}{D_7}}} \right| - \ln \left| \frac{\frac{D_2 D_5}{2D_7} - \sqrt{\frac{(D_2 D_5)^2}{4D_7^2} - \frac{D_4 D_5}{D_7}}}{\frac{D_2 D_5}{2D_7} + \sqrt{\frac{(D_2 D_5)^2}{4D_7^2} - \frac{D_4 D_5}{D_7}}} \right| \right] - t = 0. \end{aligned} \quad (24)$$

Час проходження пласта ґрунту клином з урахуванням рівняння (2) обчислюємо за формулою

$$t = \frac{h_{\Pi}}{\sin(\alpha + \beta) v_{\text{я}}}. \quad (25)$$

Масу ґрунту, що впливає на площину ядра ущільнення і робочий орган, знаходимо з геометричних міркувань на підставі відомих величин кутів зрушення і обсіпання за формулою

$$m = \frac{\gamma H v}{v_{\text{я}}} \left\{ \frac{h_{\Pi}}{\sin \alpha} + \frac{H v [\operatorname{ctg}(\alpha + \beta)] - \operatorname{ctg}(\alpha + \varphi_B)}{2v_{\text{я}}} \right\}, \quad (26)$$

де кут зрушення $\beta = 90^\circ - \frac{\alpha + \varphi + \varphi_B}{2}$.

Результати експериментальних досліджень. Для дослідження процесу викопування цибулі ріпчастої в УкрНДІПВТ ім. Л.Погорілого розроблено і виготовлено експериментальну установку (рис. 5).

Експериментальна установка включає навісний пристрій 1, спеціальну раму 2 з встановленими на ній робочими органами 3, бітер 4, кутовий редуктор 5, привід бітера 6, а також опорні колеса 7. Навісний пристрій забезпечує навішування установки на три точкову навісну систему трактора. Рама жорстка зварна конструкція до якої приварені кронштейни для кріплення інших вузлів та деталей. Робочі органи – набір вузьких доліт закріплених на штабі.

При цьому ширина вузького долота 16 мм знаходиться в межах половини одного мінімального діаметра товарної цибулі, інтервал розстановки вузьких доліт 30 знаходиться в межах одного мінімального діаметра товарної цибулі.



Рис. 5. Експериментальна установка: 1 – навісний пристрій; 2 – рама; 3 – викопуючі робочі органи (набір доліт); 4 – бітер; 5 – редуктор; 6 – привід; 7 – опорне колесо

Крім того, набір вузьких доліт встановлено таким чином, що вони можуть займати п'ять положень за кутом атаки, а саме: 10° , 15° , 20° , 25° і 30° .

Бітер, являє собою встановлений в шарикопідшипниках вал на якому приварені шість пластин до яких пригвинчуються лопаті бітера. Кутовий редуктор забезпечує передачу крутного моменту від вала відбору потужності трактора на привід бітера. Привід бітера складається з ланцюгової передачі і двох зірочок, які встановлюються так, щоб зберігалось стале передаточне відношення зірочок на різних швидкостях. Зміною положення опорних коліс по вертикалі забезпечується глибина ходу доліт.

Конструктивні особливості установки забезпечують:

- зміну кута атаки (α) викопуючих робочих органів (набору доліт);
- зміну кількості лопатей бітера (Z);
- зміну числа обертів бітера (підтримується сталий кінематичний режим);
- зміну глибини ходу (h) викопуючих робочих органів;
- зміну місця установки осі бітера із лопатями.

Для проведення багатофакторного експерименту було виділено 45 ділянок смуги цибулі завдовжки 35 м кожен. Трактор ЮМЗ-6 з навішеною на навісну систему експериментальною установкою, налагодженою відповідно до вимог заданого варіанта експеримента проходили 3 рядки (три повторності в кожному експерименті) при одному і тому ж сталому коефіцієнті кінематичного режиму – $\lambda = 1,3$. Для визначення регресивної моделі, використовували D- оптимальний план Бокса-Бенкена. Чинники, що досліджували: α – кут атаки доліт, Z – число лопатей бітера і v – швидкість руху агрегата. Рівняння варіювання чинників представлено в табл. 1.

Рівні варіювання чинниками

Рівні та інтервал варіювання	Кодоване значення	Чинники та їх позначення		
		Кут атаки доліт α , град (x_1)	Число лопатей бітера, $Z(x_2)$	Швидкість руху агрегату, v , км/ГОД (x_3)
Верхній рівень	+1	10	2	3
Основний рівень	0	15	4	5
Нижній рівень	-1	20	6	7
Інтервал варіювання		5	2	2

Для організації проведення експериментів розроблена трирівнева матриця D-оптимального плану Бокса – Бенкена другого порядку для трьох чинників (α, z, v), який включає результати варіантів експериментів (три повторності – колонки 11, 12, 13). Для проведення кожного експеримента установка налаштовувалася на заданий варіант параметрів відповідно до матриці планування.

Обробка експериментальних даних здійснювалася за допомогою стандартного програмного забезпечення STATISTICA. В результаті отримали математичну модель другого порядку та побудовано поверхні відгуку (рис. 6).

$$P = 0,120x_1 + 0,016x_2 + 0,054x_3 + 0,025x_1x_2 + 0,115x_1x_3 - 0,007x_2x_3 + 0,116x_1^2 - 0,016x_2^2 + 0,034x_3^2$$

Для пошуку оптимального значення параметрів за рівнянням регресії знайдемо приватні похідні, рівняємо їх нулю та складаємо систему рівнянь

$$\frac{dy}{dx_1} = 0,12 + 0,025 \cdot x_2 + 0,115 \cdot x_3 + 2 \cdot 0,116 \cdot x_1;$$

$$\frac{dy}{dx_2} = 0,016 + 0,025 \cdot x_1 - 0,007 \cdot x_3 - 2 \cdot 0,016 \cdot x_2;$$

$$\frac{dy}{dx_3} = 0,054 + 0,115 \cdot x_1 - 0,007 \cdot x_2 + 2 \cdot 0,034 \cdot x_3.$$

Після вирішення системи рівнянь і визначення невідомих $x_1 = -0,670327169$; $x_2 = -0,095806543$; $x_3 = 0,329661451$ здійснюємо перехід від кодованих значень (x_1, x_2, x_3) факторів до натуральних (α, Z, V)

$$\alpha = \varepsilon_1 x_1 + \alpha_0; \quad Z = \varepsilon_2 x_2 + Z_0; \quad V = \varepsilon_3 x_3 + V_0,$$

де $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$ – інтервали варіювання факторів;

α_0, Z_0, V_0 – основні рівні факторів в натуральних виразах.

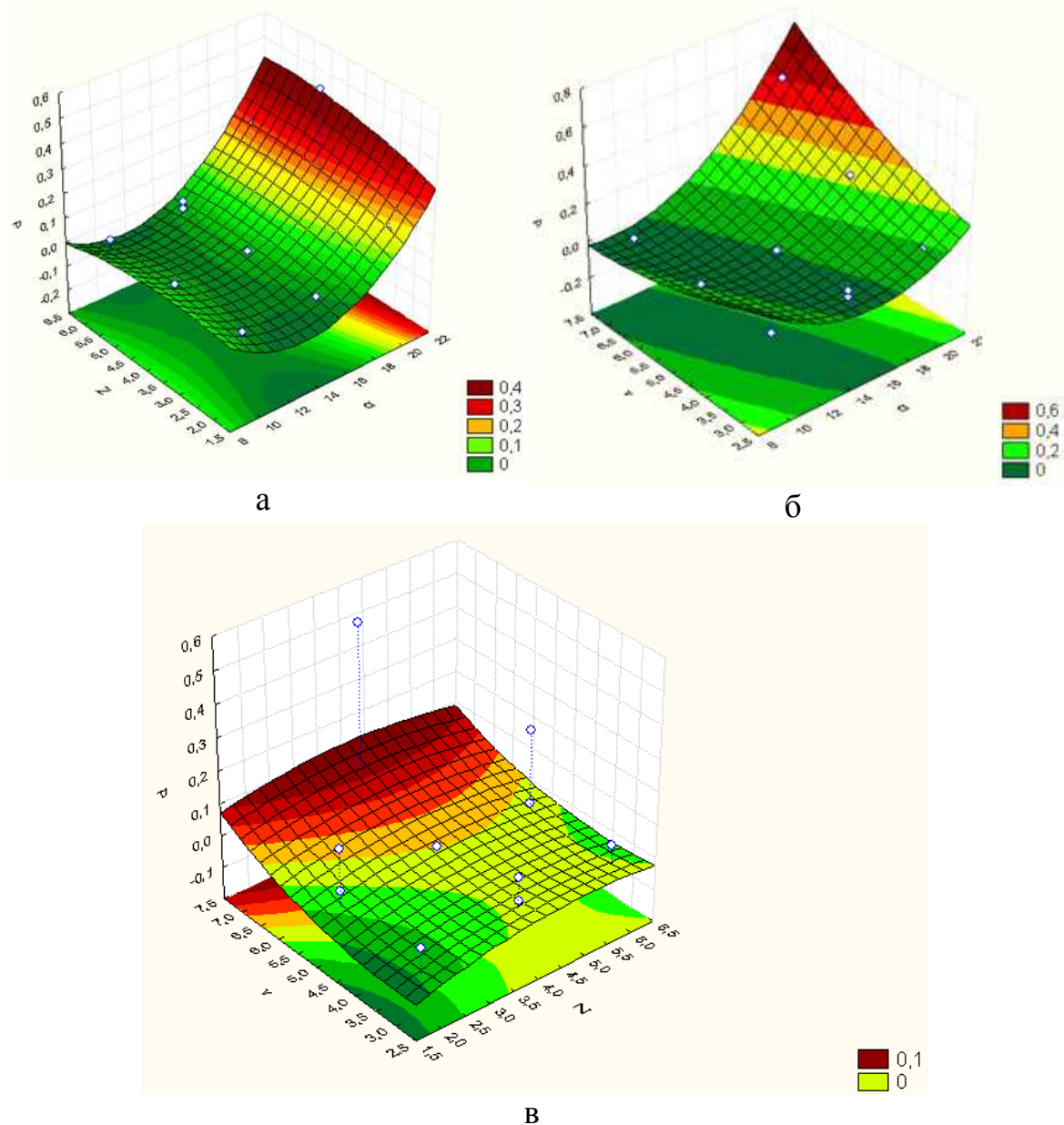


Рис.6. Поверхні відгуку залежності втрат цибулі від:
а – кількості лопатей і кута атаки доліт при швидкості руху 5 км/год; б – швидкості руху і кута атаки доліт при кількості лопатей 4 шт; в – швидкості руху і кількості лопатей при куті атаки доліт 15° .

Оптимальний кут атаки доліт (α) буде дорівнювати:

$$\alpha = 5 \cdot (-0,67) + 15 = 11,65^\circ, \text{ приймаємо } \alpha = 12^\circ$$

Оптимальна кількість лопатей бітера (Z) буде дорівнювати:

$$Z = 2 \cdot 0,096 + 4 = 3,81, \text{ приймаємо } Z = 4 \text{ шт.}$$

Оптимальна швидкість руху агрегату по полю (V) буде дорівнювати:

$$V = 2 \cdot 0,33 + 5 = 5,66, \text{ приймаємо } V = 6 \text{ км/год.}$$

Висновки.



1. Механізація найбільш трудомісткого процесу збирання цибулі ріпчастої є актуальною. Імовірні технологій вирощування цибулі інтегруються графом похідною розкладу якого є мережа можливих варіантів технологій з відповідним розмаїттям вибору техніки.

2. Вітчизняний ринок пропонує для збирання цибулі лише імпортні зразки техніки які мають відмінності в технологічних підходах і технічній реалізації. Важливими є дослідження і розробка вітчизняної техніки для вирощування і збирання цибулі ріпчастої, що особливо актуальна для господарств з малим і середнім розмірно-ресурсним рівнем.

3. Після вирішення системи рівнянь було знайдено значення кута β кришення ґрунту долотом і відносна швидкість руху пласта ґрунту по ядру ущільнення. Представлена модель дає можливість визначити кут β кришення ґрунту, відносну швидкість руху пласта ґрунту, а також час знаходження пласта на клині.

4. Розроблено і виготовлено дослідний зразок установки із запропонованим викопуючим робочим органом для покращення якісних показників роботи.

5. В результаті проведення експериментальних лабораторно-польових досліджень та обробки даних розроблені регресійна математична модель, яка характеризує зміни втрат цибулі в залежності від конструктивно-технологічних параметрів – кута атаки доліт, кількості лопатей бітера та швидкості руху агрегату. Визначено оптимальні конструкційні параметри і режими роботи установки кут атаки доліт $\alpha = 12^\circ$, кількість лопатей бітера $Z = 4$ шт, швидкість руху агрегату по полю $V = 6$ км/год.

Література.

1. Болотских А.С. Овощи Украины. Справочник / А.С. Болотских. – Харьков: Орбита, 2001. – 1088 с.
2. Богданов Г.П. Исследование и обоснование технологического процесса предуборочной подготовки и способа уборки лука-севка и маточного лука в условиях Волго-Вятского района РСФСР: Автореф. дис. ... кандидата с.х. наук. – Москва, 1989. – 26 с.
3. Ларюшин Н.П. Машины для уборки и доработки лука / Н.П. Ларюшин, И.И. Мейлахс, В.П. Глушко // Картофель и овощи, 1990. – № 4. – С. 31-34.
4. Ларюшин Н.П. Механизация уборки лука / Н.П. Ларюшин, Н.В. Абрамов, В.М. Макаров // Картофель и овощи, 1992. – № 4. – С. 11-12.
5. Ларюшин Н.П. Устройство для выкапывания лука / Н.П. Ларюшин, Н.В. Абрамов, И.И. Мейлахс // Картофель и овощи, 1991. – № 4. – С. 31-32.
6. Диденко Н.Ф. машины для уборки овощей / Н.Ф. Диденко, В.А. Хвостов, В.П. Медведев. – М.: Машиностроение, 1984. – 320 с.



7. Мейлахс И.И. Комплекс машин для уборки лука-репки / И.И. Мейлахс, Э.С. Рейнгарт // Механизация и электрификация сельского хозяйства, 1990. – № 9. – С. 29-31
8. Мейлахс И.И. Комплексная механизация однофазной уборки лука / И.И. Мейлахс, В.Н. Сельмен, Э.С. Рейнгарт // Механизация и электрификация сельского хозяйства, 1981. – № 9. – С. 17-19.
9. Мейлахс И.И. Специальные технические средства для уборки лука / И.И. Мейлахс, Э.С. Рейнгарт, Л.И. Левчук // Сельское хозяйство за рубежом. 1979. – № 10. – С. 10-12.
10. Мітін В.М. Вдосконалення технології та технічних засобів механізованого збирання цибулі: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.20.01. «Механізація сільськогосподарського виробництва» / В.М. Мітін. – Мелітополь. – 2000. – 18 с.
11. Петров Г.Д., Бекетов П.В. Механизация возделывания и уборки овощей / Г.Д. Бекетов, П.В. Бекетов. – М.: Колос, 1983. – 250 с.
12. Рейнгарт Э.С. Обоснование параметров и разработка машин для уборки корнеплодов и лука: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Э.С. Рейнгарт. – М., 1995. – 136 с.
13. Хвостов В.А. Машины для уборки корнеплодов и лука. Теория, конструкция, расчет / В.А. Хвостов, Э.С. Рейнгарт. – М.: Полимаг, 1995. – 392 с.
14. Хвостов В.А. техника для фермских хозяйств / В.А. Хвостов, Э.С. Рейнгарт // Картофель и овощи, 1991. – № 1. – С. 15-17.
15. Ларюшин Н.П. Параметры и режимы работы подборщика лука-севка с вальцово-битерным устройством / Н.П. Ларюшин, А.М. Ларюшин // Тракторы и сельхозмашины. – 2009. – № 6. – С. 11-13.
16. Ларюшин Н.П. Рациональная технология уборки лука / Н.П. Ларюшин, А.М. Ларюшин // Успехи современного естествознания. – 2007. – № 9. – С. 37-38.
17. Ларюшин, Н.П. Результаты лабораторных исследований выкапывающего рабочего органа лукоуборочной машины / Н.П. Ларюшин, А.М. Ларюшин, Н.М. Семикова // Роль науки в развитии АПК: Сб. науч. трудов научно-практической конференции инженерного факультета Пензенской ГСХА. – Пенза: РИО ПГСХА, 2005. – С. 190–193.
18. Рыбалко А.Г. Параметры и режимы работы выкапывающе-сепарирующего органа / А.Г. Рыбалко, А.М. Ларюшин // Тракторы и сельхозмашины. – 2009. – № 9. – С. 17-19.
19. Протасов А.А. Функциональное моделирование процесса уборки лука-репки / А.А. Протасов // Вестник саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – 2005. – № 6. – С. 25-26.



20. Технології та нормативи витрат на вирощування овочевих культур; за ред. *П.Т. Саблука, Д.І. Мазоренка, Г.Є. Мазнева.* – К.: ННЦ ІАЕ, 2009. – 340 с.
21. *Борисов В.Я.* Спутник овощевода / *В.Я. Борисов, М.Ф. Перегуд, Р.А. Борисова.* – Симферополь: Таврия, 1972. – 213 с.
22. *Щукин М.М.* Однофазная уборка повышает качество / *М.М. Щукин, Г.П. Баданов, М.М. Рахматулин* // Картофель и овощи, 1989. – № 4. – С. 32-35.
23. Протокол випробувань № 537/(69-20/3) Машина для викопування цибулі SU2B / Південно-Українська філія УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого – Херсон, – 2007. – 28 с.
24. Протокол державних випробувань № 538/(156-10/3) Машина для викопування цибулі WR-135 / Південно-Українська філія УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого – Херсон, – 2008. – 31 с.
25. *Горячкин В.П.* Общая теория орудий. Собр. сочинений / *В.П. Горячкин.* – т.1, М.:Колос. – 1965.
26. *Горячкин В.П.* Теория разрушения почв. Собр. сочинений / *В.П. Горячкин.* – т.2, М.:Колос.– 1965.
27. *Василенко П.М.* Теория движения частиц по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин / *П.М. Василенко.* – изд-во УАСХН.-К.: 1960. – 284 с.
28. *Синеоков Г.Н.* Теория и расчет почвообрабатывающих машин / *Г.Н. Синеоков, И.М. Панов.* – М.: «Машиностроение», 1977. – 328с.
29. *Зеленин А.Н.* Основы разрушения грунтов механическими способами / *А.Н.Зеленин.* – изд-е 2-е. – М.: Машиностроение, 1968.– 375 с.
30. *Панов И.М.* Физические основы механики почв / *И.М. Панов, В.И.Ветохин.* – К.: Феникс, 2008. –266 с.
31. *Пащенко В.Ф.* Механико-технологические средства эколого-экономического совершенствования процессов обработки почвы: дис. ... док. техн. наук: 05.05.11 / *В.Ф. Пащенко.* – Харьков, 2005. – 335 с.
32. *Ветохін В.И.* Системні та фізико-механічні основи проектування розпушувачів ґрунту: автореф. дис. док. техн. наук: спец. 05.05.11 «Машини та засоби механізації в сільськогосподарському виробництві». / *В.И. Ветохін.* – Глеваха, 2010. – 43 с.
33. Пат. 59912 Україна, МПК А 01 В 77/00. Викопуючий робочий орган для цибулі / *В.І. Кравчук, С.П. Маринін, А.С. Кушнар'юв, Л.П.Шустік, Л.І. Мазурик* (Україна). - № u201011767; заявл. 04.10.2010; опубл. 10.06.2011, Бюл. №11. – С. 4.



**ИССЛЕДОВАНИЕ И ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ
МАШИНЫ ДЛЯ УБОРКИ ЛУКА РЕПЧАТОГО
В УСЛОВИЯХ ЮГА УКРАИНЫ**

С. Маринин

Аннотация – в статье приведены графы технологий выращивания лука репчатого и описание машин для уборки этой овощной культуры. Приведены теоретические исследования долотообразного рабочего органа для выкапывания лука репчатого. Представлено описание разработанной экспериментальной установки и обосновано ее оптимальные параметры.

**RESEARCH AND SUBSTANTIATION PARAMETERS
OF MACHINES FOR ONION HARVESTING IN THE
SOUTH OF UKRAINE**

S. Marinin

Summary

The article contains graphs of technologies for growing onions and description of machines for harvesting this vegetable culture. Theoretical studies of the chisel-shaped working organ for digging onions are presented. A description of the developed experimental setup is presented and its optimal parameters are substantiated.



УДК 631.

СЕМИОСФЕРНЫЕ (ЗНАКОВЫЕ) ОСНОВЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Нугис Э. Ю. д.т.н., с.н.с., заслуженный изобретатель Эстонии
Эстонский НИИ растениеводства (www.etki.ee)

Аннотация – в статье представлены результаты исследований по комплексной оценке уплотнения почвы с целью связать характер и уровень приведенных состояний почвы со знаковыми системами, используя метод гуттации.

Ключевые слова: метод гуттации, уплотнение почвы, знаковые системы, комплексная оценка, агробиоценоз.

Постановка задачи и анализ последних исследований. Выполнение функций живого вещества в геобиоценозах и агроценозах является чрезвычайно сложным и небезопасным для гармонического развития. Основополагающая статья проф. А.С. Кушнарера [22] затрагивает глобальные проблемы, связанные с биосферой и нацеленные на земледелие. Как Человечество, так и агроценоз являются одинаково древними и всякие нарушения, причиняемые первым, являются удобной платформой для политической и конкурентной борьбы. Если при нашем случае попытаться заглянуть вглубь истории далеких предков, которые умели уже тогда успешно заниматься сельским хозяйством, то здесь нет ничего удивительного, что это у них это получилось успешно, так как они были ближе к природе и умели читать ее знаки. При этом тогда никому и в голову не приходила мысль, чтобы создать на основе этого особую знаковую систему. Все знали точно, когда, что и как нужно делать, все умели читать природные знаки и передавали этот опыт из поколения в поколение. Это, как известно, продолжалось до той поры, пока в результате бурного развития технического прогресса человечество успело потерять близкий контакт с природой в общем, а также с полем и с почвой в частности.

В настоящее время машины стали настолько производительны и эргономичны, что водитель, которого сейчас уже принято называть – «оператором», сидит во время выполнения полевых работ в кабине трактора или комбайна, как в самолете, а мобильное техническое средство (МТС) движется самопроизвольно по заданному маршруту и его движение контролируется с помощью спутникового обеспечения DGPS [10, 11]. Водитель лишь следит за работой МТС. Естественно,



что кое-какая информация о состоянии почвы и растения поступает через соответствующие датчики в бортовой компьютер, но в целом результат работы МТС, с точки зрения последствия как на почву, так и на растение, трудно прогнозировать. Без сомнения, что оба, как почва, так и растение, являются живыми организмами и на результат работы МТС они будут в той или иной степени, так или иначе, реагировать после определенного времени. Только возникает вопрос, каково итоговое последствие того или другого качества работы и сколько требуется от фермера умения, чтобы читать и различать соответствующие знаки почвы и растения на поле. Сегодня ученые это называют биометрическими и фенологическими наблюдениями. Примечательно отметить, что на этот факт результатах своих исследований указывают также и А. Кушнарев и В. Погорелый [20]. В общем-то фенологические наблюдения нашли широкое применение у географов-краеведов, но то, что они имеют непосредственное отношение к семиотике, это никем и нигде до сих пор не было отмечено.

Как ни странно, но знаковые системы впервые нашли применение не в сельском хозяйстве, не говоря уже о географии и биологии, а в лингвистике, в последствии они нашли широкое применение также и в философии [1 – 11]. Оттуда они распространились и в остальные области науки [8; 9]. В Эстонии ученые начали заниматься с проблемами знаковых систем или семиотики в первой половине прошлого столетия. Следует при этом отметить, что Эстония в какой-то мере стала центром теоретических разработок, связанных с семиотикой, благодаря тому, что интенсивное творческое сотрудничество шло по линии Тарту – Москва. Это стало возможным благодаря двум известным ученым: Владимиру Иванову и Юрию Лотману, которые создали совместную научную школу. Следует не забывать и имя Якоба фон Уексхюля [6; 17], преемника известной фамилии Балтийских баронов из Юга Эстонии, который является одним из основоположником учения о знаковых системах. Ему принадлежит уникальный подход к интерпретации знаковых систем, в котором по его представлениям во всем и у всех материальных объектов существует своеобразный собственный мир или «Umwelt». Если говорить о знаках и об их системе, т.е. о семиотике, то под этим подразумевается целая наука. Семиотика исходит от греческого слова „semeion“ или знак. При Тартуском университете создано Общество семиотики Эстонии (ОСЭ) и под его эгидой проводятся в Тарту регулярные всемирные форумы ученых, занимающихся теоретическими разработками по семиотике. Исходя из многочисленных источников (нам возможно при данной статье ссылаться лишь на малую их часть), можно семиотику как науку попытаться дефинировать согласно нижеследующему. Под семиотикой можно подразумевать: 1) знаки, их системы и процессы коммуника-



ции; 2) системные показатели исследуемого объекта, при котором знаковые системы связаны через соответствующие коды с его описательным характером. Поэтому можно им присвоить и различные семиотики, например: а) художественной литературе – литературную семиотику; б) театральным представлениям – театральную семиотику; в) живописи – художественную семиотику ит.д. ит.п. Аналогично для объектов, связанных с биологическими кодами, мы можем говорить о экосемиотике, биосемиотике, фитосемиотике и зоосемиотике [7]. Автором данной статьи были еще дополнены – агросемиотика и педосемиотика [15, 16]. Таким образом, основополагающим является расшифровка знаковых систем через правильный выбор кодов.

Из многочисленных публикаций ОСЭ можно для семиотики выделить главную особенность, заключающаяся в том, что семиотику можно считать наукой всех наук. Реферируя из источника (Biosemiotics in the twentieth century - www.zbi.ee/~kalevi/bsxxfin.htm) слова известного ученого Санкт-Петербургского университета проф. С. Чебанова, уместно подчеркнуть, что с помощью семиотики возможно в любой области науки синтезировать методологический опыт, способствующий развитию и улучшению диалога между различными научными дисциплинами [7].

Если взять за основу биосемиотику, которая является главенствующей в иерархической цепи семиотик, связанных с биологической наукой, то можно схематически представить логическое равенство [15]:

bios* Греч. (жизнь) + *semeion* Греч. (знак) = *biosemiootika

Аналогично можно представить для вышеуказанных семиотик, предложенных автором,:

agros* Греч. (поле) + *semeion* = *agrosemiootika

pedos* Греч. (почва) + *semeion* = *pedosemiootika

Если еще попытаться дать семиотике более простое объяснение, невозможно не согласиться с тем, что следы на снегу указывают на наличие того или иного животного, который только что или раньше прошло, седые же волосы указывают естественно на пожилой возраст человека, а слово «собака» вызывает живое представление о типичной собаке, но ни в коем случае не о волке.

Подытоживая сказанное, согласно источникам [7 – 10] можно попытаться охарактеризовать различные иерархические уровни семиотик, начиная от неживой природы и кончая высокоорганизованным человеческим обществом. Таким образом можно представить, что первичная граница семиотических уровней вычерчивается между живой и неживой природой. Вторая граница вычерчивается между вегетативной и анимальной природой и третья - между анимальной и языковой. Все они имеют соответствующие границы также и между их



собственными мирами или «Umwelt» [5, 9]. В вегетативном (при растении) у «Umwelt» нет ни времени ни пространства, в анимальном же у «Umwelt» есть пространство, но нет времени. «Umwelt» (в языковом отношении), т.е. у людей, имеет как время, так и пространство. При этом примечательно отметить, что биосемотика стремится делать перевод «Umwelt» из вегетативного и анимального текстов в человеческий. Естественно, чтобы это возможно было бы впрямую и натурально осуществить, мы вынуждены сталкиваться с непростой задачей, но в этом направлении имеются в настоящее время уже некоторые сдвиги. Примеров можно назвать уже предостаточно, если обратиться к уже известным источникам [10]. Одно дело осуществить вышеуказанный перевод, а как связать это с конкретными физическими величинами и как их интерпретировать, в этом по нашему мнению и заключается главная проблема, которая требует научного решения.

Цель исследований – поиск возможности интерпретации знаковых систем в земледелии и разработка методики перехода на примере почвы от ее знаковых систем (педосемотика) к конкретным физическим величинам и наоборот. Также была поставлена цель исследовать педосемиосферу (по аналогии – биосфера) в условиях как негативного, так и щадящего и улучшающего воздействий МБТС на почву. Также была сделана попытка дать уподобляющее толкование Умвельту («Umwelt») при экстремально ухудшенном состоянии почвы и как это можно интерпретировать, исходя из наличия «собственного внутреннего мира» у почвы до воздействия МБТС и что останется от этого так называемого мира после чрезмерного уплотнения почвы ходовыми системами (ХС) МБТС.

Основная часть. Для реализации поставленной цели мы приняли под рассмотрение целый комплекс показателей (плотность, твердость, влажность, структурность) физического состояния и вдобавок еще истощенности почвы. Из названных одним из важных и интегральных показателей является плотность почвы. На ее особую роль в формировании урожая с/х культур указывается также и в вышеупомянутой статье проф. А. С. Кушнарера [20]. Тем более, что фермеры и остальные производители с/х продукции заинтересованы в получении достоверной информации о результатах последствия машин при их использовании на полевых работах, в особенности же при движении на поворотных полосах и на технологических колеях, так как они представляют собой как бы искусственно образовавшуюся проезжую дорогу и это хорошо, если оттуда что-нибудь возможно дополнительно в смысле урожая собрать.

Так как мы имеем в итоге дело с комплексной и разнохарактерной системой «машина-почва-растение» (МПР), что естественно является мультифункциональной, то педосемотик, не говоря уже об агросе-



миотике, может оказаться в затруднении при чтении соответствующих знаков на поле, с которыми ему приходится сталкиваться в течение всего вегетационного периода, т.е. начиная с первой предпосевной почвообработки (имеется ввиду гумидная, а не аридная зона) и кончая зяблевой вспашкой. С целью прогнозирования урожая знания и умения чтения знаковых систем особенно важным является многолетний опыт работы в сельскохозяйственном производстве и соответствующая квалификация специалиста, которые могут облегчить путь к приобретению им опыта чтения природных знаков. Без сопоставления их, например, с физическими величинами, могут для получения правдоподобного прогноза появляться серьезные препятствия.

Нам представляется что, для любого практика в области земледелия нетрудно понять, что как ходовые системы (ХС) машин, работающих на полях, так и рабочие органы (РО) почвообрабатывающих орудий могут существенно влияют на почву.

С учетом вышеупомянутой плотности почвы, важно также знать, какая из ее компонентов наиболее характерно описывает действительное состояние почвы. Как известно, им является воздухообеспеченность. Следовательно, за основной оценочный показатель для характеристики почвенного состояния принят коэффициент пористости ε . Коэффициент пористости легко рассчитывается из соотношений [26] между объемом воздуха в порах и плотностью почвы (мы плотность почвы определяли объемными цилиндрами в 100 см³, фирмы Eijkelkamp). Объем воздуха в порах определяется из разности между плотностью твердой фазы почвы δ и плотностью почвы μ (для средних почв Эстонии $\delta = 2,52...2,65 \text{ Mg m}^{-3}$ или г/см³). Следует при этом отметить, что за цену измерения плотности почвы принята Mg m^{-3} , что используется в основном в Западных литературных источниках.

Зная предельные значения коэффициентов пористости ε_{max} – до уплотнения (почва в разрыхленном состоянии после весенней предпосевной почвообработки – наиболее благоприятный знак) и после максимально предельного уплотнения ε_{min} , когда коэффициент пористости принимает минимальное значение (поры почвы максимально сжаты и корни растений неспособны уже туда проникнуть - крайне неблагоприятный знак), можно попытаться оценить любое промежуточное состояние ε_i , между этими двумя экстремальными знаками состояния почвы. Следует при этом отметить, что предельно уплотненное состояние почвы обычно определяется в лабораторных условиях с использованием прибора компрессионного сжатия почвы и методом гуттации [18]. Последний и лег в свое время за основу разработки автором данной статьи соответствующих методических рекомендации [20].



Наша задача состоит только в том, чтобы придать знаковой модели удобный и простой вид, чтобы логически и семиотически описать нас интересующее состояние почвы. Для этого мы взяли за основу известный показатель – индекс уплотненности почвы ([25] где предложена формула для расчета относительной плотности сыпучих грунтов). С нашими обозначениями и применительно для всех видов почв формула для расчета индекса уплотненности почвы имеет нижеследующий вид:

$$A = (\varepsilon_{max} - \varepsilon_i) / (\varepsilon_{max} - \varepsilon_{min}) \quad (1)$$

где ε_{max} , ε_i и ε_{min} – коэффициенты пористости почвы до уплотнения, после уплотнения и после предельного уплотнения почвы одометром в лаборатории.

Тому же индексу A можно придать и другой вид, если коэффициенты пористости выразить через соответствующие плотности почвы:

$$A = \frac{(\gamma_i - \gamma_{min})\gamma_{max}}{(\gamma_{max} - \gamma_{min})\gamma_i} \quad (2)$$

где γ_i – плотность почвы после уплотнения ($\text{Mg} \cdot \text{m}^{-3}$);

γ_{min} – плотность почвы до уплотнения, т.е. после предпосевной почвообработки;

γ_{max} – плотность почвы, доведенная с помощью одометра в лабораторных условиях до предельно-максимального состояния.

С учетом принципа, заключенного при расчетах по формуле (1), можно рассчитать по аналогии индексы структурности почвы, где конкретные показатели структурности определяются в результате влажного просеивания почвы (методика Шведского университета по с/х исследованиям – SLU).

Для того, чтобы связать характер и уровень приведенных состояний почвы со знаковыми системами, используется метод гуттации, который был разработан к.с/х.н. Энно Реппо [18]. Нами совместно с Реппо был этот метод применительно к оценке уплотнения почвы усовершенствован [19] и внедрен в практику комплексных исследований по уплотнению почвы [20].

Сущность данного метода заключается в том, что предварительно пророщенные семена раннего сорта ячменя засевают в специальные объемные цилиндры с одинаковым объемом и с различной плотностью в них почвы и ставят в специальный гидротермостат, где при температуре 23°C относительная влажность воздуха 100%. При отсутствии света через 48 часов на всходах ячменя появляются капли росы,



количество и величина которых резко изменяется в зависимости от плотности почвы в объемных цилиндрах. Это, через реакцию тест-растения, является явным знаком того, в каких условиях плотности почвы в цилиндрах происходит в них рост и развитие растения (тест-культуры). Там, где условия плотности почвы оптимальны, суммарная величина капель росы наибольшая. По мере уплотнения их величина становится все меньше и меньше вплоть до того, что в цилиндре, с уплотненной до возможного предела почвой, не только нет ни одной росиночки, но и дальнейший рост в нем уже не наблюдается. Образованные на всходах растения капли росы собирают на сухую фильтровальную бумагу, предварительно обработанную в 5% растворе медного купороса. Этот сбор можно производить через каждые 4 часа и таким образом можно получить весьма внушительный статистический материал. В результате сбора на фильтровальной бумаге образуется от капель росы наподобие кляксы, что хорошо различается на бумаге. Ее площадь можно определить с помощью планиметра или посредством современной так называемой «IT high-tech» аппаратуры.

Следующим этапом является выявление взаимосвязи между полученной информацией и знаковой системой. Мы твердо уверены в том, что без живой тест-культуры и ее реакции, на изменившиеся почвенные условия, невозможно решить поставленную задачу. Результаты наших многолетних экспериментальных исследований (рис. 1 и таб. 1) подтвердили зависимость «плотность почвы –урожай», полученная проф. А.С. Кушнаревым [21].

Как видно (рис. 1) во всех трех случаях, начиная от самого чувствительного (вегетационные миниатюры или гуттирующие растения) так называемого живого инструмента и кончая менее чувствительным (полевые опыты), зависимость между плотностью почвы и относительной урожайностью аппроксимируется полиномом второй степени. Согласно рис. 1 обобщена граница оптимальной плотности почвы, которая для условий Эстонии варьирует в пределах $1,15...1,33 \text{ Mg m}^{-3}$. Следовательно для плотности почвы оптимум можно с успехом рассматривать как существенный знак, причем с практическим его содержанием в виде конкретных физических величин. При установлении же границы почвоощажения учтено обстоятельство, что по результатам многолетних исследований снижение урожая до 10% можно в условиях ведения практического с/х производства считать уже не существенным.

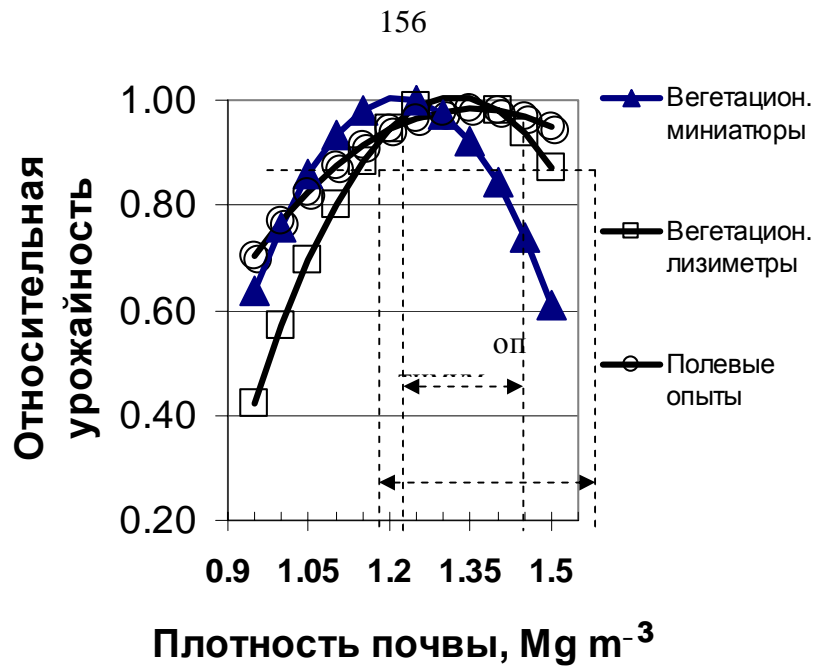


Рис. 1. Изменение относительного урожая/относительной гуттации в зависимости от плотности почвы при различной чувствительности системы: деформатор/машина – почва – растение” (на примере почвенной разности - Rendzic Leptosol, средний суглинок - Северная часть Эстонии).

Примечание: при оценке относительного (в скобках действительного) урожая $\text{НСР}_{05} = 0,14$ ($0,48 \text{ т га}^{-1}$).

Таким образом, можно приступить к установлению следующего важного знака – границы почвоощажения (ПЩ). С точки зрения уплотнения почвы нас естественно будет интересовать верхняя допустимая граница плотности почвы, которая для данной рассматриваемой почвы равна $1,52 \text{ Mg m}^{-3}$. Отсюда вытекает важное следствие, что если при воздействии МБТС на почву ее плотность превышает указанную границу, то имеем уже третий, притом уже отрицательный, знак – почвоухудшение (ПХ).

Формула аппроксимации для установления зависимости между плотностью и относительной урожайностью описывается также как и в источнике [21, с. 18] полиномом второй степени вида, но имея несколько иное выражение:

$$K_a = -\alpha \cdot \gamma^2 + \beta \cdot \gamma - \vartheta, \quad (3)$$

где α , β и ϑ – эмпирические коэффициенты, которые зависят от условий произрастания тест-культуры (гидротермостат, лизиметр, поле) и от ее чувствительности к плотности почвы γ , созданной в результате специального уплотнения.



Конкретные их значения приведены в табл.1, где согласно реакции тест-культуры (сорт раннего ячменя «Отра») приведены также и оптимальные значения плотности почвы.

Судя по табл.1, чем тяжелее почва, тем значения оптимальных плотностей смещаются в сторону их меньших величин. По мере повышения чувствительности тест-культуры, в нашем случае, как живого инструмента, граница ПЩ в зависимости от условий произрастания ячменя (рис. 1) устанавливается с учетом различных показателей относительной урожайности. Естественно, что для почв различного механического состава реальное содержание одного и того же знака окажется также различным. То, что для одних почв при реальном уровне уплотнения вполне терпимо (*tolerably*), для других то же самое может оказаться неприемлемым. Следовательно, нам необходимо разграничить почвы также по их уязвимости (*Vulnerability of Soil - VuS*) или ПУ в связи с уплотнением. По степени почвенного состояния, доведенное до уровня до максимально ухудшенного уровня, можно уже это считать истинным почвоухудшением или ПХ (*Soil Degradation – SD*).

Таким образом, имеем соответствующие знаки, характеризующие почвенное состояние. В этом направлении можно назвать уже предостаточно примеров, которые наблюдается на полях везде и повсюду в виде самопроизвольных проезжих дорог и так называемых водяных блюдца, которые видны на полях после обильных осадков, не говоря уже о дурном запахе почвы при отсутствии аэрации и при длительном пребывании в переувлажненном и в анаэробном условии.

Нам представляется, что здесь уместно упомянуть роль метафоры, которая до сих пор в научной с/х литературе по нам известным источникам не была еще широко использована. Не вдаваясь в подробный анализ различных функций метафоры (информационная, репрезентативная, объяснительная, гипотезообразующая, сравнительная, экономичная), в отношении научной метафоры уместно здесь обратиться к глубокому теоретическому анализу д.б.н. А. Е. Седова [20]. Им обращено особое внимание роли метафоры в семиотике. Если перенести его точку зрения в нашу область исследований, то можно с помощью метафор охарактеризовать результат различных как позитивных, так и негативных воздействий МБТС на почву. Можно при этом наглядно охарактеризовать его уровень и характер механического воздействия, что позволяет то или иное механическое воздействие через удачно выбранную метафору, в противовес сложным теоретическим выкладкам и научным гипотезам, стать для всех нас более понятным и наглядным.



Таблица 1 –

Оптимальная плотность (γ) и значения эмпирических коэффициентов (α , β и ϑ) для основных типов и видов почв Эстонии при опытах методом гуттации (вегетационные миниатюры), в лизиметрах и на поле [23].

Тип (WRB – World Reference Base for Soil Resources) и вид почвы	Условия произрастания тест-культуры	Эмпирические коэффициенты			Оптимальная плотность почвы, Mg m^{-3}
		α	β	ϑ	
Rendzic Leptosol, Средний суглинок - sandy loam (middle), medium cohesion	Вегетац. миниатр	-5,06	12,35	-6,53	1,22
	Вегетац. лизиметр	-4,25	11,23	-6,41	1,32
	Полевые опыты	-1,70	4,61	-2,14	1,36
Podzo-luvizol, Легкий суглинок - sandy loam (light), low cohesion	Вегетац. миниатр	-3,92	10,80	-6,46	1,33
	Вегетац. лизиметр.	-5,55	15,55	-9,88	1,40
	Полевые опыты	-1,79	4,87	-2,31	1,42
Destric Claysoil, Тяжелый суглинок - sandy loam (heavy), heavy cohesion	Вегетац. миниатр.	-6,13	13,23	-6,14	1,08
	Вегетац. лизиметр	-3,36	8,20	-4,00	1,22
	Полевые опыты	-1,69	4,07	-1,44	1,20

Примечание: HCP_{05} плотности почвы при: вегетационных миниатюрах (метод гуттации) – $0,04 \text{ Mg m}^{-3}$; вегетационных лизиметрах – $0,05 \text{ Mg m}^{-3}$; полевых опытах – $0,08 \text{ Mg m}^{-3}$.

Исходя из вышеприведенного, можно с помощью соответствующих знаков охарактеризовать последствия любых МТС, работающих на полях в течении всего вегетационного поля, как например при почвоопадающем воздействии во время весенней предпосевной почвообработки:

ПЦ ХС + ПЦ РО

Если же имеем почвоухудшающее воздействие, то можно с помощью знаковой системы этот результат интерпретировать как:

ПХ ХС + ПХ РО



Что же касается почвоулучшающего воздействия (ПУ), то здесь никак невозможно при движителях современных тракторов ожидать такого воздействия. В лучшем случае можно при них видеть результат ПЩ воздействия, но не при всяком физическом состоянии почвы. Рабочими же органами ПУ воздействие достигается вполне реально. Таким образом, может иметь в практике место:

ПЩ ХС + ПУ РО

Имея необходимую знаковую систему, можно приступить к ее интерпретации применительно к реальному с/х производству. Для этого мы разработали соответствующую теоретическую модель, в которую были введены реальные физические показатели, полученные в результате многолетних комплексных исследований в условиях Эстонии. Если для примера взять под рассмотрение два сравниваемых случая, подобно тому, как эстонский фермер ведет весной подготовку своего поля к посеву, то можно выделить два типичных варианта:

- 1) любознательный, скрупулезный и не самоучка (**E(I)**), а работающий по принципу: «семь раз отмерь, один раз отрежь» и «слушай, что знающие люди говорят» (Табл. 2);
- 2) единоличник-самоучка (**E(I)**), нетерпящий любой подсказки, старающийся достичь все своим умом (Табл. 3).

Таблица 2 – Семиосфера системы «машина – почва» и соответствующие физические показатели после результата воздействия МБТС на почву поля фермера (вариант № 1) после весенней допосевной почвообработки [12; 15].

E(I)

Наименование параметра					
Марка трактора	Нормальное динамическое давление колес на почву, кРа	Агротехническая несущая способность почвы, кРа	Глубина обработки почвы вместе с уплотненной подошвой, см	Индекс уплотненности почвы(A)	Индекс структурности почвы (B _{str})
Case IH CX MXM 155	200	120	16	0,57	0,32
Знаки педосемиотики					
XC (WT)	ПХ (VuS)		РО (DB)	ПУ (ImS)	ПЩ (SpS)



Таблица 3 – Семиосфера системы «машина – почва» и соответствующие физические показатели после результата воздействия МБТС на почву поля фермера-самоучки (вариант № 2) после весенней допосевной почвообработки [12; 15].

E(II)

Наименование параметра					
Марка трактора	Нормальное динамическое давление колес на почву, кРа	Агротехническая несущая способность почвы, кРа	Глубина обработки почвы вместе с уплотненной подошвой, см	Индекс уплотненности почвы, (A)	Индекс структурности почвы (Bstr)
Case IHСХ МХМ 155	260	120	16	0,78	0,84
Знаки педосемиотики					
XC (WT)	ПХ (VuS)		PO (DB)	ПХ (VuS)	ПХ (VuS)

Примечание:

- 1) WT – *wheels and tracks* (ходовые системы); VuS – *vulnerability of soil* (почвоухудшение); DB – *digging booms* (рабочие органы); ImS – *improving of soil*; SpS – *sparing of soil* (почвощажение);
- 2) по результатам наших многолетних исследований допустимые шадящие границы индексов:
 $A_d = 0,75$ при оценке уплотнения почвы ($\pm 0,07$);
 $B_d = 0,52$ при оценке структурности почвы ($\pm 0,06$); рассчитывается по аналогичной для расчета индекса уплотнения формуле.

Мы взяли под рассмотрение указанные два варианта с учетом равных экономических условий ведения фермерского хозяйства и при одинаковой современной номенклатуре технических средств. Целью было дать сравнительную семиотическую характеристику весенней предпосевной почвообработке, попытаться через физические показатели почвенного состояния связать их с соответствующими знаковыми системами или с семиозой, чтобы можно было бы в общем оценить комплексную систему: «машина . почва» с выходом на конечный результат, оценив в то же время и семиосферу для обеих моделей. Какие получены результаты и к какому выводу мы пришли, можно видеть из нижеследующих таблиц 2 и 3. Мы специально помимо русских сокращений, с учетом облегчения чтения не русских литературных ис-



точников, привели также соответствующие сокращения и на английском языке, чтобы облегчить выбор удачной метафоры.

Как видно из результатов подготовки к весеннему посеву (Табл. 2, *E(I)*), более дальновидный и опытный фермер (вариант 1) сумел вовремя начать почвообработку, снабдив предварительно тактор парными колесами и комбинированное почвообрабатывающее орудие следоразрыхлителями. Так как работа выполняла с при физической спелости почвы (0,7 ...0,9 FC – Field Capacity) или между 70 и 90 процентами от полевой влагоемкости, то показатель индекса структурности почвы не превышала его допустимого значения (*Bd*).

Хотя по показателям нормального динамического давления воздействие парных колес оказалось выше границы агротехнической несущей способности почвы (в данном случае – типичная дерново-карбонатная легкосуглинистая почва), но благодаря следоразрыхлителям индекс уплотненности почвы была также существенно ниже допустимого предела (*Ad*). Что же касается варианта 2 (Табл. 3, *E(II)*), то здесь фермер-самоучка не решался раньше времени выехать на поле и подождал пока оно основательно подсохнет. Так как почвы Эстонии по своему типу и механическому составу являются обычно достаточно пестрыми, то любой фермер может оказаться перед проблемой неравномерного достижения ими надлежащей физической спелости. Так и случилось с фермером варианта 2, который не догадался использовать у трактора парных колес и когда он стал перед посевом обрабатывать почву, то она оказалась уже в большинстве мест поля слишком сухой, а в других она была с нормальной влажностью. Следоразрыхлителей он также не использовал, считая это излишним и напрасной затратой времени, так как сроки посева уже поджимали. Результат оказался уже налицо, так как по сравнению с вариантом 1 все показатели уплотненности и структурности почвы превысили их предельно допустимые значения и семиосферу данной комплексной системы можно будет подытожить как ПХ³ или VuS³ (почвоухудшение в кубе). Для облегчения подбора подходящей метафоры мы вынуждены были обратиться к иностранным языкам. Если дать метафорически оценку работе фермера 2, то по-эстонский VuS очень хорошо сочетается со словом «vussing» (работа растяпы) или в английской версии „bungle“.

Может быть чрезвычайно негативная оценка, данная фермеру-самоучке, оказалась чрезвычайно экстремальной, но подбором удачной и характерной метафоры можно объективно охарактеризовать результат любой работы. Никто ведь не сможет оспаривать факт, что бабушкина грядка, которую с успехом можно принять за метафору, является образцом идеального физического состояния почвы, где всегда собирается обильный и качественный урожай и наоборот, если у



нерадивого хозяина хлебостой, выражаясь через метафору, достигает высоты лишь до подмышки лягушки, то любые другие комментарии здесь уже излишни. Если идти еще дальше, то намертво утрамбованная почва на проложенной по полю дороге, где растению уже невозможно расти, является тоже своего рода метафором о максимально угнетенной почве.

Если возвратиться к вышеприведенному вопросу и попытаться представить о возможности существования у этой намертво утрамбованной дороги «Умвельта», то согласно нашей точки зрения, до тех пор пока почва еще существует, в ней все-таки какие-то процессы происходят и ведь ее молекулярная структура еще сохранена, следовательно, ее так называемый по Якобу фон Уексдюлю внутренний ее мир никуда не исчез. У ее отсутствует лишь производительная способность, но это возможно восстановить, если эту почву вспахать и удобрить.

Выводы. Подведя итог вышеприведенному, можно отметить следующее:

- 1) в настоящей работе сделана попытка по-новому интерпретировать знаковые системы в земледелии;
- 2) дан краткий обзор о возникновении знаковых систем и о новом научном направлении – семиотика;
- 3) охарактеризованы различные иерархические уровни семиотик, начиная от неживой природы и кончая высокоорганизованным человеческим обществом, в том числе предложенные автором агросемиотика и педосемиотика;
- 4) сделана попытка дать уподобляющее толкование оригинальному семиотическому термину Умвельт («Umwelt») Якоба фон Уексдюля или «собственному внутреннему миру» у почвы при ее экстремально ухудшенном состоянии;
- 5) ознакомлены результаты теоретических исследований в связи с воздействием МБТС на почву, возможности использования при этом характерной метафоры и перехода от знаковых систем к физическим величинам;
- 6) на примере весенней предпосевной почвообработки проведено реальное семиотическое моделирование на примере двух эстонских фермеров при их равных технико-экономических условиях, но при различном уровне знания и опыте. В результате дана обоим вариантам комплексная оценка семиосферы с учетом системы «машина – почва», разработана соответствующая педосемиотическая знаковая система с выходом конкретных оценочных показателей в качестве отправного материала.

Нам представляется, что данная интерпретация знаковых систем при комплексной оценке результата функционирования системы:



«машина – почва – растение», является попыткой впервые ввода новой парадигмы в сельскохозяйственную науку в целом и в земледелие в частности. Многовековой утерянный опыт и умение чтения знаковых систем природы необходимо заново возродить и использовать их повсеместно как в сельскохозяйственной науке, так и в земледелии.

Литература

1. *Deely J.* The philosophical dimensions of the Origin of Species. The Thomist 33 (January and April), Part I, 75-149, and Part II, 251-342.
2. *Deely J.* Semiotics and biosemiotics: Are sign-science and life-science coextensive? In *Biosemiotics: The Semiotic Web* (Eds. T. Sebeok; J. Umiker-Sebeok), 45-75.
3. *Deely J.* Physiosemiosis in the semiotic spiral: A play of musement. *Sign system Studies Volume 29.1* (Eds. P. Torop; M. Lotman; K. Kull), Tartu, 27-48.
4. *Krampen M.* “Phytosemiotics Revisited”. In *Biosemiotics: The Semiotic Web* (Eds. T. Sebeok; J. Umiker-Sebeok), 213-220.
5. *Kull K.* Elujõud, biosemiootika ja Jakob von Uexküll (Жизненная сила и Якоба фон Уексюль). *Akadeemia* 3(10), 2097-2104.
6. *Kull K.* *Semiotica Tartuensis: Jakob von Uexküll ja Juri Lotman: „Akadeemia“*, 7(12), 2467-2483.)
7. *Kull K.* Biosemiotics in the twentieth century: a new view from biology. *Semiotica*, vol. 127, K. 1999. – s. 385-414.
8. *Kull K.* Biosemiotics and biophysics – the fundamental approaches to the study of life. Barbieri, Marcello (Eds.). *Introduction to Biosemiotics: The New Biological Synthesis*. – Berlin: Springer. – 1998. – S.167 - 177
9. *Kull K.* Umwelt and modelling. In: Cobley, Paul (ed.), *The Routledge Companion to Semiotics*. London: Routledge, 2005. – s. 43-56.
10. *Kull K., Torop P.* Biotranslation: Translation between umwelten. In: Petrilli, Susan (ed.), *Translation*. Amsterdam: Rodopi, 2001. -s.313-328.
11. *Nugis E., Viil P., Kadaja J., Müüripeal, M., Võsa, T.* 2003. Satellite Navigation Based Precision Farming and Prognostics of Agroecological Consequences.- *Proceedings of the 16th Triennial Conference of the International Soil Tillage Research Organization* (Ed. Jeff Tullberg): Soil Management for Sustainability, Theme3:- 13-18 July, 2003, The University of Queensland, Brisbane, Australia C. 863-868.
12. *Nugis E., Kuht J., Viil P., Müüripeal.* *How to prevent negative influence of machines technologies on soil?* Estonian Science Foundation, SCA Ecofiller & ISTRO EHO. –:Saku. –2004. – 165 pp.
13. *Nugis E.; Müüripeal M.; Kuht J.; Võsa T.; Vennik K.* Precision agriculture and its estimability. In: *Proceedings: 5th International Scientific and Practical Conference on Ecology and Agricultural Machinery*. (Toim.) -. Saint-Petersburg - Pavlovsk: GNU SZNIIMESH, 2007, 42 – 47 (in Russian).



14. *Nugis E.* Seedbed quality preparation in Estonia. *Agronomy Research* vol. 8 (Special Issue II). – 2010. – s. 421-426.
15. *Nugis E.* Sign systems and agrosemios in agriculture. *Journal of Agricultural Science* XXII – 1, 25-30 (in Estonian). – 2011.
16. *Nugis E., Kuht J.* Outline of results concerning assessment of soil compaction in Estonia. *Agronomy Research* vol. 10 (Special Issue I), 2012. – s. 175-180.
17. *Uexküll* J. Режим доступа http://en.wikipedia.org/wiki/Jakob_von_Uexk%C3%BCll
18. *Penno Э.А.* Способ определения предельно допустимого для индикаторных растений, преимущественно для ячменя, уплотнения автоморфных почв / *Э.А. Penno.* А.С. 866471 (СССР) Б.И. № 35. – 1981. – с.2
19. *Penno Э.А., Нугис Э.Ю.* Способ определения производительной способности почвы / *Э.А. Penno, Э.Ю. Нугис,* А.С. 1018013 (СССР) Б.И. № 18. – 1983. – с. 2
20. Методические рекомендации экспресс-диагностических исследований по комплексной оценке воздействия ходовых систем мобильных технических средств на почву / отв. за вып. *М.В. Верещак.* – М., ВАСХНИЛ. – 1984. – 23 с.
21. *Кушнарев, А., Погорелый, В.* Методологические предпосылки выбора способа обработки почвы / *А. Кушнарев, В. Погорелый* // Научно-технический журнал «Техника АПК» – №01(січень), 2009. – С. 17 – 21.
22. *Кушнарев, А.С.* Биосферные основы повышения продуктивности земледелия / *А.С. Кушнарев.* – Режим доступа : <https://e.mail.ru/attachment/14268368760000000871/0;1>, 2015. – 15 с.
23. *Нугис Э.* Комплексная оценка характера механического воздействия мобильных технических средств на почву (Complex estimation of the mechanical influence character of mobile technical means on soil). Information Centre of Gosagroprom, Tallinn. – 12 pp.
24. *Нугис Э.* Оценка шраницы почвоощажения (sustainable) при разноглубинной предпосевной почвообработке. V Międzynarodowie Sympozjum „ Ekologiczne aspekty mechanizacji nawożenia ochrony roślin i uprawy gleby. Warszawa, 24-25 września. IBMER, 1998. – С.148-153.
25. *Седов А.Е.* Этюды биологии / *А.Е. Седов* – М.:ПрозаРу – 2008. – 420 с.Режим доступа <http://www.proza.ru/2008/04/18/507>
26. *Тейлор Д.* Основы механики грунтов / *Д. Тейлор.* – М.: Госстройиздат – 1960. – с. 599.
27. *Тройцкая, М.Н.* Пособие к лабораторным работам по механике грунтов. / *М.Н. Тройцкая.* – М.: Изд. Московского университета, 1961. – с. 304.

**СЕМІОСФЕРНІ (ЗНАКОВІ) ОСНОВИ ЗЕМЛЕРОБСТВА****Е.Ю. Нугіс**

Анотація – в статті представлені результати досліджень щодо комплексної оцінки ущільнення ґрунтів.

SEMIOSPHERE BASIS IN AGRICULTURE**E.Nugis*****Summary***

Concerning deciding the problems of interpretation of sign systems in agriculture we have tried to show what is possible to realize this idea in practical level. For that we have used the two models related with Estonian typical farmers where one of them is experienced farmer (version 1- E (I) with a broad knowledge and experience (Table 2) and compared the farmer with less experience ((Table 3), but is self-taught hard (variant 2- E (II). The main goal of these investigations was to show the use of sign systems in the irrespective relationships with the specific soil physical properties in the spring pre sowing tillage period. Also we have presumed that a both farmers have had the same economic conditions for farming and same modern nomenclature of technology. It has been shown by the example of our evaluation criteria developed in physics, mechanics and technology of soil, such as the transition from the basic parameters of the physical condition of the soil such as the index of soil compaction (A) and index of soil structure (Kstr) to the appropriate sign system. Important in this case is the selection of a successful metaphor with which to describe the result of positive or negative influence of mobile technical means (MTM) on soil. In finally, thanks to the results of our long-term investigations it was given pedosemioticsper for mance evaluation of results of the work for both farmers and specified the corresponding pedosemiosphere related results of influence MTM on soil with an exit to concrete and practical results. This work is still incomplete and requires deeper study of pedosemiotics and agrosemiotics. Given the range of possibilities in the field of metaphorical search, very important is the inclusion of this area of science in the field of linguistic wealth with their folk features.



УДК 631.316.22

ТЕХНОЛОГИЯ И КОМБИНИРОВАННОЕ ОРУДИЕ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ ДЛЯ ВЛАГОНАКОПЛЕНИЯ В ЗАСУШЛИВЫХ РАЙОНАХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Голованов Д. А., к.т.н.,¹

Чекусов М. С.¹, к.т.н.,

Кем А. А.²

¹ФГУП «Омский экспериментальный завод»,

²ГБНУСибНИСХ.

E-mail: okb@omskagromash.ru

Аннотация – в статье предложена конструктивно-технологическая схема нового комбинированного орудия для влагонакопления при обработке почвы включающая: стойки-рыхлители для нарезания щелей и рыхлитель – лункообразователь для формирования лунок в межщелевом пространстве. Представлены результаты экспериментальных исследований по влиянию типа орудия и способа обработки почвы на урожайность зерна яровой мягкой пшеницы в засушливых районах Омской области.

Ключевые слова: обработка почвы, влагонакопление, глубокое рыхление, лункование, продуктивная влага, урожайность.

Постановка проблемы и анализ последних исследований. В Российской Федерации около 30% посевных площадей приходится на засушливые степные регионы, почвенно-климатические условия которых имеют большой потенциал для получения высоких урожаев различных сельскохозяйственных культур, но постоянный недостаток почвенной влаги сдерживает увеличение объемов их производства.

Дефицит почвенной влаги обусловлен не только недостатком атмосферных осадков, но и неэффективным их сбережением. Потери влаги при испарении достигают 50...70% выпадающих осадков. Причем в первую очередь речь идет об осадках, выпадающих в осенне-зимний период. Способность почвы аккумулировать в себе влагу зависит в большей мере от ее плотности. [1, 2]

Таким образом, в условиях интенсификации зернового производ-



ства стала актуальной проблема необходимости изыскания новых методологических, технологических и технических решений, позволяющих реализовать принципы комплексности накопления, сохранения и рационального использования продуктивной влаги в почве с учетом зональности технологий и системы машин.

Одним из наиболее эффективных приемов влагонакопления является глубокое рыхление, которое способствует сохранению структуры почвы, значительно уменьшает поверхностный сток весенних и ливневых вод, улучшает аэрацию почв. [2,3]

Цель исследования. Целью настоящих исследований является повышение урожайности зерновых культур, за счёт увеличения запаса продуктивной влаги в почве путем применения комбинированного орудия для обработки почвы.

Методы исследования. Исследования выполнялись 2010-2012г.г. с использованием основных положений, методов и законов теоретической и технической механики. Экспериментальные исследования проводились в лабораторных и полевых условиях в соответствии с действующими ГОСТ, ОСТ, с общепринятыми и частными методиками, а также с использованием теории планирования многофакторных экспериментов. Обработка экспериментальных данных и расчеты выполнялись методами математической статистики на ПЭВМ с использованием стандартных программ «Statistica 7» и «Microsoft Office Excel».

Основная часть. Проведенные ранее исследования щелевания и глубокого рыхления почвы учеными СибНИИСХ [2,4] установили, что наиболее эффективным с точки зрения влагонакопления расстояние между щелями должно быть в пределах от 0,5 до 1,0 м.

Однако использование одного приема обработки почвы не в полной мере обеспечивают сохранение и накопление почвенной влаги. На основании этого была предложена конструктивно-технологическая схема нового комбинированного орудия для влагонакопления при обработке почвы (рис. 1).

Комбинированное орудие работает следующим образом: при поступательном движении агрегата, стойки-рыхлители нарезают щели глубиной $H_1=0,30-0,40$ м с расстоянием между щелями x , а зубья рыхлителя – лункообразователя погружаются в почву на глубину H_2 , формируя лунки в межщелевом пространстве.

Экспериментальное орудие было разработано на базе конструкции чизельного плуга ПЧ-4,5 с дополнительным оснащением его рыхлителем-лункообразователем, что позволило сократить количество стоек-рыхлителей с 11 до бшт и увеличить межщелевое расстояние с 0,4 до 0,75м.

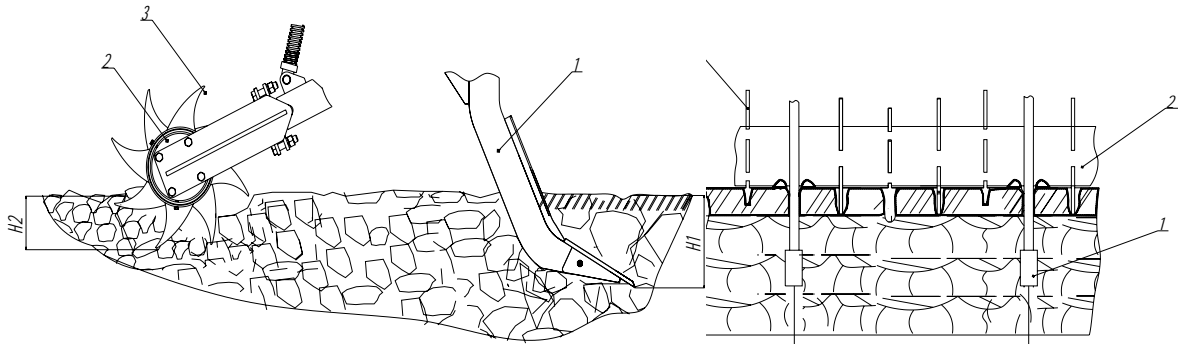


Рис. 1. Конструктивно-технологическая схема комбинированного орудия для обработки почвы: 1 – стойка-рыхлитель; 2 – рыхлитель-лункообразователь; 3 – зуб лункообразователя; H_1 – глубина щели нарезанной стойкой-рыхлителем; H_2 – глубина лунки образованной рыхлителем-лункообразователем; x – межщелевое расстояние.

Зубья на рыхлителе-лункообразователе размещаются в рядах, расположенных на расстоянии 0,2 м. В каждом ряду зубья размещаются по окружности с шагом 60° . Для более равномерного распределения нагрузки зубья в смежных рядах они расположены по спирали. Схема расположения зубьев рыхлителя-лункообразователя в пределах одного межщелевого пространства, имеет вид, представленный на рис. 2.

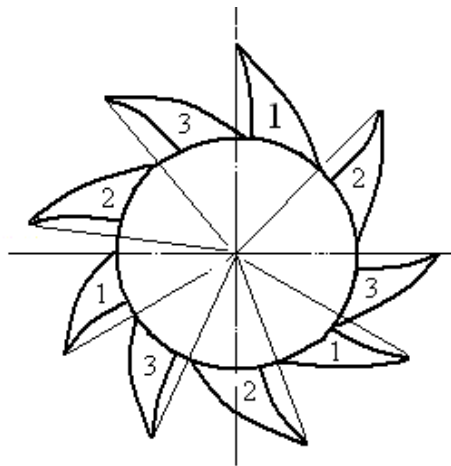


Рис. 2. Схема распределения зубьев в пределах одного межщелевого расстояния: 1-зубья первого ряда; 2- зубья второго ряда; 3 – зубья третьего ряда.

Полевые опыты по исследованию режимов работы комбинированного орудия в сравнении с базовой машиной ПЧ-4,5 проводились в ЗАО «Звонаревокутское» Азовского района Омской области в 2010-2012 г.г. Контрольным принят агрофон – стерня без обработки.

В полевых условиях определялось качество рыхления почвы, запасы влаги к началу посевных работ и урожайность.

Экспериментальное комбинированное орудие агрегатировалось с трактором Т-150К (рис. 3).



Рис. 3. Экспериментальное комбинированное орудие в агрегате с трактором Т-150К.

Весной на опытных участках, обработанных с осени, проводилось боронование БМШ-15 с последующим прикатыванием. Посев семян пшеницы «Омская-36» выполнялся в оптимальные для зоны сроки посевным комплексом «Salford», с нормой высева 4млн. всхожих семян на га. За день до посева определялся запас продуктивной влаги в метровом слое почвы. Площадь одной делянки составляла 0,9 га.

Урожайность после уборки опытных делянок определялась по стандартной методике. Уборка и учет урожая осуществлялся с помощью комбайна «Сампо-500», оснащенного электронным весовым устройством.

Анализ результатов опытов, показывает, что применение экспериментального орудия имеет ряд существенных преимуществ перед обработкой серийным плугом ПЧ-4,5 и перед контролем (стерня без обработки):

- гребнистость поверхности ниже на 35% (4,45 см.)
- запас продуктивной влаги перед посевом выше на 10,8% (18,2 мм.)
- число всходов на м² увеличилось на 13% (43 шт.)
- урожайность пшеницы «Омская-36» увеличилась на 15,8% (0,23 т/га).

Выводы. 1. Разработана конструктивно-технологическая схема и комбинированное орудие для обработки почвы, с конструкцией рыхлителя-лункообразователя. Обоснованы рациональные конструктивные и технологические параметры рабочих органов: расстояние между стойками-рыхлителями 0,75м; количество стоек 6 шт. Рыхлитель-лункообразователь имеет на поверхности ряды зубьев, в каждом ряду зубья размещаются через 60° относительно друг друга. Для более равномерного распределения нагрузки зубья в смежных рядах они расположены по спирали.



2. Применение предлагаемого орудия в сравнении с серийным плугом ПЧ-4,5 позволило увеличить запасы весной продуктивной влаги на 10,8% (18,2 мм), что дало прибавку урожая пшеницы «Омская-36» на 15,8% (0,23 т/га).

ТЕХНОЛОГІЯ ТА КОМБІНОВАНЕ ЗНАРЯДДЯ ДЛЯ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ДЛЯ ВОЛОГОНАКОПИЧЕННЯ У ПОСУШЛИВИХ РЕГІОНАХ ЗАХІДНОГО СИБІРУ

Д.А. Голованов, А.А. Кем, М.С. Чекусов

Анотація – в статті запропоновано конструкційно-технологічна схема нового комбінованого знаряддя для обробітку ґрунту з метою накопичення вологи. Знаряддя складається зі стійки-розпушувача для нарізання щілин та розпушувача лункоутворювача для формування лунок у міжщільному просторі. Представлені результати експериментальних досліджень по впливу типу знаряддя та способу обробітку ґрунту на врожайність зерна ярої пшениці. У посушливих регіонах Омської області.

THE COMBINED TOOL FOR THE MAIN PROCESSING OF THE SOIL AND MOISTURE ACCUMULATION IN DROUGHTY REGIONS OF WESTERN SIBERIA

D. Golovanov, A. Kem, M. Chekusov

Summary

In article the constructive and technological scheme of the new combined tool for moisture accumulation at the main processing of the soil the including is offered: racks rippers for cutting of cracks and the ripper – a lunkoobrazovatel for formation of holes in interslot-hole space. Results of pilot studies on influence like tool and a way of the main processing of the soil on productivity of grain of spring-sown soft field in droughty regions of the Omsk region are presented.



УДК 631.37

ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКА РЕЖИМУ ПОВОРОТКОСТІ ШИРОКОКОЛІЙНОГО АГРОЗАСОБУ ДЛЯ КОЛІЙНОЇ СИСТЕМИ ЗЕМЛЕРОБСТВА

Кувачов В.П., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел./факс (0619) 42-12-65. E-mail: kuvachoff@ukr.net

Анотація – в роботі виведено показник режиму повороткості ширококолійного агрозасобу для колійної системи землеробства і оцінено вплив його конструктивно-технологічних та кінематичних параметрів на нього.

Ключові слова: колійне землеробство, ширококолійний агрозасіб, повороткість, радіус повороту, режим повороту.

Постановка проблеми. При обґрунтуванні конструктивно-технологічних та кінематичних параметрів ширококолійних засобів механізації сільськогосподарського виробництва для колійної системи землеробства (далі по тексті – ширококолійні агрозасоби) [1,2] та способу їх повороту бажано, щоб на поворотній смузі непродуктивні витрати на переміщення першого і площа під інженерну зону останньої були мінімальними [2-4].

Здійснення повороту ширококолійного агрозасобу в оптимальному режимі сприяє організація його руху за координатно-транспортною системою [2-4] та зменшує непродуктивні витрати на поворот. Така постановка проблеми обумовлює актуальність даної роботи. В якій і розглянуто один з варіантів вирішення цього питання.

Аналіз останніх досліджень. Аналіз публікацій з питань використання ширококолійних агрозасобів в колійній системі землеробства показав, що найбільше поширення одержали схеми повороту з всіма керованими пневматичними мотор-колесами, які, як відомо, мають покращені показники керованості [1-8]. При цьому, можуть бути реалізовані наступні кінематичні способи їх повороту:

- 1) поворотом та обкочуванням всіх керованих коліс навколо центра повороту, розташованого в центрі симетрії шасі [1] (рис. 1а);
- 2) поворотом платформи шасі машини керованими колесами з одного борту навколо центра повороту, розташованого в середині мі-

жколісного простору з іншого боку (колеса останнього борту при повороті залишаються нерухомими) [8] (рис. 1б).

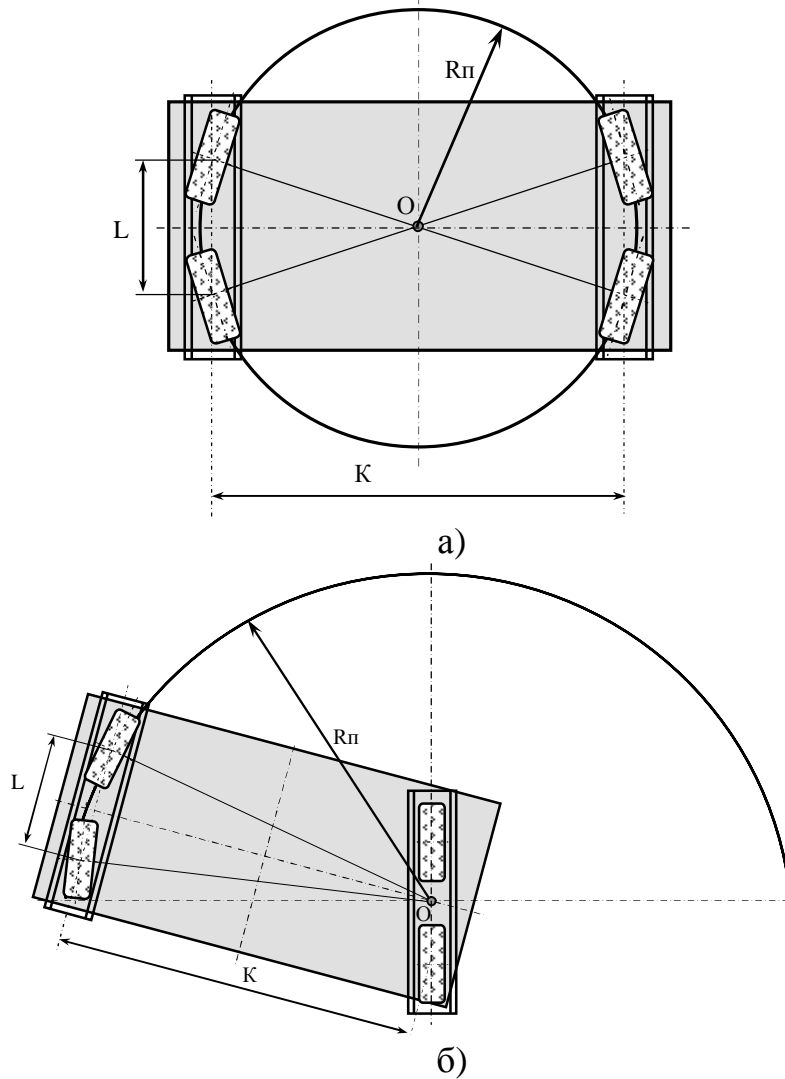


Рис. 1. Схеми кінематичного повороту ширококолійного агрегату навколо центра повороту, розташованого в центрі симетрії шасі (а) та в середині міжколісного простору (б).

З теорії експлуатації машинно-тракторного парку відомо, що для кожного виду повороту того чи іншого агрегату існує оптимальний радіус R_{opt} , при якому довжина його маневру на поворотній смузі буде найменшою [9]:

$$R_{opt} = \sqrt{\frac{L \cdot V_n}{2 \cdot \omega \cdot \varepsilon_{max}}}, \quad (1)$$

де L – колісна база енергетичного засобу;

V_n – швидкість руху агрегату на поворотній смузі;

ω – середня кутова швидкість повороту керованих коліс енергетичного засобу;



ε_{\max} – максимальний кут повороту агрегату у момент завершення входу в поворот.

Також відомо [9], що оптимальна поворотність агрегату матиме місце тоді, коли дійсна мінімальна значина радіуса повороту R_n , яка обумовлена схемою повороту та конструкцією конкретного агрегату, дорівнює $R_{\text{опт}}$.

Слід підкреслити, що взагалі питанню поворотності сільськогосподарських машинно-тракторних агрегатів присвячено велику кількість наукових досліджень, зокрема [10,11]. В останніх за критерієм поворотності розглядається показник K_n , суттю якого є відношення поступальної швидкості руху агрегату на поворотній смузі до кутової швидкості повороту керованих коліс трактора:

$$K_n = \frac{V_n}{\omega}. \quad (2)$$

Також дослідженнями [10,11] встановлено, що при виборі режиму руху агрегату на поворотній смузі слід керуватися наступними вимогами: середня швидкість руху на поворотній смузі повинна дорівнювати гранично допустимій в даних умовах експлуатації (зазвичай вона для більшості агрегатів не перевищує 2,5 м/с; середня кутова швидкість повороту керованих коліс трактора повинна приблизно складати 0,22 рад/с). З урахуванням цих вимог оптимальна значина показника режиму повороту, за даними [10,11], дорівнює $K_{\text{попт}}=2,5/0,22=11,4$ м/рад, максимальна $K_{\text{попт}}=25,0$ м/рад і мінімальна $K_{\text{попт}}=4,5$ м/рад.

Але, всі проаналізовані нами роботи направлені на вивчення цього питання стосовно традиційних колісних тракторів. У зв'язку з цим отримані науковцями залежності практично не можуть бути використані нами для аналізу поворотності ширококолісного агрозасобу. Причина полягає в принциповій різниці конструктивної схеми останнього та кінематичної схеми його повороту в координатно-транспортній системі руху. Тим більше, для спеціалізованих ширококолісних агрозасобів, які призначені для роботи в колійній системі землеробства, це питання науковцями взагалі не розглядалося.

Насамкінець, слід вивести такий показник режиму повороту ширококолісного агрозасобу K_n , який би забезпечував здійснення повороту останнього у оптимальному режимі.

Формулювання цілей статті. Метою даної роботи є обґрунтування кінематичного показника режиму повороту ширококолісного агрозасобу для колійної системи землеробства та дослідження впливу на нього конструктивно-технологічних та кінематичних параметрів останнього.



Основна частина. Спочатку встановимо зв'язок конструктивно-технологічних параметрів ширококолісного агрозасобу з його радіусом повороту за обома схемами із рис. 1.

Звернемо увагу на те, що для ширококолісних засобів одним із характеристичних параметрів є відношення колісної бази L до ширини колії R , що, як правило, не перевищує за 1 [8]:

$$\mu = \frac{L}{K} \leq 1. \quad (3)$$

Так, для першої схеми повороту ширококолісного агрозасобу (див. рис. 1а) радіус повороту $R_{п1}$ зв'язаний з його колісною базою L та колією K наступною залежністю:

$$R_{п1} = \sqrt{\left(\frac{L}{2}\right)^2 + \left(\frac{K}{2}\right)^2} = 0,5K\sqrt{\mu^2 + 1}. \quad (4)$$

Для другої схеми повороту ширококолісного агрозасобу (див. рис. 1б) аналогічно знаходимо $R_{п2}$:

$$R_{п2} = \sqrt{\left(\frac{L}{2}\right)^2 + K^2} = 0,5K\sqrt{\mu^2 + 4}. \quad (5)$$

Із спільного розв'язання рівнянь (1), (2) та (4), (5) слідує, що добитися рівності $R_{опт}$ і $R_{п}$ можна шляхом руху ширококолісного агрозасобу на поворотній смузі у певному режимі, показник $K_{п}$ якого для кожної схеми його повороту (індексом 1 позначена схема за рис. 1а і 2 – відповідно за рис. 1б) визначається конструктивними і кінематичними параметрами:

$$K_{п1} = \frac{K \cdot \varepsilon_{\max} \cdot (\mu^2 + 1)}{2\mu}, \quad (6)$$

$$K_{п2} = \frac{K \cdot \varepsilon_{\max} \cdot (\mu^2 + 4)}{2\mu}. \quad (7)$$

Отримані аналітичні залежності (6) та (7) дозволяють оцінити показник режиму поворотності $K_{п}$ будь-якого ширококолісного агрозасобу за розглядуваними схемами повороту (див. рис. 1) при відомих значеннях його колії K та характеристичного параметра μ . Зрозуміло, що вплив останнього на $K_{п}$ не є лінійним. До того ж, за однаковими вказаними параметрами, абсолютна величина $K_{п}$ для другої схеми повороту (див. рис. 1б) за (8) більша, ніж за першою схемою (див. рис. 1а) за (7).

В розглядуваних схемах повороту ширококолісного агрозасобу (див. рис. 1) величину максимального кута повороту у момент завершення ним входження в поворот можна прийняти $\varepsilon_{\max} = \pi/4$ [9].

Як показують розрахунки (рис. 2) із зменшенням характеристичного параметра μ показник $K_{п}$ має тенденцію до збільшення. Причому в діапазоні μ від 0,25 до 0,5 цей процес відбувається інтенсивно, і

за $\mu > 0,5$ – навпаки повільно. До того ж, для другої схеми повороту ширококоліїного агрозасобу (рис. 1б) величина показника повороткості K_{π} за своїм абсолютним значенням майже в 4 рази більша, як і сама інтенсивність процесу, ніж для першої (рис. 1а). Пояснити це можна різною зміною величини R_{π} в залежності від його конструктивних параметрів L та K за рівняннями (4) та (5). Тобто, для розглядуваних схем повороту ширококоліїного агрозасобу із збільшенням величини колії K , за постійною величиною μ , частка зміни R_{π} від збільшення L за (5) більша, ніж за (4). Тому і вплив конструктивних параметрів L та K ширококоліїного агрозасобу на K_{π} за другою схемою повороту суттєво більший.

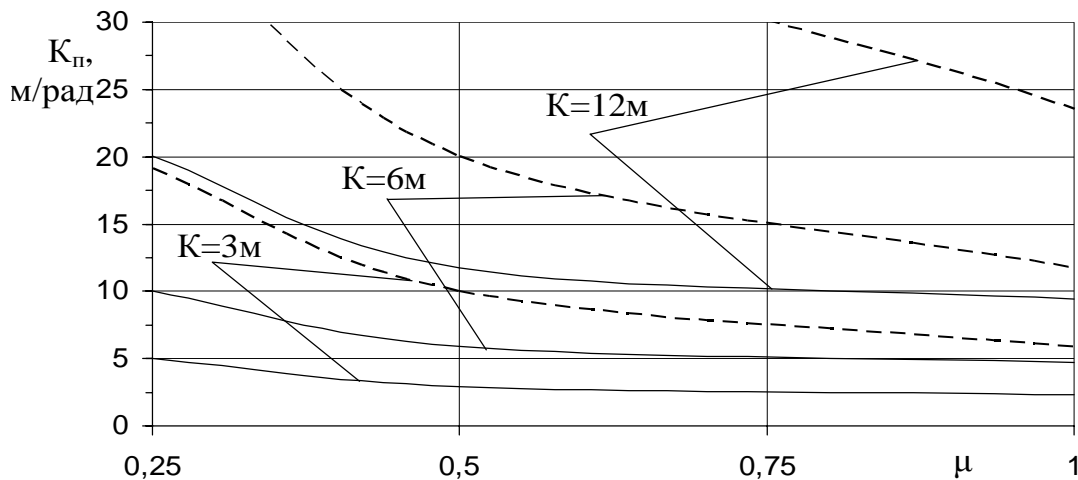


Рис. 2. Залежність показника режиму повороту ширококоліїного агрозасобу від його характеристичного параметра ($\mu=L/K$) за першою (—) та другою (-----) схемами повороту (див. рис. 1) при різній величині колії ($K=3, 6$ та 12 м).

Але, з погляду на практичну цінність отриманих результатів досліджень, інтерес представляє інша річ, суть якої пояснимо далі.

Положимо, що для вказаних схем повороту ширококоліїного агрозасобу справедливе твердження про деяке оптимальне значення показника повороткості $K_{\text{опт}}$. В такому випадку з рис. 2 цілком зрозуміло, що для кожної із розглядуваних схем його повороту із зміною величини колії K характеристичний параметр μ не залишається постійним, а також змінюється. Характер цього взаємозв'язку такий: із збільшенням величини колії K агрозасобу параметр μ збільшується і навпаки. При цьому сам зв'язок не є лінійним, а носить квадратичний характер.

Якщо, наприклад, прийняти оптимальне значення $K_{\text{опт}}=11,4$ м/рад, як це було сказано раніше, тоді для першої схеми повороту при величині колії ширококоліїного агрозасобу $K=3$ м за рис. 2



досягти оптимальної поворотності неможливо, для $K=6\text{м}$ – значина колісної бази повинна становити $L=\mu \cdot K=1,5\text{м}$, і для $K=12\text{м}$ – відповідно $L=7,2\text{м}$. Аналогічно, для другої схеми повороту – при $K=3\text{м}$ значина колісної бази повинна становити $L=1,2\text{м}$, для $K=6\text{м}$ – відповідно $L=6\text{м}$, і для $K=12\text{м}$ – досягти оптимальної поворотності неможливо. Але ж, обґрунтувати оптимальне значення $K_{\text{опт}}$ для кожної схеми повороту можна тільки за результатами дослідження статичної та динамічної поворотності спеціалізованого ширококолісного агрозасобу для колійної системи землеробства. На що і направлені наші подальші наукові дослідження.

Висновки.

1. При виконанні ширококолійними агрозасобами поворотів за розглядуваними схемами, які є характерними для них, показник режиму їх здійснення суттєво залежить від характеристичного параметра, чисельно рівного відношенню колісної бази до ширини колії. Встановлено, що для отримання оптимального режиму поворотності ширококолійних агрозасобів зі збільшенням величини їх колії значення цього параметру також збільшується.

2. При реалізації схеми повороту шляхом обкочуванням всіх керованих коліс ширококолісного агрозасобу навколо центра повороту, розташованого в центрі симетрії його шасі, показник режиму поворотності в діапазоні значин колії $K_{\text{п}}=3-12\text{м}$ знаходиться в межах $K_{\text{п}}=2,3-20\text{ м/рад}$. При реалізації ним повороту навколо центра, розташованого в середині міжколісного простору $K_{\text{п}}$ змінюється від $5,8\text{ м/рад}$ і сягає більше за 30 м/рад .

Література

1. ASA Lift og brdr. Kjeldahls Wide span traktor til høst af løg og meget mere [Електронний ресурс]. – 2013. – Режим доступу до ресурсу: <http://ctfeurope.dk/2013/widespan/>.
2. Надикто В.Т. Колійна та мостова системи землеробства. Монографія / В.Т. Надикто, В.О. Улексін. – Мелітополь: ТОВ «Видавничий будинок ММД», 2008. – 270 с.
3. Улексін В.О. Автоматизація керування транспортним засобом у мостовому землеробстві / В.О. Улексін // Вісник Харківського НТУСГ ім. П.Василенко. Вип.10, т.2. – 2011. – С. 101 – 110.
4. Кувачов В.П. Землевикористання при облаштуванні поля для роботи енерготехнологічних засобів мостового типу / В.П. Кувачов // Науковий вісник ТДАТУ.– 2013. – Вип.1, т.3. – С.116 – 126.
5. Onal I. Controlled Traffic Farming and Wide Span Tractor / I. Onal // Journal of Agricultural Machinery Science. – 2012. – 8(4). – P. 353 – 364.



6. *Pedersen H.H.* User requirements for a Wide Span Tractor for Controlled Traffic Farming [Електронний ресурс] / Pedersen H.H. – 2013. – Режим доступу до ресурсу: <http://cigr.org/>.
7. Пат. 92174 Україна, МПК (2014.01) A01B49/00. Універсальне самохідне шасі для сільськогосподарської техніки / *Міхновський К.П., Корнейчук В.М.*; заявник і патентовласник Міхновський К.П., Корнейчук В.М. – № u201314879; заявл. 19.12.2013; опубл. 11.08.2014, Бюл. № 15.
8. *Кувачов В.П.* Кінематика повороту ширококолієвих засобів механізації сільськогосподарського виробництва для колійної системи землеробства / В.П. Кувачов // Вісник Сумського НАУ. – Суми: Сумський НАУ, 2016. – Вип. 10/2 (30). – С. 46 – 49.
9. *Иофинов С.А.* Технология производства тракторных работ / С.А.Иофинов. – М.: Сельхозгиз, 1959. – 242 с.
10. *Масалабов В.М.* Визначення показника режиму поворотності двомашинного посівного МТА / В.М. Масалабов // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2012. – Вип. 2, Т. 5. – С.3 – 7.
11. Збирання зернових культур роздільним способом: монографія / *В.Т. Надикто, В.М. Кюрчев* [та ін.]. – Запоріжжя: Інтер-М, 2012. – 132 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ РЕЖИМА ПОВОРОТА ШИРОКОКОЛЕЙНОГО АГРОСРЕДСТВА ДЛЯ КОЛЕЙНОЙ СИСТЕМЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

В.П. Кувачев

Аннотація – В работе выведен показатель режима поворота ширококолейного агросредства для колёйной системы земледелия и оценено влияние его конструктивно-технологических и кинематических параметров на него.

DETERMINATION INDEX THE MODE OF AGILITY WIDE SPAN TRACTOR FOR CONTROLLED TRAFFIC FARMING

V. Kuvachov

Summary

The paper a index of the mode of agility wide span tractor for controlled traffic farming in its agility a presented and impact of its technological and kinematic parameters on it a estimated.



УДК 631.3.06.001.66

РОЗРОБЛЕННЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ АГРЕГАТУ ДЛЯ ВНУТРІШНЬОГРУНТОВОГО МІНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕННЯ З ОДНОЧАСНОЮ СІВБОЮ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

Петриченко Є.А., інженер

Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства»

Тел./факс +38-096-94-92-164. E-mail: petrichenko-zhenya@mail.ru

Анотація – найбільш поширені технології удобрення зернових культур мають недоліки, які призводять до зайвих витрат ресурсів. Більшості цих недоліків є можливість уникнути в результаті застосування обґрунтованої конструктивно-технологічної схеми та використанню комбінованих машинно-тракторних агрегатів. Тому метою роботи є розробка та випробовування у виробничих умовах нового комбінованого агрегату для внутрішньогрунтового мінерального удобрення та одночасної сівби зернових культур з використанням інтегрального орно-просапного колісного трактора. Використання даного агрегату дає можливість за один прохід розташувати у ґрунті на необхідній глибині, як насіння разом із стартовою дозою добрив, так і основні добрива, які будуть використані впродовж вегетації. Дана технологія удобрення буде найбільш ефективною в посушливих районах з недостатньою зволоженістю ґрунту.

Ключові слова: сівба, мінеральні добрива, комбінований агрегат, орно-просапний трактор.

Постановка проблеми. Відомо, що за недостатньої кількості опадів в степовій зоні України та при їх дефіциті у весняний період азотні добрива разом із фосфорними і калійними вносяться повністю під зяблеву оранку або передпосівну культивуацію. За умов оптимального вологозабезпечення доза азоту може бути підвищена, з внесенням половини її на IV етапі органогенезу. Зернові культури добре використовують добрива, внесені при сівбі, але для отримання високоякісного врожаю зерна обов'язковим є забезпечення рослин достатньою кількістю поживних речовин, перш за все азотом, тому за оптимального водного режиму необхідне роздрібнене його



застосування в період весняно-літньої вегетації. Кращі результати для підвищення врожайності та якості зерна забезпечує підживлення азотом посівів на IV етапі органогенезу (30% загальної дози) і на VIII етапі органогенезу (решту 20% дози) [1]. Тому, з метою економії ресурсів доцільно було б вносити стартову та основну дозу мінеральних добрив за один прохід агрегату, розташовуючи їх на різній глибині залягання. Виконання даної операції можна здійснити комбінованим машинно-тракторним агрегатом.

Проведення двох окремих операцій, а саме сівби з внесенням стартових добрив та окремого підживлення по вегетуючим посівам, потребує не менше 8 кг палива на кожен гектар оброблюваної площі, в разі застосування односівалочного агрегату на базі колісного трактора тягового класу 1,4. Одним із шляхів зменшення цього показника є проведення одночасного внутрішньо ґрунтового мінерального удобрення та сівби зернових. Цілком зрозуміло, що для цього потрібно створити відповідний комбінований МТА.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанням комплексного мінерального удобрення ґрунту присвячена достатня кількість праць, але більшість з запропонованих технологій передбачають кількарізний прохід простих агрегатів, які на жаль не забезпечують повноти заробки добрив у ґрунт. Використовують відцентрову розсіювальну машину для поверхневого удобрення ґрунту і важкі борони або культиватор для зароблення добрив у ґрунт [2]. Недоліком такої технології є те, що мінеральні добрива розсіваються по поверхні поля недостатньо рівномірно, а також загортаються у ґрунт на різну і недостатню глибину. Тому при проростанні насіння на таким чином удобреному полі паростки рослин недостатньо забезпечуються поживними речовинами, що обумовлює уповільнення їх росту і розвитку та зниження зимостійкості. Крім того, в процесі вегетації рослин верхній шар ґрунту висихає, а тому мінеральні добрива, що знаходяться у цьому шарі не розчиняються і не використовуються рослинами, що знижує ефективність удобрення ґрунту.

Вище перелічених недоліків певним чином вдається позбавитися в разі використання для поверхневого розсівання основної дози мінеральних добрив сівалки, наприклад РТТ-4,2, важких борін або культиватора і сівалки з пристроєм для одночасного висіву насіння сільськогосподарських культур та внесенням стартової дози мінеральних добрив в рядки сумісно з насінням [2, 3]. Використання в цьому випадку сівалки для розсівання основної дози мінеральних добрив забезпечує більш рівномірне розподілення основної дози мінеральних добрив по поверхні ґрунту, а використання сівалки сільськогосподарських культур з пристроєм для внесення стартової дози мінеральних добрив в рядки сумісно з насінням забезпечує паростки рослин при про-



ростанні насіння в достатній кількості поживними речовинами, що забезпечує прискорення їх росту і розвитку. Однак і в цьому випадку значна частина основної дози внесених мінеральних добрив розміщується вище висіяного насіння, що ускладнює використання поживних речовин корінням культурних рослин, які проростають вниз і тому ці поживні речовини використовуються, у більшості випадків, бур'янами. Крім того, в процесі вегетації рослин верхній шар ґрунту висихає і тому частина мінеральних добрив, які знаходяться в ньому не розчиняються і не використовуються взагалі, що знижує ефективність використання основної дози мінеральних добрив.

Відомо, що застосування комбінованих агрегатів забезпечує зниження витрат праці в середньому на 20%, пального – на 25% [6, 7]. Сумарна колія після проходу тракторів і сільськогосподарських машин зменшується на 45%, при цьому вміст вологи в ґрунті в шарі товщиною до 15 см збільшується на 8...10% [8, 9]. Тому, пошук оптимальної конструктивної технологічної схеми комбінованого агрегату для внутрішньогрунтового мінерального удобрення та одночасної сівби зернових культур, яка була б позбавлена вищезазначених недоліків є важливою народногосподарською задачею.

Мета дослідження. Розробити та випробувати у виробничих умовах новий комбінований агрегат для внутрішньогрунтового мінерального удобрення та одночасної сівби зернових культур з використанням інтегрального орно-просапного колісного трактора.

Методи дослідження. При проведенні дослідження використані методи машиновикористання в рослинництві, методи експериментальних досліджень та польових випробувань сільськогосподарських машин, а також методи оцінки показників якості їх роботи.

Результати дослідження та їх обговорення. Обсяг та доцільність застосування комбінованих машино-тракторних агрегатів (МТА) у господарствах визначається природно-кліматичними умовами, фізико-механічними властивостями оброблюваних ґрунтів, застосовуваною системою землеробства, агротехнічними вимогами до обробки ґрунтів і посіву, можливістю й доцільністю сполучення технологічних операцій, а також наявною енергетичною базою.

Для досягнення позитивного ефекту від застосування комбінованих агрегатів повинні виконуватися наступні вимоги [10, 11]:

- енергоємність технологічного процесу, виконаного комбінованим агрегатом, має бути менше загальної енергоємності при виконанні його одноопераційними машинами;
- продуктивність праці повинна бути вища, ніж у відповідних одноопераційних машин;
- якісні показники роботи повинні бути не нижчі, ніж аналогічні показники відповідних одноопераційних машин;

- пристосованість для роботи в несприятливих погодних і ґрунтових умовах комбінованих МТА має бути така ж, як і у агрегатів з одноопераційних машин;
- зберігати родючість ґрунту;
- мати задовільну маневреність.

Основними перевагами комбінованих агрегатів, складених за першою схемою, є можливість роздільного використання серійних машин і знарядь із тракторами відповідного тягового класу.

При ешелонованому розміщенні одноопераційних машин до мінімуму скорочується проміжок часу між окремими операціями та виключається вплив на технологічний процес погодних умов.

Однак, послідовне з'єднання окремих одноопераційних машин у складі комбінованого агрегату істотно збільшує його поздовжні розміри і вимагає значної ширини поворотної смуги. Використання комбінованих агрегатів за цією схемою агрегування іноді приводить до погіршення якості виконання технологічного процесу, тому що робочі органи серійних одноопераційних машин розробляються без врахування їхньої спільної роботи в агрегаті. Комбіновані агрегати з послідовним з'єднанням машин знаходять обмежене використання і мають переваги на рівних полях з великою довжиною гону.

На основі проведених досліджень і конструкторських робіт [3-6], розроблена нова конструктивно-технологічна схема комбінованого агрегату для внутрішньогрунтового мінерального удобрення та одночасної сівби зернових культур з використанням інтегрального орнопросапного колісного трактора, тягового класу 3 (рис. 1).

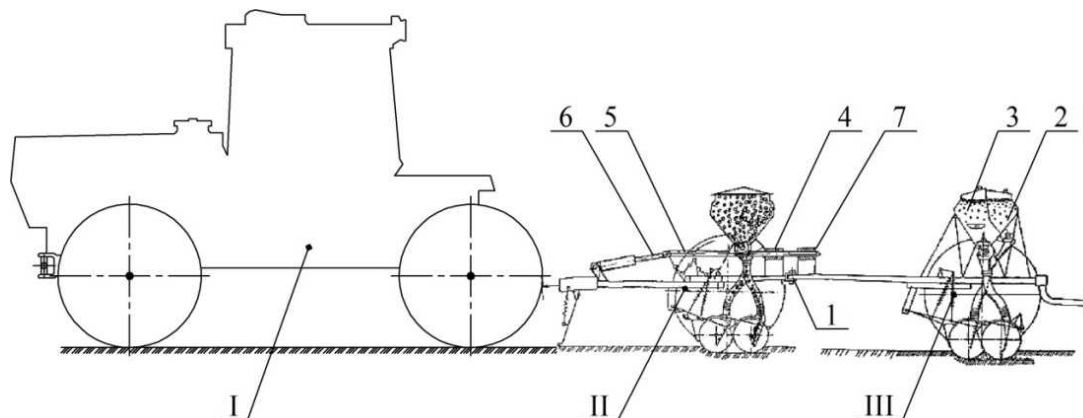


Рис. 1. Агрегат для внутрішньогрунтового мінерального удобрення та одночасної сівби зернових культур: I – трактор; II – машина для внесення основної дози добрив; III – машина для сівби зернових та внесення стартової дози добрив: 1 – шарнір; 2 – бункер для стартових добрив; 3 – бункер для насіння; 4 – направляючий елемент; 5 – блокуючий повзун; 6 – штанга; 7 – фіксуючий елемент.



Основною перевагою даного агрегату є можливість розміщення у ґрунті основної дози мінеральних добрив нижче одночасно висіяного насіння, тобто в зоні розміщення коріння зернових культур, що в свою чергу підвищує ефективність використання основної дози мінеральних добрив.

Агрегат для виутрішньогрунтового комплексного мінерального удобрення ґрунту одночасно з сівбою сільськогосподарських культур включає сівалку II для внесення у ґрунт основної дози мінеральних добрив, яка містить раму, на котрій встановлений бункер для мінеральних добрив з висівними апаратами для їх висівання. До рами на повідцях шарнірно закріплені сошники, обладнані механізмом для підняття їх в транспортне положення, який приводиться в дію гідроциліндром. Висівні апарати насіннепроводами сполучені з сошниками. До рами сівалки II шарніром 1 приєднана сниця сівалки сільськогосподарських культур III. Зазначена сівалка III включає раму, на якій встановлено ящик, котрий розділений на два відсіки – відсік для насіння сільськогосподарських культур 2 та відсік 3 для стартової дози мінеральних добрив. Ці відсіки обладнані висівними апаратами для висівання насіння і для висівання мінеральних добрив.

Вісь шарніра 1 зміщена від середньої лінії, що проходить паралельно до напрямку робочого руху агрегату і рівновіддалена від крайніх сошників сівалки II для внесення основної дози добрив на значення, що дорівнює половині відстані між суміжними сошниками. До рами сівалки II нерухомо закріплений направляючий елемент 4 з отвором, вісь якого паралельна до середньої лінії і перетинається з віссю вертикального шарніра 1. В отворі направляючого елемента 4 встановлений блокуючий повзун 5, виготовлений із пружного матеріалу, причому його задній кінець виконаний конічним. Повзун 5 штангою 6 кінематично з'єднаний з механізмом підйому сошників сівалки II для внесення добрив. До снечі сівалки сільськогосподарських культур III нерухомо закріплений фіксуєчий елемент 7 з отвором, ідентичним отвору направляючого елемента 4 і співвісного з ним в робочому стані агрегату.

Перед початком роботи агрегату в ящик сівалки II завантажуються мінеральні добрива основної дози їх внесення, а у відсік ящика 2 сівалки III завантажуються необхідне насіння сільськогосподарських культур, а у відсік 3 завантажуються мінеральні добрива стартової дози. Після цього агрегат заїжджає у загінку і сошники обох сівалок механізмами опускаються в робоче положення. Одночасно з цим за рахунок кінематичного зв'язку через штангу 6 між механізмом підйому сошників і повзуном 5, останній переміщується назад відносно напрямку руху агрегату, і повзун 5 заходить у фіксуєчий елемент 7 і шарнір 1 повністю блокується, в результаті чого рама сівалки II і рама сівалки



III з'єднуються як одне нерухоме ціле. При русі агрегату в загінці спочатку сошниками сівалки 1 в рядки на більшу глибину (60-150 мм) вноситься основна доза мінеральних добрив, а потім у середину міжрядь внесеної основної дози добрив висівається сошниками сівалки III насіння сільськогосподарських культур і вноситься стартова доза мінеральних добрив в борозну разом з насінням на оптимальну глибину загортання насіння – 20-80 мм. В кінці загінки сошники піднімаються в транспортне положення і штангою 4 повзун 5 виводиться із фіксуючого елемента 7, в результаті чого шарнір 1 розблоковується і на поворотній смузі агрегат робить розворот, при якому сівалки II і III рухаються по окремих траєкторіях.

Виконання комбінованого агрегату для внутрішньо ґрунтового комплексного мінерального удобрення ґрунту одночасно з сівбою сільськогосподарських культур спочатку забезпечується внесення у ґрунт основної дози мінеральних добрив на більшу глибину (60-150 мм), а потім у середину міжрядь внесеної основної дози добрив висівається насіння сумісно з стартовою дозою мінеральних добрив на меншу глибину (20-60 мм). При цьому стартова доза мінеральних добрив забезпечує ефективне живлення паростків зернових культур, що обумовлює їх прискорений ріст і розвиток, а по мірі росту цих рослин аж до дозрівання урожаю їх коріння живиться добривами основної дози, які знаходяться на більшій глибині і тому у вологому ґрунті, що забезпечує їх розчинення і ефективне використання рослинами.

В результаті проведених попередньо експериментальних і польових досліджень отримано наступні техніко-економічні результати застосування агрегату складеного у відповідності до розробленої конструктивно-технологічної схеми: продуктивність (із застосуванням колісного інтегрального орно-просапного трактора тягового класу 3) становить близько 3 га/год, а витрати палива складають 4,5 кг/га.

Висновки. 1. Важливі проблеми посіву та удобрення зернових культур можна розв'язати розробкою та застосуванням комбінованих МТА, які побудовані за модульним принципом і дають істотні переваги щодо їх використання у виробничих умовах.

2. Розроблена нова конструктивно-технологічна схема комбінованого агрегату для внутрішньогрунтового мінерального удобрення та одночасної сівби зернових культур із використанням інтегрального орно-просапного трактора дає змогу здійснити зазначений технологічний процес, за якого відбувається внесення у ґрунт основної дози мінеральних добрив на глибину (60-150 мм), а потім у середину міжрядь внесеної основної дози добрив висівається насіння сумісно з стартовою дозою мінеральних добрив на глибину посіву (20-60 мм).

3. За результатами проведених попередньо експериментальних і польових досліджень, продуктивність даного комбінованого агрегату



(із застосуванням колісного інтегрального орно-просапного трактора тягового класу 3) становить близько 3 га/год, а витрати палива складають 4,5 кг/га.

Література

1. *Присяжнюк М. В.* Особливості проведення весняно-польових робіт в зоні степу в 2012 році / М. В. Присяжнюк та ін. – Дніпропетровськ: ДУ ІСГСЗ НААН України, 2012. – 111 с.
2. *Лихочвор В.* Система удобрення озимої пшениці / В. Лихочвор // Агробізнес сьогодні. – 2014. – №7(278). – С. 24-57.
3. *Лурье А. Б.* Сельскохозяйственные машины / А. Б. Лурье, Ф. Г. Гусинцев, Е. И. Давидсон. – М.: Колос, 1976. – 328 с.
4. *Сисолін П. В.* Сільськогосподарські машини / П. В. Сисолін, В. М. Сало, В. М. Кропившій. – К.: Урожай. – 2001. – 258 с.
5. *Войтюк Д. Г.* Сільськогосподарські машини / Д. Г. Войтюк, Г. Р. Гаврилук. – Киев: Вища освіта, 2004. – 554 с.
6. *Кузнецов Ю. И.* Перспективные технологии возделывания зерновых с использованием комбинированных машин // Земледелие. – 1983. – № 10. – С. 51-54.
7. *Родичев В. А.* Энергосберегающие технологии производства с.-х. культур / В. А. Родичев, Т. В. Царькова // Механизация и электрификация сельск. хоз-ва. – 1987. – № 2. – С. 62.
8. *Родугин Н. И.* Преимущества комбинированных агрегатов / Н. И. Родугин и др. // Кукуруза и сорго. – 1988. – № 2. – С. 36-37.
9. *Аннакурбанов А.* Пути снижения воздействия ходовых систем сельскохозяйственной техники на почву / А. Аннакурбанов, И. Аповов // Сб. науч. тр. Туркмен. СХИ. – 1986. – Вып. 4. – С. 5-10.
10. *Хорунженко В. Е.* Состояние и перспективы развития комбинированных агрегатов / В. Е. Хорунженко, А. И. Мордухович, В. А. Юзбашев // Механизация и электрификация сельского хоз-ва. – 1985. – № 5. – С. 33-35.
11. *Кузнецов Ю. И.* Комбинированные агрегаты для интенсивных технологий / Ю. И. Кузнецов, В. Н. Дроздов // Техника в сельском хозяйстве. – 1986. – №4. – С. 12-15.

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ АГРЕГАТА ДЛЯ ВНУТРИПОЧВЕННОГО ВНЕСЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ С ОДНОВРЕМЕННЫМ ПОСЕВОМ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

Е.А. Петриченко

Аннотация – наиболее распространенные технологии удобрения зерновых культур имеют недостатки, которые приводят к



перерасходу ресурсов. Большинство этих недостатков есть возможность избежать в результате применения обоснованной конструктивно-технологической схемы и использованию комбинированных машинно-тракторных агрегатов. Поэтому целью работы является разработка и испытание в производственных условиях нового комбинированного агрегата для внутрпочвенного минерального удобрения и одновременного посева зерновых культур с использованием интегрального пахотно-пропашного колесного трактора. Использование данного агрегата дает возможность за один проход разместить в почве на необходимой глубине, как семена вместе со стартовой дозой удобрений, так и основные удобрения которые будут использоваться в течение вегетации. Данная технология удобрения будет наиболее эффективной в засушливых районах с недостаточной увлажненностью почвы.

WORKING OUT CONSTRUCTIVE AND TECHNOLOGICAL SCHEME OF THE UNIT FOR SUBSURFACE APPLICATION OF MINERAL FERTILIZERS WITH SIMULTANEOUS SOWING OF GRAIN CROPS

Ye. Petrichenko

Summary

The most widespread technologies of fertilizer of grain crops have shortcomings which lead to an over expenditure of resources. Most of these shortcomings have the opportunity to avoid by application of reasonable structural and technological scheme and using of the combined machine and tractor units. Therefore the purpose of work is development and testing under production conditions of the new combined unit for intra soil fertilizing and simultaneous sowing of grain crops with use integral arable and row-crop wheeled tractor. Use of this unit gives the chance for one pass to place in the soil at a necessary depth, seeds together with a starting dose of fertilizers, and base fertilizers which will be used during vegetation. This technology of fertilizer will be the most effective in droughty areas with insufficient moisture content of the soil.



УДК 628.316

ОБРОБКА ШЛАМІВ СТИЧНИХ ВОД ГАЛЬВАНІЧНИХ ПІДПРИЄМСТВ МЕТОДОМ КИСЛОТНОГО ТВЕРДІННЯ

Буніна Л.М., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (096) 274-48-71, bunina1974@inbox.ru

Анотація – наведена схема отримання неорганічного клею з відходів стічних вод гальванічних підприємств методом обробки сірчаною та фосфорною кислотами.

Ключові слова: стічні води гальванічних підприємств, неорганічний клей, осад, сірчана кислота, фосфорна кислота.

Аналіз останніх досліджень. На теперішній час відомі наступні методи знешкодження осадів, що утворюються при очищенні гальванічних стоків. Перший метод – метод зневоднення осадів [1] до вологості 75...85% з наступним похованням, не є ефективним, тому що осад, знаходячись у нетвердому стані легко вимивається ґрунтовими водами та атмосферними опадами. При цьому добуток розчинності деяких гідроксидів важких металів невисокий і спроможний їх перехід в іонну форму, а потім повторне забруднення навколишнього середовища. Другий метод полягає в обробці осадів фосфорною кислотою [2], при якому в сухий осад, що утворюється при очищуванні стічних вод гальванічних підприємств, додають кислоту у кількості 20...100% від ваги сухого осаду з наступною сушкою при $t=400^{\circ}\text{C}$. В результаті нерозчинні ортофосфати важких металів перетворюються в з'єднання яркого фарбування. Наступний метод спікання [3] полягає в обробці осаду гальванічного виробництва у суміші з іншими компонентами (меленим шлаком, оксидом алюмінію та кальцію, гашеним доломітом) при високих температурах (до 1000°C). Продукти, що утворюються, нерозчинні, з невисокою міцністю, мають в великій кількості органічні речовини осаду (до 0,8 г/л), агресивно діють на цементний камінь, що служить причиною руйнування зразків під дією атмосферних опадів.

Формулювання цілей статті. Робота спрямована на вивчення процесу руйнування багатоконпонентного осаду гальванічного підприємства різними кислотами, з впливом концентрації кислоти на в'язкість системи отриманих продуктів реакції



Основна частина. В якості досліджуваного матеріалу вивчався відхід гальванічного виробництва. Після зневоднення на фільтр - пресі вологість осаду складала 75...80%. Основу осаду зеленого кольору складала гідроксиди важких металів хрому, заліза, цинку, кальцію (до 80%), зв'язані з кристалізаційною водою. Були також карбонати, сульфідні цих металів, мінеральні домішки та поверхнево – активні речовини з іншими органічними речовинами. Хімічний склад досліджуваного відходу наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 –

Хімічний склад досліджуваного осаду

Компоненти осаду	Cr(OH) ₃	Fe(OH) ₃	Ca(OH) ₂	Zn(OH) ₂	Мінеральні домішки	Органічні речовини
Вміст ваг.,%	53,6	3,2	10,0	14,1	10	9,1

Наявні в складі осаду кристало - гідрати оксидів важких металів взаємодіяли з сумішшю сірчаної та фосфорної кислот.

Як відомо, неорганічні клеї уявляють собою водні системи неорганічних розчинників. Більш всього застосовують алюмофосфатні розчини, що отримують розчиненням Al(OH)₃ в 65 - % ної H₃PO₄, так звані алюмофосфатні зв'язки. При співвідношенні P₂O₅ : Al₂O₃ = 3...4 отримують в'язкі пересичені розчини, які слугують клеями [4]. Але існує можливість розширення палітри зв'язок. Так, до іонів, що здатні до гідролітичної полімеризації, відносяться іони, що утворюють полядерні комплекси (s-, p-, d-, f- елементи) – Mg, Cr, Fe, Ni, Cu, Zn та інші. В основі отримання кислих зв'язок лежить утворення полімерних основних солей. З цього класу хімічних з'єднань в'язкі розчини утворюють основні солі Ti, Cr, Fe, Zr, Ce. Так відома полімерна природа солей хрому, звідкіля можливо припустити, що розчини таких солей будуть в'язкими. Якщо розчинник в'язкий (розчини фосфорної кислоти), то в результаті кінетичної специфіки час життя асоціатів повинен суттєво збільшитися. Поліфосфорні кислоти містять лінійні макромолекули-ланцюги фосфатних тетраедрів в сочетанні з низькомолекулярними циклічними три-, тетра- та гексаметофосфатами. Всі ці утворення з'єднані водними зв'язками в єдину систему – в'язку рідину, яку можливо роздивлятися як своєрідну зв'язку[5].

Сірчана кислота, яка реагує з осадом, віднімає кристалізаційну воду гідроксидів металів, утворюючи концентрований розчин гідроксосульфатів, в якому існують гідратовані іони металів. Тому одночасно можливе протікання процесу полімеризації по гідратованому катіону, внаслідок якого утворюються важкорозчинні з'єднання, що значно знижає вимиваємість іонів важких металів.

На рис. 1 показано, як впливає кількість приливої сірчаної кислоти на час затвердіння тонкого шару розчину продуктів взаємодії. При співвідношенні кислоти, що приливається до маси осаду менше ніж 1:5 були помітні частки нетвердої фази, що не прореагували. При більшому співвідношенні не відбувалося затвердіння шару розчину, в'язкість розчину різко падала. Співвідношення 1:5 на графіку 1 відповідає 1,7 мл до 16 г осаду.

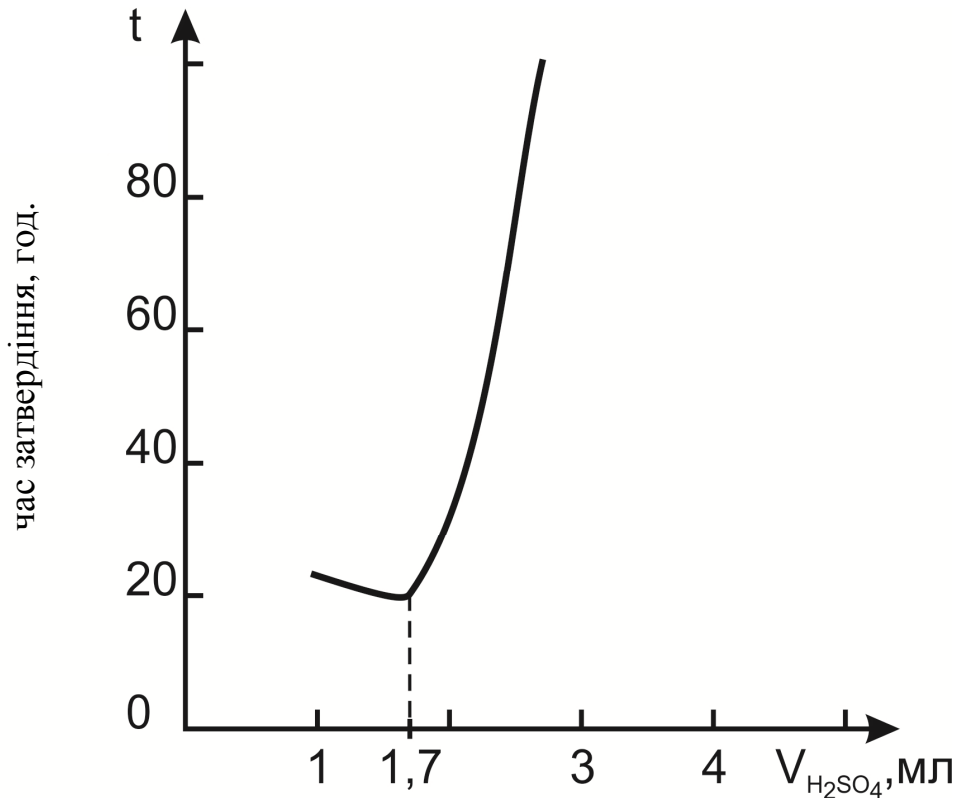


Рис. 1. Залежність часу твердіння тонкого шару розчину від об'єму приливої сірчаної кислоти.

Для збільшення водостійкості продукт реакції осаду з сірчаною кислотою – гідроксосульфати – кип'ятять при $t = 100^{\circ}C$.

Було розглянуто як впливає додавання ортофосфорної кислоти на склад з максимальною в'язкістю розчину. Для цього вимірювали рН системи при додаванні фосфорної кислоти. При додаванні від 1,0 до 2,0 мл концентрованої фосфорної кислоти до досліджуваного складу в області рН від 1,8 до 1,4 спостерігали зону підвищеної в'язкості (рис. 2). Це пояснюється тим, що оксиди, які не прореагували з сірчаною кислотою, вступають в реакцію з фосфорною кислотою, утворюючи важкорозчинні фосфати. Надлишок фосфорної кислоти зменшує в'язкість розчину.

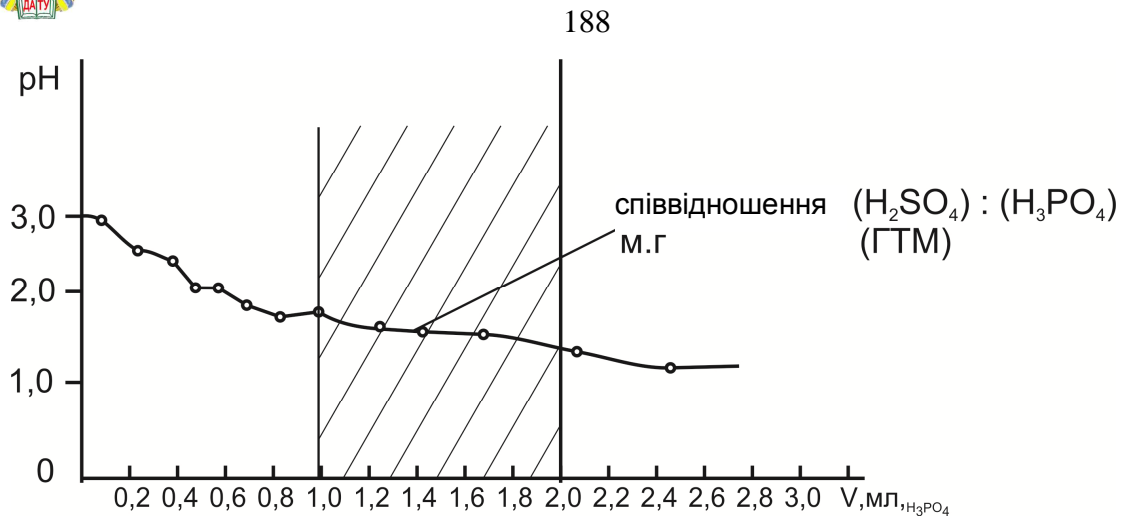


Рис.2. Зміна рН системи від об'єму ортофосфорної кислоти.

Схему отримання неорганічного клею з осаду гальванічного виробництва на основі хрому (III) можна зобразити наступним чином (рис.3):

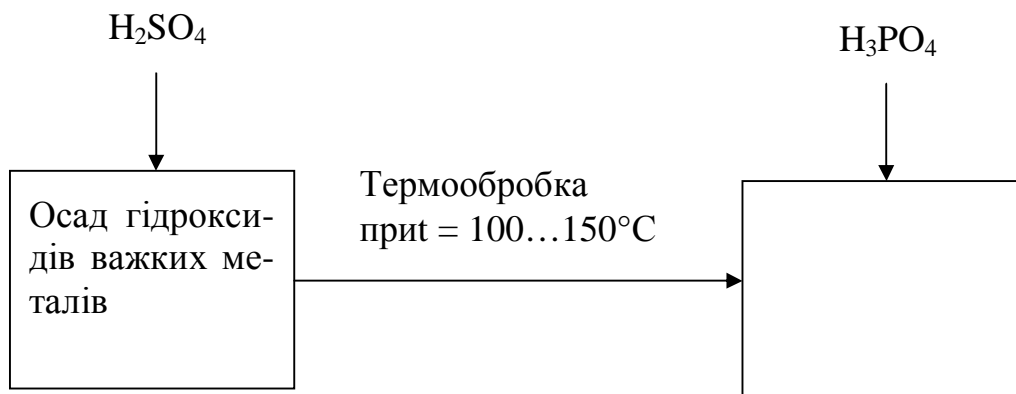


Рис. 3. Схема отримання неорганічного клею з осаду.

Кристалізаційна вода випарується з водою існуючою у розчині на протязі 60...90 хвилин, отримуємо темно-зелену рідину великої в'язкості, щільністю 1,67 г/см³.

Отриману в'язку масу розводимо фосфорною кислотою, яка в наступному при термообробці дає поліфосфати важких металів, що посилює в'язкість розчинів та міцнісні властивості матеріалу.

Висновки. Таким чином наведена схема допомагає утилізації гальванічних шламів та отримувати водостійкий матеріал, який в наступному можна використовувати з різними наповнювачами у якості вогнетривких матеріалів.

Література

1. Систер В.Г. Переработка и обезвреживание осадков и шламов / В.Г. Систер, В.Н. Клушин, А.И. Родионов– М.: Дрофа, 2008. – 248с.



2. *Добровольский И.П.* Перспективы получения связующих и пигментов из техногенного сырья для фосфатных фасадных красок / *И.П.Добровольский, С.Е. Денисов, В.А. Абызов, А.Б. Селихов* // Вестник ЮУрГУ. –2012. – № 17. – С. 48-50.
3. *OreščaninVišnja*The bulk composition and leaching properties of electroplating sludge prior following the solidification stabilization by calcium oxide / *Višnja Oreščanin, Nenad Miculic, Ivanka Lovrencic Mikelic, Mario Pcedi and others* // Article (PDF Available) in Journal of Environmental Science and Health. – Part A 44(12). – October 2009. – P. 1-6.
4. *Материаловедение: Учебник для вузов* / [Б.Н. Арзамасов, В.И. Макарова, Г.Г. Мухин и др.]. – М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2003. – 648 с.
5. *Сычев М.М.* Неорганические клеи / *М.М. Сычев* – Л.: Химия, 1974. – 152 с.

ОБРАБОТКА ОСАДКОВ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ МЕТОДОМ КИСЛОТНОГО ТВЕРДЕНИЯ

Л.Н. Бунина

Аннотация – приведена схема получения неорганического клея из отходов сточных вод гальванических предприятий методом обработки серной и фосфорной кислотами.

TREATMENT OF GALVANIC ENTERPRISES SLUDGE BY ACID HARDENING METHOD

L. Bunina

Summary

The scheme of inorganic glue making of sludge galvanic enterprises by sulphuric and phosphoric acid treatment method is reduced.



УДК 163.311:631

ОБГРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОГО ТИПУ ДЕФОРМАЦІЙ ПРИ ЗДІЙСНЕННІ ОБРОБКИ ҐРУНТУ В УМОВАХ СТЕПОВОЇ ЗОНИ УКРАЇНИ

Сірий І.О., аспірант*

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. +38-061-94-21-265

Анотація – в статті проведено аналіз деформацій що виникають при здійсненні обробки ґрунту в умовах степової зони України. Проаналізовано вплив вологості ґрунту на його міцнісні характеристики. Визначені найбільш перспективні принципи впливу на ґрунт, на яких повинні ґрунтуватись ефективні конструкції робочих органів при виконанні обробки ґрунту в умовах степової зони України.

Ключові слова: обробка ґрунту, робочий орган, міцність ґрунту, комбіновані деформації, стиск-розтягування, стиск-вигин, стиск-крутіння.

Постановка проблеми. Найбільш часто використовуваним способом основної обробки ґрунту в умовах степової зони України є відвальна оранка. Однак даний спосіб обробки стосовно до зазначених умов має цілу низку істотних недоліків. Серед яких[1]:

- ущільнення дна борозни, та як наслідок – погіршення перебігу водних та повітряних процесів у ґрунті, руйнування його поверхневого шару що призводить до зростання ерозійних процесів;

- утворення після оранки ґрунту звальних гребенів та розвальних борід, що тягне за собою необхідність додаткових обробок та як наслідок – загальне підвищення енергетичних витрат, ущільнення та руйнування верхнього шару ґрунту;

- необхідність пошуку компромісного рішення у протиріччі між обортом шару ґрунту та якістю кришення ґрунту;

- втрата основної частини механічної енергії на тертя між ґрунтом та поверхнею робочого органу, та як наслідок – низький ККД.

Однак найбільш суттєвим недоліком відвальних плугів при здійсненні основної обробки ґрунту в зазначених ґрунтово-кліматичних умовах є те, що вона виконується переважно за рахунок деформацій стискання що й обумовлює підвищенні витрати енергії.

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



Аналіз останніх досліджень і публікацій. Серед деформацій що створюють різні конструкції робочих органів найбільш перспективними, але при цьому найменш дослідженими є деформації розтягання, та різноманітні комбіновані деформації. Вирішенням зазначеної проблематики займалась низка вчених, так для обробки важких пересушених ґрунтів в ТДАТУ під керівництвом А.С. Кушнарьова створена ціла низка зубчастих та ступінчатих плоскоріжучих робочих органів [1]. Останні згідно з розробленою класифікацією відносяться до плоскорізів з криволінійним профілем робочої поверхні. Ці плоскорізи відрізняє підвищена якість кришіння ґрунту. Слід зазначити, що за даними В.І. Виноградова при обробці ґрунтів зубчастими робочими органами можливо досягти зниження тягового опору на до 15%, при збереженні якості обробки [2].

Слід зауважити, що застосування плоскорізів з криволінійною поверхнею лемеша, як правило, дає можливість здійснювати якіснішу обробку, передусім – кришіння ґрунту в порівнянні з прямолінійним профілем лемеша. Однак за рахунок того, що лобова поверхня таких робочих органів збільшена вони здійснюють додатковий стискаючий вплив на оброблюваний шар ґрунту, що в свою чергу збільшує витрати енергії при здійсненні обробки ґрунту такими робочими органами. Таким чином комплексного вирішення задачі підвищення якості обробки з одночасним істотним зниженням енергетичних витрат при обробці ґрунту не знайдено.

Мета статті. Обґрунтування найбільш раціонального впливу на ґрунт, що створює робочий орган при виконанні основної обробки ґрунту в умовах степової зони України. Для реалізації зазначеної мети необхідно:

- проаналізувати вплив вологості ґрунту як найбільш суттєвого показника фізичних властивостей на його міцнісні характеристики;
- визначити недоліки основної обробки ґрунту що застосовується на сьогодні в ґрунтово-кліматичних умовах степової зони України;
- визначити найбільш ефективний тип деформацій та обґрунтувати найбільш ефективний тип впливу робочого органу на ґрунт при здійсненні основної обробки ґрунту в умовах степової зони України.

Основна частина. Загальновідомо що ґрунт має різні межі міцності при різних видах деформацій, визначення міцнісних властивостей ґрунту дозволяє намітити шляхи та методи зниження енергоємності його механічної обробки: вірно розрахувати і спроектувати робочий орган та визначити раціональні умови його застосування. Оціночним показником міцнісних властивостей є гранична міцність ґрунту

при його опорі деформаціям різного типу. Необхідно зауважити що на міцнісні властивості ґрунту серед усіх фізичних властивостей найбільш суттєво впливає вологість ґрунту, вона також значно впливає на якість та енергоємність його обробки[1].

Мінімальна межа міцності відповідає деформаціям розтягування. Слід зазначити що при вологості ґрунту 12...24 % межа міцності ґрунту деформаціям розтягування майже в 3...9 разів нижче, ніж межа міцності при опорі деформаціям інших видів. При зміні вологості на 8...10% від зазначених значень межа міцності при його опорі деформаціям одного й того ж виду зменшується або збільшується в декілька разів [3].

Так розглядаючи питання зниження енергоємності основної обробки ґрунту, очевидною є необхідність створення таких деформацій, яким ґрунт чинить менший опір. При здійсненні відвальної оранки ґрунту, основними деформаціями є деформації стискання. Найменший опір деформаціям стискання ґрунт має в стані фізичної стиглості (коливін не розпорошується, й не сильно прилипає до робочого органу), тобто при оптимальній вологості у межах 15...30% (що відповідає відрізьку БВ, рис. 1), цей факт знаходить підтвердження в дослідженнях проведених П.У. Бахтіним та І.Б. Ревутом [4]

Пояснюється це тим, що деформації стискання що створюються плугом, призводять до накопичення потенційної енергії стислого повітря, що в свою чергу забезпечує добру якість кришення ґрунту. Важливо зауважити, що на пересушених ґрунтах (відповідає відрізьку АБ, рис 1), важких за механічним складом, стискання повітря не відбувається, спостерігається утворення брил діаметром до 50 мм та більше. Крім того, опір таких ґрунтів деформаціям стискання значно вище, таким чином відвальна оранка на таких ґрунтах тягне за собою підвищення енерговитрат при незадовільній якості кришення, що робить її застосування не раціональним та шкідливим [5].

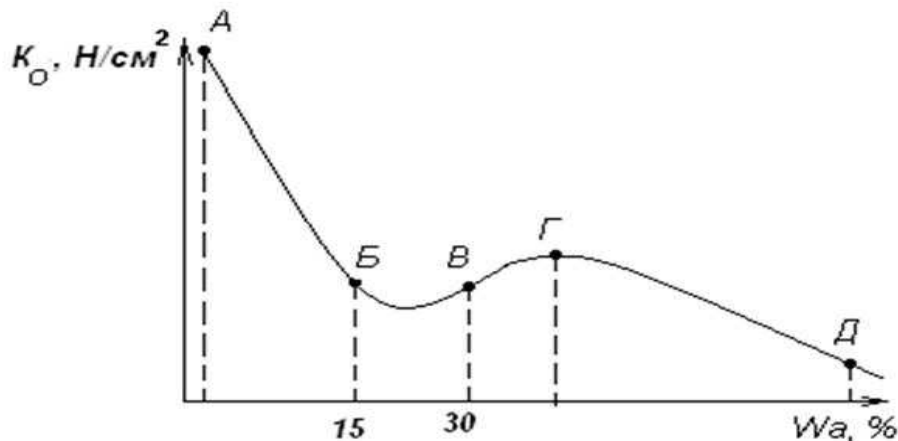


Рис.1. Графік впливу вологості ґрунту на його опір деформаціям стискання при здійсненні відвальної оранки.



При оранці перезволожених ґрунтів (відповідає відрізу ВГ, рис.1), відбувається значне налипання та сгужування ґрунту попереду корпусу плуга. Це призводить до зростання питомого опору ґрунту та поганого загортання рослинних залишків. При подальшому збільшенні вологості (відповідає відрізу ГД, рис. 1) волога виконує роль змазки та σ , кПа зменшується. Встановлено, що при цьому ґрунти не тільки зберігаються, а й утворюють нові структурні агрегати [3].

При дослідженні руйнування пласта ґрунту розпушувачими робочими органами Ж.Н. Токушев [5] вказує на необхідність застосування ефекту Баушінгера, як на один із способів зменшення витрат енергії при здійсненні глибокого розпушування ґрунту, тобто ним зазначена необхідність збільшення кількості комбінованих деформацій ґрунту типу: стиск-розтягування, стиск-вигин та стиск-крутіння.

З попередніх досліджень [1] маємо висновок, що найбільш простим та раціональним способом підвищення якості обробки ґрунту є застосування додаткових елементів до серійного робочого органу плоскорізу. Це пояснюється тим, що пласт піддається деформаціям стискування підрізними деталями, та деформаціям розтягування на транспортуючих частинах робочого органу, після на додаткових елементах шар ґрунту ще раз піддається деформаціям стискання-розтягування, у багато разів при цьому посилюючи ефект Баушінгера, що як результат призводить до більш повного кришення оброблюваного шару ґрунту. Важливо при цьому зазначити, що істотним недоліком застосування додаткових елементів з метою поліпшення якості обробки, є неминуче збільшення тягового опору робочого органу, що є результатом додаткової дії деформацій стискання на оброблювальний шар ґрунту.

З точки зору технологічних та фізико-механічних властивостей обробка ґрунтів зони Степу являє собою модель Гріффіта, згідно до якої відбувається крихке руйнування ґрунту. При детальному розгляді в таких ґрунтах спостерігається нерівномірність розподілу напружень, що обумовлено наявністю в них великої кількості мікроскопічних тріщин. Так найбільша концентрація напружень спостерігається навколо дрібних тріщин. Розтріскування та найбільш істотне збільшення довжини тріщини спостерігається тоді, коли енергія, необхідна для поширення тріщини на одиницю довжини, нижче за значенням енергії пружності, що виникає при поширенні тріщини на одиницю довжини [7].

Такі ґрунти також мають малу ударну в'язкість та низький опір деформаціям розтягування. Важливо зауважити, що межа міцності таких ґрунтів при деформаціях розтягування та вигину значно (в 10...20 разів) менше, ніж при впливі на них деформацій стискання. Внутрішні зв'язки пересушених ґрунтів руйнуються при порівняно малих витра-



тах енергії, в силу того, що в таких ґрунтах присутні пори, порожнечі та тріщини які утворюють в шарі ґрунту так звані перетини слабких зв'язків, за якими і відбувається руйнування ґрунту [2].

У дослідженнях С.Н. Карпова переконливо доведено, що зменшити витрати енергії на обробку ґрунту та поліпшити якість кришення ґрунту можливо при використанні принципу «найслабшої ланки» при руйнуванні ґрунтового шару, шляхом локалізації напружень на поверхні клину по ширині та глибині обробки. Ще одним шляхом є застосування ефекту Баушінгера, що полягає в зниженні межі міцності на стиск за умови попереднього розтягування за межу пружності. Необхідно зауважити збереження зазначеного ефекту при повторенні навантажень, що навіть не збігаються за напрямом з первісними [8].

Висновки: Отже, для розпушування ґрунтів зони Степу з мінімальними витратами енергії при забезпеченні заданих агротехнічних вимог (насамперед якості кришення), основну обробку ґрунту необхідно проводити переважно за рахунок створення комбінованих деформацій стиск-розтягування, стиск-вигин та стиск-крутіння при певній його вологості (у стані фізичної стиглості), за яких в процесі обробки не руйнується структура ґрунту, що сприяє зниженню енергоємності процесу та поліпшенню якості обробки ґрунту. Такий обробіток можливо здійснити за допомогою безвідвальної плоскорізної обробки ґрунту робочим органом плоскорізу з розпушувачами.

Література

1. *Сірий І. О.* Передумови основної обробки ґрунту шляхом створення деформацій розтягування-вигину і зсуву / *І.О. Сірий* // Механізація, електрифікація та автоматизація технологічних процесів в АПК: Вісник УВ МААО – Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2016. – Вип. 4 – С. 171...182.
2. *Петриченко С.В.* Обґрунтування робочих органів культиватора-плоскорізу для основної обробки пересушених ґрунтів: автореф. дисс ... канд. техн. наук: спец. 05.20.01 / *С.В. Петриченко* - Мелітополь, 1997. - 27 с.
3. Механізми й технологи. Фізико-механічні властивості ґрунту [Електронний ресурс] / - Режим доступу: <http://mehanik-ua.ru/lektcii/181-fiziko-mekhanicheskie-svojstva-pochvy.html>
4. *Ревут І.Б.* Фізика ґрунтів. / *І.Б. Ревут* // М.: Колос. - 1972. - 366 с.
5. *Токушев Ж.Е.* Теорія й розрахунок знарядь для глибокого розпушування щільних ґрунтів. - М.: Інфра-М, 2003. - 300 с.
6. *Рахімов І. Р.* Вдосконалення робочих органів машин для основної обробки ґрунту на основі моделювання процесу взаємодії клина з ґрунтом : автореф. дисс... канд. техн. наук : спец. 05.20.01. / *І.Р.Рахімов* – Челябинск, 2006. – 29 с.



7. *Рогач Ю.П.* Обґрунтування оптимальних параметрів й розробка зональних робочих органів культиватора - плоскорізу для зони півдня України: автореф. дисс ... канд. техн. наук: спец. 05.20.01 / *Ю. П. Рогач.* - Мелітополь, 1992. - 15 с.
8. *Капов С.Н.* Механіко-технологічні основи розробки енергозберігаючих ґрунтообробних машин: автореф. дисс ... докт. техн. наук: спец. 05.20.01 / *С.М. Капов.* - Челябінськ, 1999. - 36 с.

ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОГО ТИПА ДЕФОРМАЦИЙ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ В УСЛОВИЯХ СТЕПНОЙ ЗОНЫ УКРАИНЫ

И.А. Серый

Аннотация – в статье проведен анализ деформаций возникающих при осуществлении обработки почвы в условиях степной зоны Украины. Проанализировано влияние влажности почвы на ее прочностные характеристики. Определены наиболее перспективные принципы воздействия на почву, на которых должны основываться эффективные конструкции рабочих органов при выполнении обработки почвы в условиях степной зоны Украины.

STUDY THE EFFECTIVE TYPE OF STRAIN IN THE EXERCISE OF TILLAGE IN THE CONDITIONS OF STEPPE ZONE OF UKRAINE

I.O.Siryi

Summary

In the article the analysis of deformations encountered in the implementation of soil cultivation in the steppe zone of Ukraine. The effect of soil moisture on its strength characteristics. The most promising principles impact on the soil, which should be based effective design of the working bodies in the processing of the soil in the steppe zone of Ukraine.



УДК. 631.362.3:631.1

ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РУХУ СМІТТЄВИХ ЧАСТИН ОЛІЙНОЇ СИРОВИНИ СОНЯШНИКУ У ПОВІТРЯНОМУ ПОТОЦІ ПНЕВМОСЕПАРАТОРА

Михайлов Є.В., д.т.н.¹,Рубцов М.О., к.т.н.²Задосна Н.О., інж.¹¹ Таврійський державний агротехнологічний університет² Мелітопольський державний педагогічний університет ім. Б. Хмельницького

Тел. (0619) 421265

Анотація – в роботі представлено теоретичні дослідження руху сміттєвих частин олійної сировини соняшнику у повітряно-потоціпневмосепаратора із замкненою повітряною системою.

Ключові слова: насіння соняшнику, сміттєві частини, швидкість повітряного потоку, рушійна сила, сила опору повітряного потоку.

Постановка проблеми. Насінневий ворох соняшнику, що надходить з бункера комбайну, в більшості випадків має підвищену вологість і містить значну кількість домішок. При рекомендованих строках збирання вологість насіння становить 12...14%, вміст вологи в стеблах – 37...52%, в кошиках – 57...68% [1,2]. Тому, потрапляючи в бункер з сухим насінням, рослинні залишки зволожують їх. Здавати таке насіння на приймальні пункти або маслозаводи недоцільно, що вимагає їх обов'язкового попереднього очищення, сушки, так як в іншому випадку це призводить до самозігрівання, псуванні, розвитку шкідників і хвороб, підвищення кислотності, на усунення чого потрібні значні витрати [3].

На початковому етапі очистки найбільш часто поділ складових вороха насіння соняшнику відбувається з урахуванням його аеродинамічних властивостей та особисто критичних швидкостей вітання. Високопродуктивні машини попереднього очищення зерна, як правило, [4,5,6] використовують принцип поділу частинок в повітряному потоці. Незважаючи на широке використання явища руху матеріальних частинок в сучасних зерноочисних машинах, пов'язаних з сепара-



цією складових зернового вороху, кількісні закономірності руху тіл з урахуванням опору повітряного середовища і сьогодні потребують досліджень [7,8].

Аналіз останніх досліджень. Нами розроблено пневморешітний сепаратор із замкнутою повітряною системою, в якому шляхом установки пневмосепаруючої і осадової камер зі складною геометричною поверхнею, з'єднаних всмоктуючим каналом з діаметральним вентилятором, створено замкнуту повітряну систему. Це забезпечує поліпшення процесу виділення легких домішок, зменшення енергоємності пневмосепарації і забрудненості довкілля [6].

Запропонована машина для очищення зерна (Рис.1) складається з встановленого під кутом $60^{\circ} \dots 70^{\circ}$ до горизонтальної площини діаметрального вентилятора 1, до вихідної горловини якого приєднаний повітродозподільний канал 3, який у верхній частині перекритий лотком-інтенсифікатором 8. Верхня стінка 4 повітродозподільного каналу 3 прилягає до початку лотка-інтенсифікатора 8 і до кінця завантажувального пристрою бункера 10 із заслінкою 9. Нижня стінка 2 повітродозподільного каналу 3, прилеглого до циліндричного решета 7 з горизонтальною віссю обертання, виконана у вигляді жалюзійного повітродозподільника 5. Лоток-інтенсифікатор 8 має перфоровану поверхню, а жалюзі повітродозподільника 5 мають можливість змінювати живий перетин і кут нахилу жалюзі. Для очищення поверхні циліндричного решета 7 встановлена щітка 12 з горизонтальною віссю обертання. Простір зверху циліндричного решета 7 і очисної щітки 12, обмежене верхньою стінкою 11, що створює пневмосепаруючу камеру 13. Знизу циліндричного решета 7 і очисної щітки 12 встановлені клапани виведення фракції очищеного зерна 22 і клапан виведення крупних домішок 21. Продовження пневмосепаруючої камери 13 переходить у осадова камеру 17, в нижній частині якої встановлена відбійна площину 19 і пристрій виведення легких домішок 18. У верхній частині осадової камери встановлені горловина 16 зворотного всмоктуючого каналу 20, з'єданого з діаметральним вентилятором 1.

Попередні дослідження аналога пневмосепаратора у виробничих умовах визначили необхідність вирішення наукової задачі - удосконалення параметрів та режимів роботи повітродозподільника пневмосепаратора.

Мета дослідження. Підвищення ефективності попередньої очистки олійної сировини соняшнику за рахунок теоретичного обґрунтування параметрів та режимів роботи повітродозподільника пневмосепаратора.

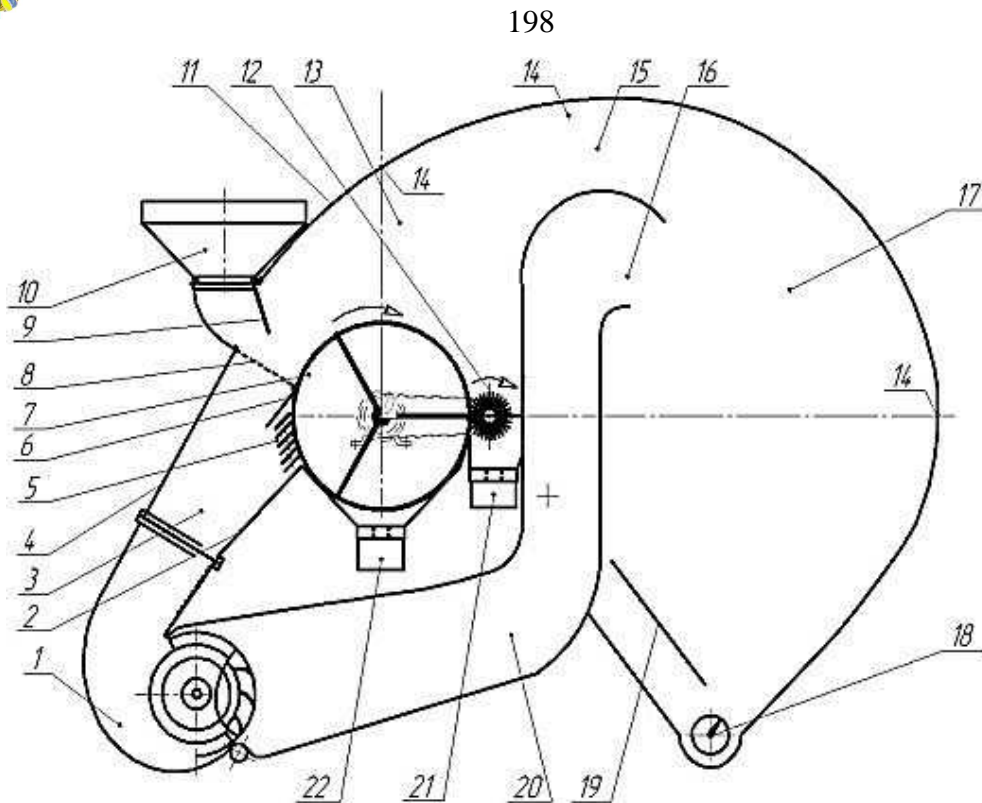


Рис.1. Схема технологічна пневморешітного сепаратору зерна із замкнутою повітряною системою: 1 – вентилятор діаметральний; 2 – стінка нижня; 3 – канал повітрярозподільний; 4 – стінка верхня; 5 – повітродозподільник жалюзійний; 6 – стінка середня; 7 – решето циліндричне; 8 – лоток-інтенсифікатор; 9 – заслінка; 10 – бункер; 11 – стінка верхня камери пневмосепарації; 12 – щітка очисна; 13 – камера пневмосепараюча; 14 – обичайка; 15 – канал пневмосепараючий; 16 – горловина; 17 – камера осадова; 18 – пристрій виведення легких домішок; 19 – площина відбійна; 20 – канал всмоктуючий зворотний; 21 – клапан виведення крупних домішок; 22 – клапан виведення фракції очищеного зерна.

Основна частина. В основу удосконалення пневморешітного сепаратора поставлена задача провести теоретичні дослідження руху сміттевих часток олійної сировини соняшнику у повітряному потоці пневмосепаратора.

Для дослідження руху сміттевої частини представимо її у вигляді матеріальної точки, яка здійснює складний рух (рис.2). Використовуємо рівняння відносного руху [9]:

$$ma_{от} = \sum F_k + F_{пер}^и + F_{кор}^и, \quad (1)$$

де m – маса частинки;

$a_{от}$ – відносне прискорення;

$\sum F_k$ – сума сил, діючих на частинку;



$F_{\text{пер}}^{\text{и}}$ – переносна сила інерції;
 $F_{\text{кор}}^{\text{и}}$ – кориолісова сила інерції.

$$F_{\text{пер}}^{\text{и}} = ma_{\text{пер}} \quad (2)$$

де $a_{\text{пер}}$ – переносне прискорення.

Швидкість повітряного потоку постійна, тому $a_{\text{пер}} = \frac{dv_{\text{пер}}}{dt} = 0$.

Виходячи з цього, $F_{\text{пер}}^{\text{и}} = 0$.

Кориолісова сила інерції визначається за формулою:

$$F_{\text{кор}}^{\text{и}} = ma_{\text{кор}} \quad (3)$$

де $a_{\text{кор}}$ – кориолісово прискорення.

Модуль кориолісова прискорення визначається зі співвідношення:

$$a_{\text{кор}} = 2V_{\text{от}} \cdot \omega \cdot \sin(\overline{V_{\text{от}}} \wedge \overline{\omega}), \quad (4)$$

де $V_{\text{от}}$ – відносна швидкість;

ω – кутова переносна швидкість, $\omega = 0$. Так як точка Так як точка в переносному русі рухається поступально, то $a_{\text{кор}} = 0$ и $F_{\text{кор}}^{\text{и}} = 0$.

Виходячи з вище наведених міркувань рівняння (1) приймає вигляд

$$ma_{\text{от}} = \sum F_k \quad (5)$$

Відповідно рисунку 2 проєцируємо діючі сили на ось X.

$$ma_x = \sum F_{kx} \quad (6)$$

$$a_x = \frac{dv_x}{dt} \quad (7)$$

$$\sum F_{kx} = F_d \cos \alpha - R \cdot \cos \alpha, \quad (8)$$

де F_d – движуча сила повітря;

R – сила опору повітряного потоку,

α – кут нахилу повітряного потоку до горизонталі,

\bar{G} – сила тяжіння,

$\beta_1 \dots \beta_8$ – кути нахилу рухомої жалюзі до нерухомої.

Аналогічно проєцируємо діючі сили на ось Y:

$$ma_y = \sum F_{ky}, \quad (9)$$

$$a_y = \frac{dv_y}{dt}, \quad (10)$$

$$= -R \sin \alpha + F_d \cdot \sin \alpha - mg. \quad (11)$$

Після диференціювання маємо:

$$m \frac{dV_x}{dt} = F_d \cos \alpha - R \cdot \cos \alpha = \cos \alpha (F_d - R)$$

$$m \frac{dV_y}{dt} = -R \sin \alpha + F_d \cdot \sin \alpha - mg$$

$$\frac{dV_x}{dt} = \frac{\cos \alpha}{m} (F_d - R). \quad (12)$$

$$\frac{dV_y}{dt} = -\frac{R}{m} \cdot \sin \alpha + \frac{F_d}{m} \sin \alpha - g. \quad (13)$$

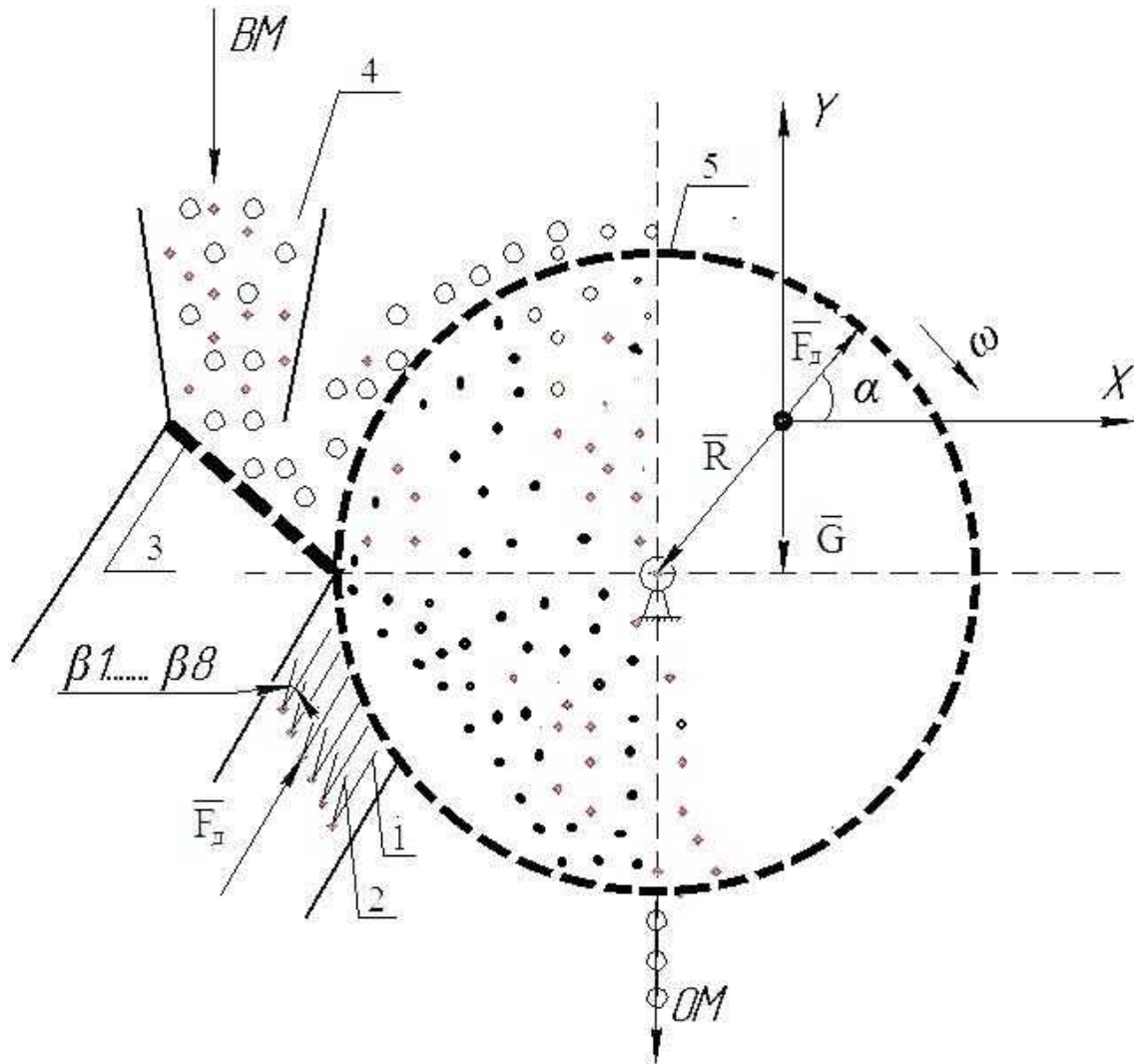


Рис. 2. Схема розрахунку руху частинки у повітряному потоці:
 1 – нерухома жалюзі; 2 – рухома жалюзі, 3 – лоток-інтенсификатор, 4 – бункер, 5 – решето циліндричне;
 BM – вхідний матеріал, OM – очищений матеріал.

Отримали систему диференціальних рівнянь, яка являє собою рух матеріальної частинки, що поміщена в повітряний потік з нагнітанням. Частина знаходиться під деяким кутом α до горизонту.

$$\begin{cases} m \frac{dV_x}{dt} = (F_d - R) \cos \alpha, \\ m \frac{dV_y}{dt} = -R \sin \alpha + F_d \sin \alpha - mg. \end{cases} \quad (14)$$

Кожне рівняння системи є розкладом швидкості по осям координат. Поділимо ці рівняння на масу m , тоді



$$\begin{cases} \frac{dV_x}{dt} = \frac{F_d - R}{m} \cos \alpha, \\ \frac{dV_y}{dt} = \frac{F_d - R}{m} \sin \alpha - g. \end{cases} \quad (15)$$

Інтегруючи кожне з рівнянь матимемо

$$\begin{cases} V_x = \frac{F_d - R}{m} \cos \alpha \cdot t + C_1, \\ V_y = \frac{F_d - R}{m} \sin \alpha \cdot t - gt + C_2. \end{cases} \quad (16)$$

Використовуючи початкові умови, а саме при $t=0$, $V_x = V_y = 0$, отримаємо $C_1 = C_2 = 0$.

Отже,

$$\begin{cases} V_x = \frac{F_d - R}{m} \cos \alpha \cdot t, \\ V_y = \frac{F_d - R}{m} \sin \alpha \cdot t - gt. \end{cases} \quad (17)$$

Знайдемо тепер абсолютну швидкість частинки за формулою

$$V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} \quad (18)$$

$$\begin{aligned} V &= \sqrt{\left(\frac{F_d - R}{m} \cos \alpha \cdot t\right)^2 + \left(\frac{F_d - R}{m} \sin \alpha \cdot t - gt\right)^2} = \\ &= \sqrt{(F_d - R)^2 \cos^2 \alpha + \left((F_d - R) \sin \alpha - gm\right)^2} \cdot \frac{t}{m}, \end{aligned} \quad (19)$$

тут F_d – сила тиску повітря на тіло, що поміщене в ньому, н.

$$F_d = k_n \cdot m \cdot V_n^2, \quad (20)$$

де k_n – коефіцієнт парусності тіла, $0,375 \div 0,846$, 1/м, ($m_{k_n} = 0,582$);

m – маса тіла $4,5 \cdot 10^{-5}$, кг;

V_n – швидкість повітряного потоку, 1...3 м/с;

R – сила опору повітряного потоку, яка обчислюється за формулою

$$R = \mu \cdot V, \quad (21)$$

де μ – коефіцієнт опору частинки в повітряному потоці, 0,67...1,42 кг/с;

α – кут нахилу повітряного потоку до горизонталі, $\alpha = 45^\circ$;

t – час польоту частинки, 0,2...1,0 с (шаг 0,2).

Маючи ці дані обчислюють швидкість частинки при її польоті в 5-х фіксованих моментах часу.

Висновки. 1. Для підвищення ефективності попередньої очистки олійної сировини соняшнику та теоретичного обґрунтування парамет-



рів та режимів роботи повітрярозподільника пневмосепаратора розроблена розрахункова схема руху частинки у повітряному потоці.

2. Отримана система диференціальних рівнянь, яка являє собою рух матеріальної частинки, що поміщена в повітряний потік з нагнітанням, і яка дає можливість обчислити швидкість частинки при її польоті в 5-х фіксованих моментах часу.

Література

1. Буряков, Ю.П. Индустриальная технология подсолнечника/ Ю.П. Буряков. М.: Высшая школа, 1983. – 192 с.
2. Нікітчин Д.І. Соняшник / Д.І. Нікітчин – К. : Урожай, 1993. – 192 с.
3. Михайлов Е.В. Свойства семян подсолнечника и показатели качества масличного сырья, поступающего на Мелитопольский маслоэкстракционный завод./ Е.В. Михайлов, Н.А.Задосная// Праці таврійського державного агротехнологічного університету. Вип.13.т.3. : – Мелітополь: ТДАТУ, 2013. –С. 118...123.
4. Михайлов Є.В. Аспекти методики визначення параметрів повітряного потоку в пневмосистемі машини попереднього очищення зерна / Є.В. Михайлов, О.О. Білокопитов, М.П. Кольцов // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. — Мелітополь, 2010. – Вип. 11, т. 1. –С.242 – 250.
5. Михайлов Є.В. Аналіз пневматичних систем зерноочисних машин та удосконалення їх класифікації /Є.В.Михайлов, О.О. Білокопитов, Н.О.Задосна, Д.В. Сердюк // Праці таврійського державного агротехнологічного університету. – Вип.12., т.5.: – Мелітополь: ТДАТУ, 2012. –С. 50...61.
6. Пат. № 61469 U Україна, МПКВ07В1/28. Решітний сепаратор /Є.В. Михайлов, О.О. Білокопитов, В.С. Дудка, А.В. Перетяцько; Заявник та патентовласник Таврійський державний агротехнологічний університет. заявл. 23.11.2010; опубл. 25.07.2011, Бюл. № 14. – 4 с.
7. Білокопитов О.О. Аналіз результатів визначення критичної швидкості та коефіцієнту парусності складових зернового вороху/ О.О Білокопитов // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету.– Мелітополь, 2012.– Вип. 2, т. 5. - с.-198-207.
8. Пат. РФ № 2303494 МПКВ07В4/02 А01F 12/44Замкнута-разомкнутая пневмосистема зерноочистительной машины / А.И. Бурков, О.П. Рошин, Н.Л. Конышев (РФ) Заявка 2006107859/03от 2006.03.13
9. Лойцянский Л.Г., Лурье А.И. Курс теоретической механики / Л.Г. Лойцянский, А.И. Лурье// в 2- х томах, Т. 1. Статика и кинематика - 8- изд. - М. : Наука, Главная редакция физико – математической литературы, 1982. – 352 с.



**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ СОРНЫХ
ЧАСТИЦ МАСЛИЧНОГО СЫРЬЯ ПОДСОЛНЕЧНИКА
В ВОЗДУШНОМ ПОТОКЕ ПНЕВМОСЕПАРАТОРА**

Е.В. Михайлов, Н.А. Рубцов, Н.А. Задосная

Аннотация– в работе представлены теоретические исследования движения сорных частиц масличного сырья подсолнечника в воздушном потоке пневмосепаратора с замкнутой воздушной системой.

**THEORETICAL STUDY OF THE MOTIONS OF TRASH
PARTICLES OILSEEDS SUNFLOWER
IN THE AIR FLOW SIFTER**

E. Mikhailov, N Rubtsov, N. Zadosnaya

Summary

The paper presents theoretical studies of the motion of particles weedy oilseed sunflower raw materials in the airstream sifter with a closed air system.



УДК. 631.362.3.004.4

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНЫХ МАШИН И АГРЕГАТОВ

Михайлов Е.В., д.т.н.,¹Волик Б.А., к.т.н.²¹Таврический государственный агротехнологический университет²Днепропетровский государственный аграрно-экономический университет

Тел. (0619) 421265

Аннотация – в статье представлены методические аспекты прогнозирования показателей качества функционирования зерноочистительных машин и агрегатов агропредприятий Юга Украины.

Ключевые слова: методика, прогнозирование, показатели качества, зерноочистительные машины, агрегаты.

Постановка проблемы. При обосновании параметров технической оснащённости процесса послеуборочной обработки зерна (ПУОЗ) используются многолетние значения производства зерна в хозяйствах и среднесуточной производительности зерноочистительных машин и агрегатов. В реальных же условиях часто имеет место несогласованность типа агрегата или модели машины потребностям хозяйства. Это происходит вследствие того, что зерноочистительные машины представляют собой сложные многомерные динамические системы с входными и выходными процессами в виде случайных функций времени. Между тем, в основе всех почти без исключения, методик испытаний лежат статические модели машин. Этим и можно объяснить то, что в ряде случаев машины, рекомендованные к производству по результатам испытаний, оказываются недостаточно надёжными в условиях нормальной эксплуатации.

Анализ последних исследований. В некоторых научных статьях предлагается использовать методы экстраполяции и экспертных оценок. Это представляет собой этап решения отдельных задач прогнозирования, но не учитывает связи характеристик отдельных технических средств. Методы моделирования при этом необоснованно исключены [1, 2].



Установлено, что недостаточная временная глубина обоснований и дефицит прогнозной информации приводят к неверным оценкам, а принятые на их основе плановые решения - к диспропорциям, устранение которых вызывает значительные затраты на их устранение в последствии.

Без прогноза невозможно достичь ясности в иерархии целей, выявить полный круг затрат, установить комплекс согласованных во времени подцелей для достижения конечного результата.

Прогноз развития зерноочистительных машин и агрегатов требует системного анализа, что позволяет существенно уменьшить субъективность решений и получить количественные оценки путем формализации задач, построения их математических моделей, выявления необходимой информации при анализе и интерпретации полученных результатов решений на базе этих моделей.

Особую научную ценность имеют методы математического моделирования, которые, однако, для целей прогнозирования разработаны еще недостаточно. Для решения поставленной задачи используется метод идентификации, в основе которого лежат положения статистической динамики [3-10].

Цель исследований – разработка методов расчета параметров технической оснащенности процесса ПУОЗ и качества работы агрегатов с учетом вероятностной природы условий их функционирования.

Основная часть. Машина, агрегат работают в условиях случайных воздействий в вероятностно-статистическом смысле. При этом входные воздействия перерабатываются в качественные технологические или энергетические выходные показатели. Получается математическая связка, которая может идентично заменить машину, т.е. вместо машины - математическая модель, адекватно описывающая работу машины в реальных условиях ее функционирования. Полученные результаты используются для изучения вероятностно-статистических связей исследуемых систем и разработки математических моделей прогноза качества функционирования машин и агрегатов.

В качестве объектов исследования могут быть приняты зерноочистительные машины и агрегаты:

- линия для обработки вороха семенников трав и злаковых культур на стационаре включающая питатель-дозатор, молотильно-сепарирующее устройство, аспирационную систему, пневмосепарирующую камеру, решетный сепаратор, домолачивающее устройство;
- ворохоочиститель скальператорного типа;
- машинапервичной очистки зерна ЗВС-20;
- зерноочистительный агрегат ЗАВ-40 (одна линия) с дополнительно установленной машиной ЗВС-20;



– полнокомплектная семяочистительная линия, включающая машину предварительной очистки, машину первичной очистки, блоки триерные, машину вторичной очистки, пневматический сортировальный стол, весовыбойный аппарат, мешкозашивочную машину.

В качестве входных воздействий для всех моделей принимаются подача $P_i(t)$, исходная засоренность $S_i(t)$ и натура $H_i(t)$ зерна. Выходные переменные – производительность $Q(t)$, конечная засоренность $S_k(t)$, натура $H_k(t)$ и для модели ворохоочистителя потери зерна в отходы $\Pi(t)$.

В моделях функционирования используются многостадийные динамические системы, состоящие из отдельных моделей машин, где вход последующей модели является выходом предыдущей. Это относится к

$$P^1(t), P^2(t), \dots, P^4(t)$$

$$S_n^1(t), S_n^2(t), \dots, S_n^4(t)$$

$$H_n^1(t), H_n^2(t), \dots, H_n^4(t)$$

Влажность исходного зернового материала (за исключением риса) в южных районах Украины практически не оказывает влияние на показатели качества машин и поэтому не принимается в качестве входного воздействия.

Учитывается вероятность нахождения на допустимых уровнях потерь зерна в отходы $\Pi(t)$ и качество разделения материала t .

Исследования проводятся в региональных условиях в период уборки урожая зерновых.

Исходным материалом для проведения опытов является поступающий от комбайнов зерновой ворох. Методика экспериментов принимается следующей.

Машины и агрегаты размещаются в стационарных технологических линиях. Экспериментальный ворохоочиститель скальператорного типа устанавливается в технологической линии параллельно серийной ворохоочистительной машине.

Для получения реализации входных и выходных процессов машин синхронно, с интервалом квантования $\Delta t = 10 \dots 12$ мин, отбираются пробы для определения $P(t)$, $S_i(t)$, $H_i(t)$ и $Q(t)$, $S_k(t)$, $H_k(t)$, $\Pi(t)$.

Методика обработки информации предусматривает первичный просмотр полученной информации и исключение случайных выбросов и грубых ошибок записи. Непрерывные записи приводятся к дискретному виду, пригодному для ввода в компьютер.

Вычисляются статистики процессов, корреляционные, взаимно-корреляционные функции и условные вероятностные характеристики в виде моделей регрессии технологического процесса. Для вычисле-



ния безусловных характеристик процессов используется следующий алгоритм /2/.

1. Определяются X_{\max} и X_{\min} массива, а также классовой интервал:

$$\Delta X = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{k} \quad (1)$$

где k – число классов определяется по выражению:

$$k = 1 + 3,32 \lg N \quad (2)$$

2. Вычисляются границы классов, количество ординат попадающих в каждый классовой интервал и частность P_i попадания в каждый классовой интервал.

$$P_i = \frac{H_i}{N} \quad (3)$$

3. Средние значения m_x и дисперсия D_x определяются по выражениям:

$$m_x = \sum_{i=1}^n x P_i \quad (4)$$

$$D_x = \sum_{i=1}^k (x_i - m_x)^2 P_i \quad (5)$$

где X – середина классовой интервала.

Вычисляются величины среднеквадратичного отклонения σ и коэффициента вариации v .

$$\sigma_x = \sqrt{D_x}$$

$$v = \frac{\sigma_x}{m_x} \cdot 100\%$$

Условные вероятностные характеристики вычисляются по следующему алгоритму (на примере (Q-P)).

1. После ввода программы с пульта заносится число ординат ($N=50.. 100$) процессов $P(t)$ и $Q(t)$, а также количество классов K , определяемое по формуле (2).

2. По заданному числу классов вычисляются классовой интервалы

$$\lambda_P = \frac{P_{\max} - P_{\min}}{K}$$

$$\lambda_Q = \frac{Q_{\max} - Q_{\min}}{K} \quad (8)$$

3. Определяются границы классов, средние значения классов и строятся корреляционные таблицы, в элементах которой записывается наличие совместного попадания ординат в соответствующие классы.

4. Вычисляются частоты $P_{ij}(P,Q)$ совместного появления P_i и Q_i .



5. По корреляционной таблице вычисляются безусловные вероятностные характеристики

$$m_P = \sum_{i=1}^k P_i^{cp} P_i(P)$$

$$m_Q = \sum_{j=1}^k Q_j^{cp} P_j(Q)$$
(9)

$$D_P = \sum_{i=1}^n (P_i^{cp} - m_P) P_i(P) - \frac{(\lambda_P)^2}{12}$$

$$D_Q = \sum_{j=1}^n (Q_j^{cp} - m_Q) P_j(P) - \frac{(\lambda_Q)^2}{12}$$
(10)

где поправка $\frac{(\lambda_P)^2}{12}$ и $\frac{(\lambda_Q)^2}{12}$

$$\rho_{PQ} = \frac{\sum_{j=1}^k (P_i^{cp} - m_P)(P_j^{cp} - m_Q) P_{i,j}(P)}{(N-1) \sigma_P \sigma_Q}$$
Г(11)

7. Определяется условное математическое ожидание (регрессия) P(t) относительно Q (t) относительно P(t)

$$m_{P/Q} = \frac{1}{P_i(Q)} \sum_{j=1}^k P_i^{cp} P_{ij}(Q)$$

$$m_{Q/P} = \frac{1}{P_j(P)} \sum_{i=1}^k Q_i^{cp} P_{ij}(Q)$$
(12)

Аналогичные вычисления выполняются и по другим каналам связи рассматриваемых объектов.

В соответствии с рассматриваемыми моделями функционирования получают линейные математические модели в виде парных регрессий по каналам связи P - Q, S_и- S_к, H_и- H_к и S_и-П.

1. Для линии обработки вороха семенников трав и злаковых культур

$$Q_1 = a_1^Q + b_1^Q P_1$$

$$S_{k1} = a_1^S + b_1^S S_{и1}$$

$$H_{k1} = a_1^H + b_1^H H_{и1}$$
(13)

2. Для ворохоочистителя скальператорного типа

$$Q_2 = a_2^Q + b_2^Q P_2$$

$$S_{k2} = a_2^S + b_2^S S_{и2}$$

$$S_{k2} = a_2^H + b_2^H \Pi_2$$
(14)



3. Для машины первичной очистки ЗВС-20

$$\begin{aligned}Q_3 &= a_3^Q + b_3^Q P_3 \\S_{k3} &= a_3^S + b_3^S S_{и3} \\H_{k3} &= a_3^H + b_3^H H_{и3}\end{aligned}\quad (15)$$

4. Для зерноочистительного агрегата ЗАВ-40 (одна линия) с дополнительно установленной машиной ЗВС-20

$$\begin{aligned}Q_4 &= a_4^Q + b_4^Q P_4 \\S_{k4} &= a_4^S + b_4^S S_{и4} \\H_{k4} &= a_4^H + b_4^H H_{и4}\end{aligned}\quad (16)$$

5. Для полнокомплектной семяочистительной линии

$$\begin{aligned}Q_5 &= a_5^Q + b_5^Q P_5 \\S_{k5} &= a_5^S + b_5^S S_{и5} \\H_{k5} &= a_5^H + b_5^H H_{и5}\end{aligned}\quad (17)$$

Математические модели прогноза качества функционирования всех 5 объектов представляются линейными уравнениями множественной регрессии (в последовательности по п.п. 1...5)

$$Q_1 = a_0^1 + a_1^1 P_1 + a_2^1 S_{и1} + a_3^1 H_{и1} \quad (18)$$

$$Q_2 = a_0^2 + a_1^2 P_2 + a_2^2 S_{и2} + a_3^2 H_{и2} \quad (19)$$

$$Q_3 = a_0^3 + a_1^3 P_3 + a_2^3 S_{и3} + a_3^3 H_{и3} \quad (20)$$

$$Q_4 = a_0^4 + a_1^4 P_4 + a_2^4 S_{и4} + a_3^4 H_{и4} \quad (21)$$

$$Q_5 = a_0^5 + a_1^5 P_5 + a_2^5 S_{и5} + a_3^5 H_{и5} \quad (22)$$

Для анализа внутренней структуры случайных процессов используются корреляционные функции входных и выходных процессов. Определяется степень идентичности полученных моделей. При степени идентичности 0,6...0,8 и более принимается, что модели с достаточной тонкостью описывают технологические процессы исследуемых объектов.

Вывод. На основании этих моделей можно прогнозировать качественные показатели функционирования машин и агрегатов, что позволит производить обоснованный подбор машин и оборудование для зерноочистительных комплексов.

*Литература*

1. *Игнатов В.Д.* Прогнозирование и оценка надежности функционирования технологических уборочно-транспортных систем /*В.Д. Игнатов* //Науч.-техн.бюл./Сиб.НИИ механизации и электрификации сел. хоз-ва. - 1989. - с. 10...16.
2. *Леженкин А.Н.* Повышение эффективности работы ворохоочистителя за счет интенсификации его технологического процесса / *А.Н. Леженкин* //Дис... канд.техн.наук.– Л.,1989. – 166 с.
3. *Михайлов Є.В.* Післязбиральна обробка зерна у господарствах півдня України: монографія / *Є.В. Михайлов.* – Мелітополь: Люкс. 2012. – 260 с.
4. *Михайлов Є.В.* Проблеми післязбиральної обробки зерна в південних районах України / *Є.В.Михайлов* // Труды Таврической государственной агротехнической академии – Вип. 1. Техника в сельском хозяйстве, т.4 – Мелітополь, 1998. – С. 51 – 54.
5. *Михайлов Е.В.* О моделюванні параметрів технологічної оснащуності післязбиральної обробки зерна / *Е.В. Михайлов* // Материалы научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, аспирантов и студентов. – Мелітополь,1996. – С. 86.
6. *Михайлов Е.В.* Математические модели прогноза качества работы зерноочистительных машин и агрегатов / *Є.В. Михайлов, В.С. Еремеев* // Труды Таврической государственной агротехнической академии – Вип. 2. Отраслевое машиностроение, т.3 – Мелітополь, 1998. – С. 83 – 87.
7. *Михайлов Є.В.* Основи розрахунку основних параметрів технічної оснащеності процесу післязбиральної обробки зерна / *Є.В.Михайлов, В.Т.Надикто* // Праці ТДАТУ. – Мелітополь, 2006. – Вип. 41. – С. 5 – 11.
8. *Михайлов Е.В.* Использование метода имитационного моделирования при обосновании параметров процесса послеуборочной обработки зерна / *Е.В. Михайлов, В.М. Дегтев* // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь, 2010. – Вип. 10, т. 8. – С. 209 – 214.
9. *Михайлов Е.В.* Методология обоснования состава и функциональных параметров технических средств послеуборочной обработки зерна / *Е.В. Михайлов* // Известия Международной академии аграрного образования.– СПб, 2013. – Вып. 19. – С. 73 – 80.
10. *Михайлов Е.В.* Многоуровневая модель системы технической оснащенности процесса послеуборочной обработки зерна / *Е.В. Михайлов* // Актуальные проблемы научно-технического прогресса в АПК: Сборник научных статей по материалам IX международной научно-практической конференции. – Ставрополь: Агрус, 2013. – С. 66 – 71.



МЕТОДИЧНІ АСПЕКТИ ПРОГНОЗУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЗЕРНООЧИСНИХ МАШИН І АГРЕГАТІВ

Є.В.Михайлов, Б.А. Волик

Анотація – в статті представлені методичні аспекти прогнозування показників якості функціонування зерноочисних машин і агрегатів агропідприємств Півдня України.

METHODICAL ASPECTS OF FORECASTING INDICATORS QUALITY OF FUNCTIONING GRAIN CLEANING MACHINES AND PLANTS

E. Mikhailov, B.Volik

Summary

The article presents the methodological aspects of forecasting of indicators of quality of functioning of the grain-cleaning machines and units of agricultural enterprises of the South of Ukraine.

**ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНІ КОМПЛЕКСИ ТА СИСТЕМИ**

УДК 621.311.25:551.521.1

**ГЕЛИОЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО
С КОНЦЕНТРАТОРОМ ЭНЕРГИИ**

Стручаев Н.И., к.т.н.,

Стёпин Ю.А., к.т.н.,

Перова Н.П., инженер

*Таврический государственный агротехнологический университет**E-mail:perova86@mail.ua*

Аннотация – предложена конструкция компактных индивидуальных гелиоэлектрических установок на примере гелиоэлектрического устройства с концентратором энергии для нагрева жидкости.

Ключевые слова: гелиоэлектрическое устройство с концентратором энергии, нагрев жидкостей, элементы собранные в одном корпусе, стеклопакет.

Постановка проблемы. Семидесятые годы XX столетия отмечены сильным мировым энергетическим кризисом. Энергетические катаклизмы послужили толчком к поиску альтернативных источников энергии [1]. Были достигнуты определенные успехи в Америке и странах Западной Европе. Эти успехи можно отнести к значительным в гелиоэнергетике, интенсивнее стала развиваться ветроэнергетика, появились установки по выработке биогаза, больше стали использоваться геотермальные источники, начали строиться объекты малой гидроэнергетики.

Гибкая система освоения новшеств, сильная государственная поддержка, позволили ввести в практику использования нетрадиционные источники энергии, в том числе и объекты гелиотехники в виде гелиоустановок и гелиосистем для нагрева воды [2].

Анализ последних исследований. Развитие гелиотехники для нагрева воды в силу объективных причин пошло по пути строительства гелиосистем с отдельными элементами [3] состоящими из: солнечного коллектора, бака накопителя, мембранного расширителя, системы трубопроводов и других устройств. Эти системы были предназначены для обеспечения горячей водой достаточно крупных объектов с объе-



мом потребления от 120...150 литров воды в сутки и более. В этих случаях брались солнечные коллекторы площадью от 1 м² и более. Большинство фирм строят солнечные коллекторы площадью около 2 м², что позволяет получить в течение суток 200...250 литров с одного коллектора. Совмещённые системы [4] пока не получили широкого распространения.

Постановка задания. Предложенное устройство с концентратором энергии [5] для гелиоэлектрического нагрева жидкостей это один из вариантов использования солнечной энергии для нагрева жидкостей, (и воды, в частности) в объемах от 150 л. и менее.

Гелиоэлектрические устройства с концентратором энергии предлагаемого объема, позволяют начать более широкое и глубокое освоение гелиотехники для бытовых целей.

Основная часть. Схема гелиоэлектрического устройства с концентратором энергии приведена на рис. 1. Оно состоит из ряда элементов собранных в едином корпусе. Стеклопакет 1, выполняет функцию прозрачной теплоизоляции и одного из элементов абсорбционного узла приема и преобразования солнечной энергии. 2 - теплопринимающая поверхность-абсорбер солнечного коллектора, с помощью которой энергия солнечного излучения улавливается и передается нагреваемой жидкости. Теплоизолирующая перегородка, поверхность которой покрыта материалом с большим коэффициентом отражения тепловой энергии - 3 совместно с абсорбером образует полость, в которой происходит нагревание жидкости и отделяет её от основного объема находящегося в баке-аккумуляторе - 6. Корпус солнечного коллектора, являющийся одновременно корпусом бака-аккумулятора - 5, покрыт теплоизоляцией выполняющей функцию сохранения тепла в нагретой жидкости и препятствует его оттоку в окружающую среду. Корпус - 5, совместно с баком-аккумулятором, стеклопакетом и другими элементами обеспечивают жёсткость всей конструкции, позволяющую ориентировать на солнце всё гелиоэлектрическое устройство с дополнительными поверхностями для концентрации солнечной энергии за счет поворотных шарнирных узлов.

Гелиоэлектрическое устройство работает следующим образом. Через открытый запорный вентиль 8, холодная вода поступает в бак-аккумулятор 6 и заполняет его. Воздух вытесняется из него через дренажный клапан, который на схеме не обозначен, поскольку решение этой задачи не принципиально для данного случая и дренаж может быть выполнен любым способом, применяемым в гидротехнике.

Одним из главных условий эффективной работы гелиоэлектрического устройства является заполнение его водой до уровня верхнего среза перегородки 3.

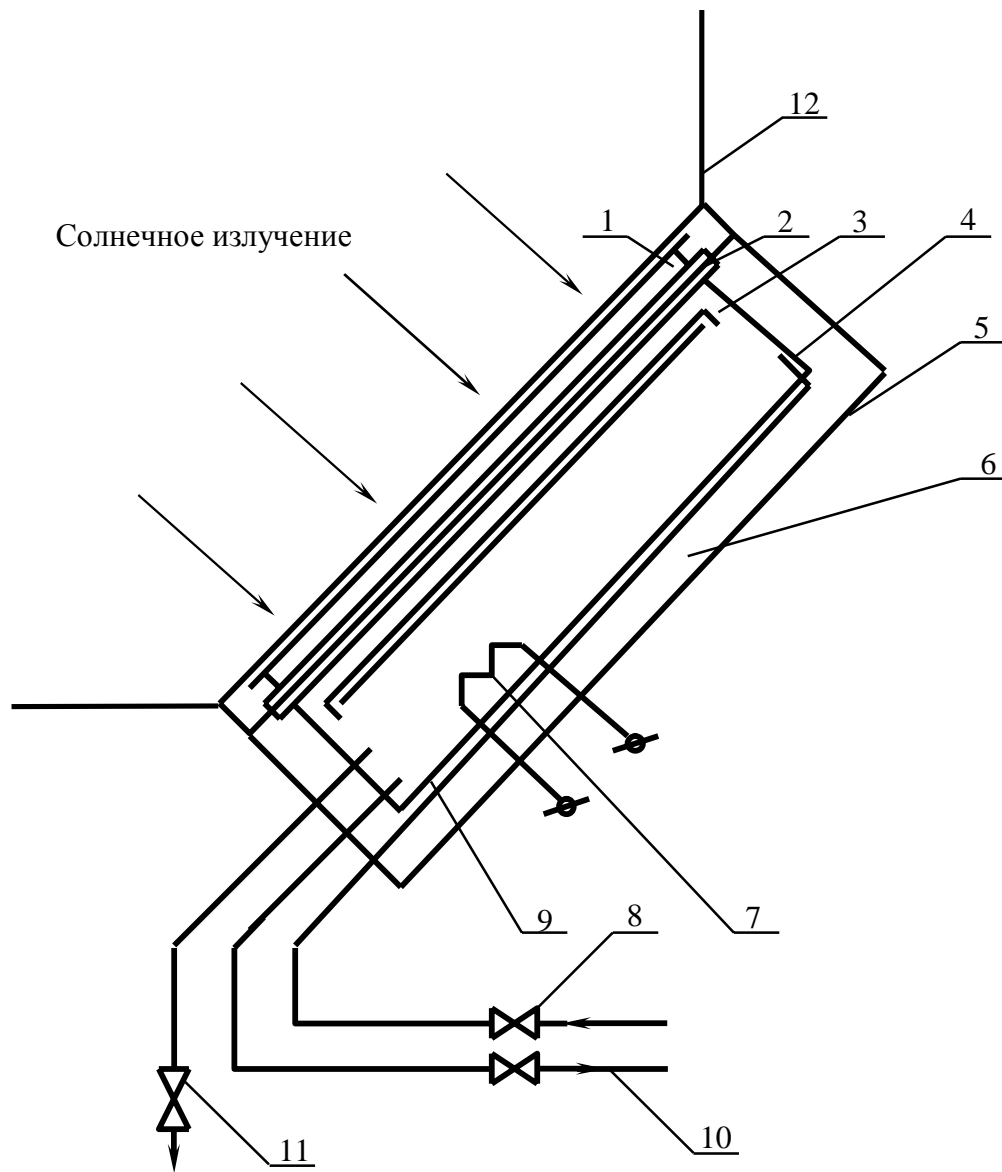


Рис.1. Гелиоэлектрическое устройство с концентратором энергии: 1 – стеклопакет, 2 – тепловоспринимающая поверхность-абсорбер солнечного коллектора, 3 – теплоизолирующая перегородка поверхность которой покрыта материалом с большим коэффициентом отражения тепловой энергии, 4 – корпус бака-нагревателя, 5 – корпус солнечного коллектора, являющийся одновременно корпусом бака-аккумулятора, 6 – бак-аккумулятор, 7 – ТЭН с термостатом, 8 – запорный вентиль холодной воды, 9 – бак-нагреватель, 10 – слив горячей воды, 11 – вентиль слива, 12 – дополнительные поверхности для концентрации солнечной энергии.



Жидкость в полости между перегородкой и абсорбером за счет поглощенной солнечной теплоты нагревается, а благодаря естественной циркуляции поднимается и переливается в верхнюю часть бака. Таким образом, в результате многократного оборота, температура жидкости в баке достигает предельного уровня и стабилизируется. Опыт показывает, что даже при самом упрощенном способе теплоизоляции, температура жидкости превышает температуру окружающей среды на $7...10\text{ C}^0$. Более совершенные варианты конструкции обеспечивают температуру горячей воды $65...90\text{ C}^0$.

Если температура жидкости не достигла технологической нормы, необходимой для её применения - включается ТЭН - 7 с встроенным термостатом, имеющим настройку по температуре и жидкость нагревается до нормы. Отключение электроподогрева осуществляется автоматически.

При обеспечении постоянного подпора холодной воды, по мере расхода через трубопровод нагретой жидкости -10 будет происходить автоматическое включение и подогрев жидкости. В баке-аккумуляторе необходимо предусмотреть протекторную защиту от коррозии, в противном случае происходит активное разрушение его стенок. При длительном перерыве в пользовании горячей водой - электронагрев рекомендуется отключить от сети.

Гелиоэлектрические установки рекомендуется устанавливать в солнечных местах. Желательно, освещаемых солнцем в течение всего светового дня, хотя боковое освещение мало эффективно. В летнее время угол наклона абсорбера к горизонту принимается равным широте местности. Ориентировка по азимуту принимается прямо на Юг. При такой ориентировке гелиоэлектрической установки, предполагается максимальный результат по нагреву в летний период.

В зимнее время применение установки с использованием солнечного излучения предполагается ограничено. В значительной степени это зависит от широты местности и погодных условий. Практически гелиоэлектрическая установка будет работать как обычный электрический подогреватель жидкости. Во избежание размораживания следует провести утеплительные мероприятия или предусмотреть соответствующее конструктивное исполнение. Качество теплоизоляции и её соответствие требованиям сохранения теплового баланса очень важно и возможные ошибки в её расчетах могут существенно повлиять на эффективность работы устройства.

Годовая доля солнечной энергии – степень замещения газа, в покрытии тепловой нагрузки

$$f_{год} = \frac{\sum_{i=1}^{12} f \cdot Q_M^H}{\sum_{j=1}^{12} Q_M^H}, \quad (1)$$

где $f_{год}$ – годовая солнечная энергия;

f – месячная доля солнечной энергии;

Q_M^H – месячная величина тепловой нагрузки, Дж.

Месячная доля солнечной энергии в покрытии тепловой нагрузки горячего водоснабжения определяется по формуле

$$f = \frac{Q_M^c}{Q_M^H} = \frac{(Q_M^H - Q_M^D)}{Q_M^H} = 1 - \frac{Q_M^D}{Q_M^H}, \quad (2)$$

где Q_M^H – месячное количество теплоты обеспечиваемое солнечной установкой, Дж.

Q_M^D – месячное количество теплоты обеспечиваемое дополнительным источником энергии (в данном случае электронагреватель), Дж.

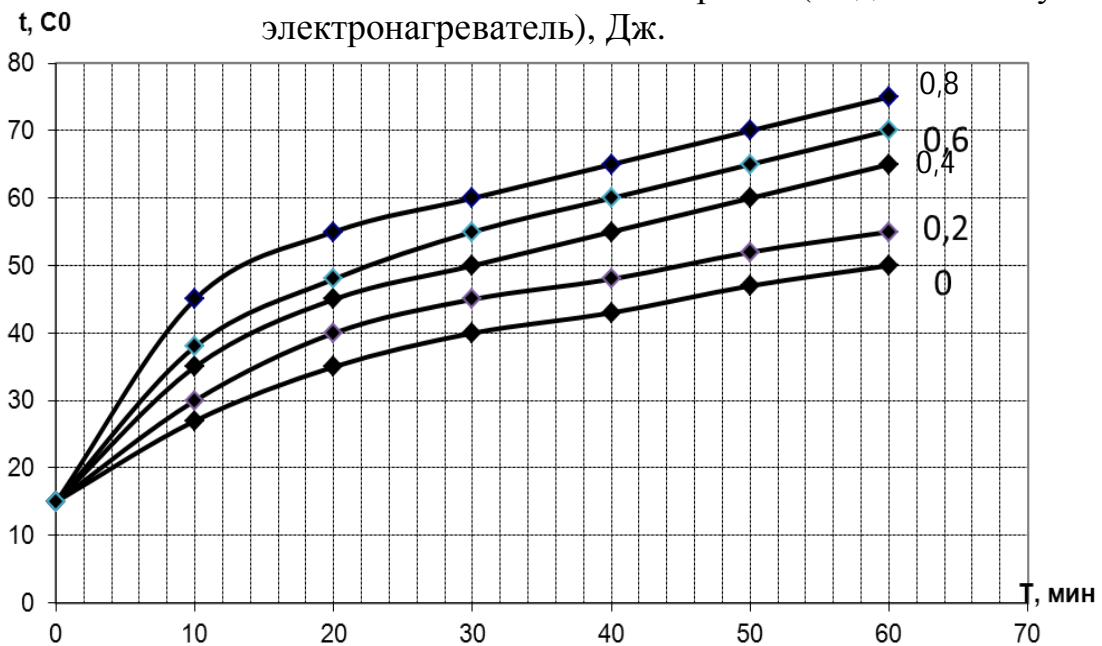


Рис. 2. Экспериментальные исследования нагрева теплоносителя при разных площадях концентрирующей поверхности.

Проведены исследования по увеличению общей площади поглощения солнечной энергии за счет введения дополнительных отражателей (концентраторов) гелиоколлектора. Опыты проведены при температуре окружающей среды 15 C^0 . Каждые 10 минут фиксировалась температура нагрева теплоносителя. Установившиеся температура достигалась за 60 минут исследований. На рисунке 2 представлены



кривые нагрева теплоносителя, при отсутствии отражателей солнечного излучения температура теплоносителя не превышала 60 C^0 .

Дополнительная площадь поглощения солнечной энергии гелиоколлектором оценивалась коэффициентом K_d :

$$K_d = \frac{S_d}{S_k} \quad (3)$$

где S_d – дополнительная площадь отражателя см^2 ;

S_k – основная площадь гелиоколлектора см^2 ;

Максимальная установившаяся температура нагрева теплоносителя была достигнута при коэффициенте $K_d = 0,8$ (75^0 C).

Выводы. Использование гелиоэлектрической установки с концентратором энергии в быту эффективнее по сравнению с электрическим водонагревателем того же объема в расчете на год. Эта эффективность тем выше, чем выше реальная среднедневная температура теплого периода года.

Четко определить круг применения гелиоэлектрических установок с концентратором энергии довольно сложно и в этом вопросе следует, давая рекомендации, предполагать что во многих случаях потребитель определит его сам и не исключено, что значительно расширит.

Установка дополнительной площади поглощения солнечной энергии гелиоколлектором позволяет увеличить температуру теплоносителя. При этом дополнительные расходы на установку концентраторов не превышают 5 процентов стоимости гелиоколлектора.

Литература

1. Берковский Б.М., Кузьмиков В.А. Возобновляемые источники энергии на службе человека. – М.: Наука, 1997 г. – 128 с.
2. Кирюшатов А.И. Использование нетрадиционных возобновляющихся источников энергии в сельскохозяйственном производстве /А.И. Кирюшатов. – М: Агропромиздат, 1991. – С. 3–40.
3. Корчемный М., Федорейко В., Щербань В. Энергозбереження в агропромисловому комплексі. – Тернопіль: Підручники і посібники, 2001 г. – 564 с.
4. Сонячний колектор. МПК⁷ Г24J2/20. – Пат. нім. №19945893.6. Опубл. 05.04.01. – 3 с.
5. Степанова В.Э. Возобновляемые источники энергии на сельскохозяйственных предприятиях / В.Э. Степанова. – М: Агропромиздат, 1988. – С. 22–63.
6. Титко Р. Відновлювальні джерела енергії / Р. Титко, В. Калініченко – Варшава – Краків – Полтава, 2010. – С. 71 – 200.
7. Харченко Н.В. Индивидуальные солнечные установки. – М.: Энергоатомиздат, 1991 г. – 208 с.



ГЕЛІОЕЛЕКТРИЧНИЙ ПРИСТРІЙ З КОНЦЕНТРАТОРОМ ЕНЕРГІЇ

М.І. Стручаев, Ю.О. Стьопін, Н.П. Перова

Анотація – запропоновано конструкцію компактних індивідуальних геліоелектричних установок на прикладі геліоелектричного пристрою з концентратором енергії для нагрівання рідини.

HELIO-ELECTRIC SET WITH CONCENTRATE OF ENERGY

N. Struchaev, J. Stjopin, N. Perova

Summary

In the article is suggested conception of the compact helio-electric set cite as an example helio-electric devise for heating of liquid.



УДК 536.2:631.544.41

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ГЕНЕРАЦІЇ 3D-СІТКИ ПРОМИСЛОВОЇ ТЕПЛИЦІ МЕТОДОМ КІНЦЕВИХ ЕЛЕМЕНТІВ В ANSYS MESHING

Троханяк В.І., інженер

Куляк Б.В., аспірант*.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Тел. +38(067)3513082

Анотація – в роботі проведено аналіз та розроблено методику побудови 3D-сітки, в препроцесорі ANSYS Meshing, використовуючи метод кінцевих елементів для CFD моделі сучасної теплиці четвертого покоління типу “Venlo”. Проаналізовано особливості та розроблено алгоритм побудови 3D-сітки для задач тепло-масопереносу та гідро-газодинаміки у теплицях промислових розмірів. В результаті отримано найбільш якісні сітки для CFD моделювання.

Ключові слова: препроцесор ANSYS Meshing, метод кінцевих елементів, CFD модель, тепло-масоперенос, теплиця “Venlo”.

Постановка проблеми. Перед кожним обчислювачем стоїть проблема – отримати вирішення важливої практичної задачі із найменшими затратами машинного часу і наперед заданою точністю. В підході до вирішення вказаної проблеми можна виділити два напрямки: математичний (теоретичний) та інженерний (практичний). Ці напрямки можна прослідкувати в одному із найбільш популярних в наш час методів вирішення задач обчислювальної гідро-газодинаміки і тепло-масопереносу – методі кінцевих елементів (МКЕ) [7]. Застосування даного методу детально описано в науково-технічній літературі. Однак недостатньо досліджено задачі побудови 3D-сітки для CFD моделей в препроцесорі ANSYS Meshing спираючись на їх якість.

Аналіз останніх досліджень. Питання генерації якісної сітки є ключовим при вирішенні задач обчислювальної гідро-газодинаміки і тепло-масопереносу. Компанія ANSYS, Inc. пропонує кілька сіткових препроцесорів для генерації сіток. Найбільш універсальним та спрощеним препроцесором на даний момент є ANSYS Meshing. Він має простий інтерфейс і досить легкий у вивченні [4, 9].



МКЕ використовується при чисельному розрахунку задач гідродинаміки і теплопереносу. В науковій літературі за кордоном його називають Finite Element Method (FEM). Суть методу полягає в наближеному вирішенні варіаційної задачі. Для формулювання цього завдання використовуємо поняття функціоналу. Оператор $I[f(x)]$ називається функціоналом, який заданий на деякій множині функцій, якщо для кожної функції $f(x)$ ставиться у відповідність певне числове значення $I[f(x)]$ [3]. Іншими словами, функціонал є як би «функцією від функції», і часто такі функціонали мають вигляд інтегралів. Варіаційна задача полягає у знаходженні такої функції $f(x)$, яка б відповідала мінімальному значенню функціоналу $I[f(x)]$. Вигляд цього функціоналу є різним для різних завдань та підбирається спеціальним вибором [8].

Основна ідея методу кінцевих елементів полягає в тому, що будь-яку безперервну величину, таку як температура, тиск і переміщення, можна апроксимувати дискретною моделлю, яка будується на безлічі кінцево-безперервних функцій, визначених на кінцевому числі підобластей [7].

Історичними попередниками МКЕ були різноманітні методики будівельної механіки і механіки деформованого твердого тіла яке використовує дискретизацію, зокрема методика сили переміщення. Вихідним об'єктом для застосування МКЕ є матеріальне тіло, яке розбивається на частини - кінцеві елементи (КЕ). В результаті розподілу створюється сітка із границь елементів. Точки перетину цих границь утворюють вузли. На границях і всередині елементів можуть бути створені додаткові вузлові точки. Поєднання з усіх кінцевих елементів і вузлів є основною кінцево-елементної моделі тіла, що деформується.

В деформаційній задачі число степенів свободи вузла залежить від типу задачі і від системи розрахунку. На рис. 1 показаний вузол i , який має в загальній системі координат x, y, z - три степені свободи, що складають вузловий вектор степенів свободи [4].

В даний час МКЕ знайшов широке застосування при вирішенні задач теплопровідності в твердих тілах і при розрахунках на міцність. Однак він може бути застосований і при розрахунку течій рідин і газів [2]. Відомі також методи, які поєднують у собі елементи методу кінцевих об'ємів і методу кінцевих елементів [6, 11]. Поєднання цих методів дозволяє використовувати більш широкий ряд розрахункових сіток (тетрагональні сітки, пірамідальні, призматичні, поліедральні), що необхідно при вирішенні завдань зі складною геометрією.

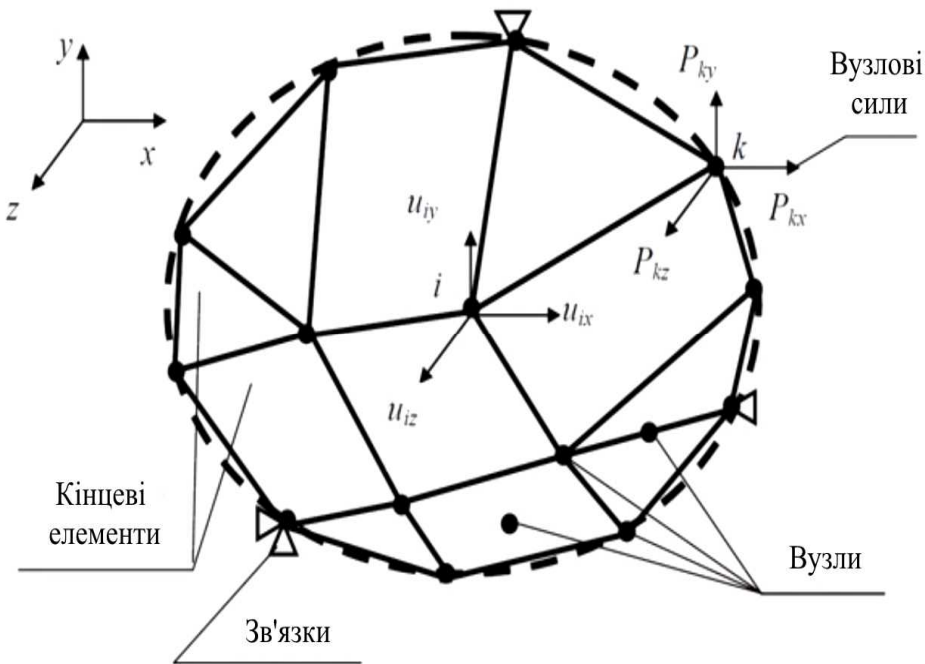


Рис. 1. Розподіл матеріального тіла на частини – кінцеві елементи, в загальній системі координат.

Цей підхід використовують CFD пакети Ansys CFX, Ansys Fluent, Star-CD, Star-CCM +, Comsol та ін [1, 8].

Універсальна програмна система кінцево-елементного аналізу ANSYS має безліч застосувань практично для всіх галузей сучасної науки і техніки, в тому числі і у агропромисловому секторі [5].

Звичайно різні фізичні завдання вимагають різних підходів і це слід враховувати при створенні і моделюванні розрахункової сітки. ANSYS Meshing більшою мірою орієнтований на створення сітки для CFD-розрахунків додатків ANSYS - CFX або FLUENT, проте слід мати на увазі, що ключові моменти процесу побудови сітки такі як і в інших програмах, а саме у програмах які не використовуються в ANSYS [1, 5].

Моделювання сітки є невід'ємною частиною процесу інженерного розрахунку. Якість сітки визначає точність і швидкість отримання рішення. Час необхідний для створення сітки, займає більшу частину загального часу виконання комп'ютерного інженерного моделювання. Точність результату безпосередньо залежить від густоти сітки. Але чим густіша сітка, тим більше комп'ютерних ресурсів (оперативної пам'яті / процесорного часу) необхідно. Тому більш потужні і автоматизовані інструменти побудови сітки дають кращий результат.

Основними критеріями якості елементів (осередків) для Fluent є Orthogonal Quality і Skewness [8]. Рекомендується використовувати сіткові моделі, для яких мінімальне значення Orthogonal Quality > 0.1 або максимальне значення Skewness «перекіс» < 0.95 [10]. «Перекіс» –



це міра зміни елемента в порівнянні з початковою його формою, яка лежить в діапазоні від 0 (відмінна) до 1 (неприпустима).

Не можна виходити за ці межі, за винятком випадків з відносно простими течіями і зонами з незначними градієнтами змінних. Про погану якість розрахункової сітки можна дізнатись із повідомлення про від'ємні об'єми осередків, при імпорті розрахункової сітки в ANSYS Fluent. В ділянках складної геометрії найбільші елементи можуть спотворювати свою форму. Елементи із низькою якістю можуть спричинити негативні результати, а саме до того що рішення може мати розбіжність!

Формулювання цілей статті. Розробка методики побудови 3D-сітки методом кінцевих елементів для CFD моделі відділення промислової теплиці, щоб проаналізувати область вентиляційних потоків та обігрів у відповідних точках та поверхнях, похибка яких не більше 5%.

Основні матеріали досліджень. Розрахунок і побудова сітки проводилася в модулі платформи Workbench - препроцесорі ANSYS Meshing. Робоча область ANSYS Meshing Application використовує підхід ділення. Різний "Метод розбивки" може бути застосований до кожної частини геометрії.

Процес генерації сітки можна умовно розділити на кілька етапів. На першому етапі необхідно виконати діагностику вихідної геометрії, усунути виявлені помилки або внести спрощення в розрахункову модель. На другому етапі визначаються загальні налаштування сіткового алгоритму, розміри елементів на виділених поверхнях, зони адаптації сітки (локального подрібнення) та ін. Після генерації сітки проводиться оцінка якості сітки і її розмірність. Щодо діагностики геометрії – вона проводиться перед генерацією сітки. Для цього можна використовувати як DesignModeler, так і SpaceClaim Direct Modeler. В геометрії найбільш критичними для генератора сітки є такі помилки: орієнтація поверхні та наявність незрівнянно малих (по площі) поверхонь, «клинчастих» поверхонь і інших дефектів в місцях сполучення двох і більше поверхонь (Slivers, Sharps Angles і ін.). Для виправлення подібних дефектів можна використовувати інструменти панелі Repair, видаляти вручну, або групувати в панелі Virtual Topology [9].

Геометрія (див. рис. 2 а) побудована в реальних розмірах, кількість елементів та граней достатньо велика. Враховуючи великі розміри приміщення, з метою зменшення часу машинного розрахунку, було прийнято рішення розраховувати тільки четверту частину 3D теплиці (рис. 2 б), яка є симетричною до інших трьох.

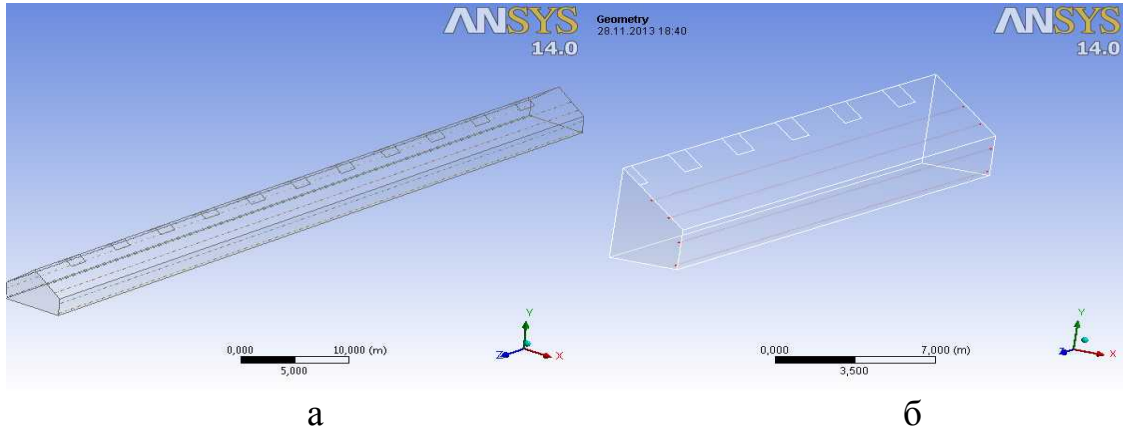


Рис. 2. Загальний вигляд геометрії 3D теплиці: а - повний об'єм теплиці; б - симетрична частина теплиці.

В геометрії теплиці передбачено отвори для системи вентиляції повітря та труби із гарячим водопостачанням для опалення.

Для варіанта тепlopостачання від власної котельні температура води в системі опалення шатра дорівнює $95...70\text{ }^{\circ}\text{C}$. Внутрішню температуру теплиці приймаємо $+15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Для зимніх теплиць температуру зовнішнього повітря беремо як середню температуру найхолоднішого місяця експлуатації - $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Відносна вологість в теплиці приймається 60%. Для опалення шатра використовуються сталеві гладкі труби діаметром 32 мм та загальною площею поверхні $657,9\text{ м}^2$. Огородження теплиці здійснюється одношаровим стільниковим полікарбонатом товщиною 4 мм. Ширина та довжина ланки теплиці становить 6,4 м. та 75 м. відповідно. Висота в свою чергу 4,5 м.

В ANSYS Meshing Application є кілька видів методів розбивки для 3D сітки [8, 9]:

- Методи побудови гексаедральної сітки:
 - багатозональний (Multi Zone);
 - протяжкою (Sweep);
 - багатозональний (на основі блочної сітки ICEM CFD);
 - протяжкою для оболонкових тіл (Thin sweep);
 - з переважанням гексаедрів (Hex Dominant).
- Методи побудови тетраедральної сітки (Tetrahedrons):
 - на основі поверхневої сітки (Patch Conforming);
 - CFX-Mesh;
 - незалежно від поверхонь (Patch Independent).
- Автоматичний (Automatic).

Характерні особливості кожного із видів методів розбивки:

- гексаедральна сітка, в порівнянні з тетраедральною сіткою, міститиме більш ніж в 2 рази менше вузлів при використанні її для вирішення завдання з тією ж точністю; тому при її застосуванні необхідна менша кількість елементів для вирішення завдання CFD;

- недоліком тетраедральної сітки є трудомісткий процес її створення; у той же час, перевагою сітки є те що, вона дозволяє створювати осередки, близькі за формою до зон з великими градієнтами швидкостей і температур, і до границь розрахункової області, що дозволяє моделювати межові шари;

- недоліком декартової сітки є те, що вона дозволяє створювати тільки прямокутні осередки, і в крайньому випадку це призводить до погіршення розв'язків рівнянь приграничного шару, а перевагою декартової сітки – це простота у її створенні.

Результати розрахунків для промислової теплиці наведено на рисунках 3 – 4. На рис. 3 зображено побудовану сітку виробничого приміщення промислової теплиці у розрізі, із отворами для припливного повітря та трубами із гарячою водою для опалення (див. рис. 3). Сітка, в певній мірі, зменшена в місцях, де розташовані отвори та труби, відносно решти площі приміщення. Це зроблено для того щоб покращити розрахунок гідродинаміки та теплообміну.

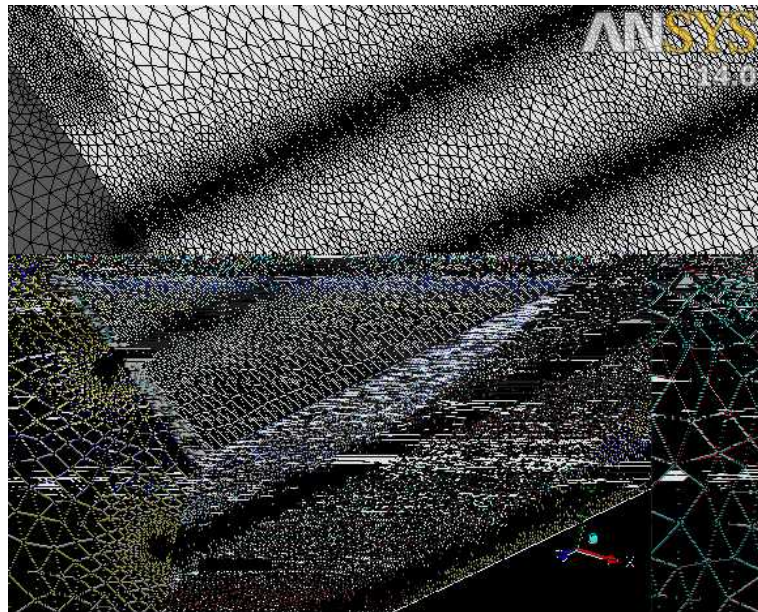


Рис. 3. Загальний вигляд сітки теплиці в розрізі із отворами для припливного повітря та трубами із водяним опаленням.

На рис. 4 наведено розріз труби із гарячою водою у збільшеному масштабі, що дозволяє чітко побачити пограничні шари. Два шари розташовані в середині труби та два зовні. Дані із розрахунку внутрішніх пограничних шарів описують гідродинаміку в середині труби, а дані із зовнішніх пограничних шарів – теплообмін зовні труби.

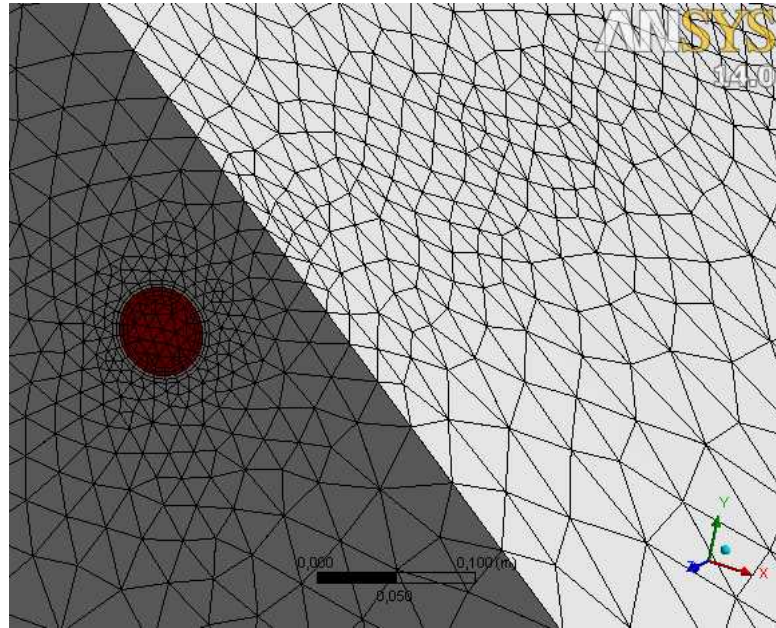


Рис. 4. Сітка теплиці з детальним виглядом труби для опалення із пограничними шарами.

Отже, надмірне згущення сітки, дозволяє отримати більш якісні результати гідродинаміки та теплообміну в теплиці, що дозволяє оцінити якість та недоліки сітки.

Використовуючи МКЕ побудовано розрахункову 3D-сітку в препроцесорі ANSYS Meshing для розв'язку задач гідродинаміки і теплопереносу в промисловій теплиці. Оцінивши різноманітні сітки для CFD моделей, вибрано найбільш економічні та якісні, що дозволяють отримати найбільш точні результати розрахунку вентиляційних потоків у виробничому відділенні теплиці.

Висновки. За допомогою методу кінцевих елементів побудовано розрахункову 3D-сітку в препроцесорі ANSYS Meshing для розв'язку задач гідродинаміки і теплопереносу у відділенні промислової теплиці четвертого покоління “Venlo”. Розглянуто особливості побудови сітки для задач гідро- газодинаміки і тепло- масопереносу при вентиляційних потоках в закритому середовищі із регульованим мікрокліматом. В результаті побудови різноманітних сіток для CFD моделей, вибрано найбільш якісну, що дають змогу отримати достовірні та точні результати розрахунку вентиляційних і теплових потоків у теплиці.

Література

1. Васильев В. А. Анализ и выбор программных продуктов для решения инженерных задач [Електронний ресурс] / В. А. Васильев, М. А. Калмыкова // Современная техника и технологии. – 2013. – №3. –



- Режим доступа к ресурсу: <http://technology.snauka.ru/2013/03/1702>
(дата обращения: 04.08.2016).
2. *Власова Е. А.* Приближенные методы математической физики / *Е. А. Власова, В. С. Зарубин, Г. Н. Кувыркин.* – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. – 700 с.
 3. *Дульнев Г. Н.* Применение ЭВМ для решения задач теплообмена / *Г. Н. Дульнев, В. Г. Парфенов, А. В. Сигалов.* – М.: Высшая школа, 1990. – 207 с.
 4. Инженерный анализ в ANSYS Workbench: Учеб. Пособ. / [*В. А. Бруяка, В. Г. Фокин, Е. А. Солдусова та ін.*]. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2010. – 271 с.: ил.
 5. Офіційний сайт компанії ANSYS Inc. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.ansys.com/>.
 6. *Патанкар С. В.* Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости / *С. В. Патанкар.*; пер. с англ. под. ред. *В. Д. Виленского.* – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 150 с.
 7. *Сегерлинд Л.* Применение метода конечных элементов / Пер. с англ. – Москва: Мир, 1979. – 392 с.
 8. *Троханяк В. І.* Застосування методу кінцевих елементів при побудові сітки в ANSYS Meshing для CFD моделей / *В. І. Троханяк, Ю. О. Богдан.* // Вісник приазовського державного технічного університету. – 2015. – №30. – С. 181–189.
 9. *Хитрых Д.* Рекомендации по использованию сеточного препроцессора ANSYS Meshing / *Денис Хитрых.* // ANSYS Advantage. Русская редакция. – 2014. – №20. – С. 34–43.
 10. ANSYS Meshing User's Guide. Release 15. ANSYS, Inc. Southpointe 275 Technology Drive Canonsburg, PA 15317, 2013. – 492 p.
 11. *Ferziger J. H.* Computational Methods for Fluid Dynamics / *J. H. Ferziger, M. Perić.* – 3., rev. ed. – Berlin; Heidelberg; New York; Barcelona; Hong Kong; London; Milan; Paris; Tokyo: Springer, 2002. – 423 p.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ГЕНЕРАЦИИ 3D-СЕТКИ ПРОМЫШЛЕННОЙ ТЕПЛИЦЫ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ANSYS MESHING

В. И. Троханяк, Б. В. Куляк

Аннотация - в работе проведен анализ и разработана методика построения 3D-сетки, в препроцессоре ANSYS Meshing, используя метод конечных элементов для CFD модели современной теплицы четвертого поколения типа "Venlo". Проанализированы особенности и разработан алгоритм построения 3D-сетки для задач тепло-массопереноса и гидро-газодинамики в теплицах про-



мышленных размеров. В результате получено более качественные сетки для CFD моделирования.

RESEARCH OF THE GENERATION OF 3D-MESH FOR INDUSTRIAL GREENHOUSE IN THE ANSYS MESHING WITH USING FINITE ELEMENT METHOD

V. I. Trokhanyak, B. V. Kuliak

Summary

The paper analyzes the technique and construction of 3D-mesh in the preprocessor ANSYS Meshing, using the finite element method for CFD model modern greenhouse fourth generation type "Venlo". The analysis of the characteristics and developed an algorithm for constructing 3D-grid for heat and mass transfer problems and hydro-gas-dynamics in greenhouses industrial sizes. The result is a more qualitative meshes for CFD-modeling.



УДК 536.24

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ГІДРОДИНАМІКИ І ТЕПЛООБМІНУ СИСТЕМИ ОХОЛОДЖЕННЯ В ПТАШНИКАХ

Троханяк В.І., інженер

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Тел. +38(067)3513082

Анотація – проведено математичне моделювання процесів масо- і теплопереносу в рекуперативних теплообмінниках для охолодження зовнішнього повітря, що надходить у пташники. Виконано інженерний розрахунок теплообмінника та проведено чисельне моделювання гідродинамічних та теплових процесів, використовуючи програмний продукт САПР ANSYS Fluent. Отримано розподіли швидкостей, тисків та температур в теплообміннику-рекуператорі.

Ключові слова: теплообмінник-рекуператор, математичне моделювання, тепло- і масоперенос, інженерний розрахунок.

Постановка проблеми. Суть роботи полягає у проведенні теоретичних досліджень, пов'язаних з регуляцією теплообмінних процесів в пташниках, що відбуваються як всередині приміщення, так і через його зовнішні огороження залежно від метеорологічних параметрів зовнішнього повітря і теплотехнічних характеристик. Отримані дані розрахунків дають можливість провести правильний вибір будівельних конструкцій для систем опалення та вентиляції пташників.

Аналіз останніх досліджень. Тепловий режим пташників є одним із вирішальних факторів, які визначають продуктивність цієї галузі тваринництва. Утримання птиці в холодних, вологих приміщеннях з незадовільною вентиляцією призводить до зменшення приросту її ваги на 20–30 %, зниження несучості на 30–35 % та підвищення захворюваності молодняку в 2–3 рази, а також перевитрат кормів та перевищення строків вирощування, встановлених зоотехнічними нормами. Тепловий режим пташника встановлюється в результаті теплообмінних процесів, що протікають як всередині приміщення, так і через його зовнішнє огороження. Він формується під впливом системи опалення та вентиляції залежно від метеорологічних параметрів

зовнішнього повітря і теплотехнічних характеристик будівельних конструкцій.

Формулювання цілей статті. Створення математичної моделі переносу і проведення інженерного розрахунку та розрахунку локальних гідродинамічних і теплових характеристик теплообмінника регенеративного типу для охолодження повітря в пташниках за допомогою пакета САПР ANSYS Fluent 14.0, розробка нової конструкції теплообмінника-регенератора.

Основні матеріали досліджень. Відомо, що мінімальна вентиляція працює в зимовий період і розраховується для видалення шкідливих речовин (аміак, вуглекислий газ, пил та волога) і забезпечення необхідної подачі повітря, насиченого киснем.

Тунельна вентиляція працює в літній період року (при температурі більше 26 °С). На цьому етапі важливо забезпечити видалення надлишкового тепла, яке створює птиця.

У комплекті з тунельною вентиляцією часто використовують охолоджувальні системи. У цьому випадку охолоджувальною системою буде рекуперативний теплообмінник.

При виборі напрямку руху теплоносія, перевагу надають протитечії і перехресному потоку, для яких питоме теплове навантаження найвище [1]. Крім того, при протитечії холодний теплоносій може бути нагрітий до більш високої температури, ніж при прямоточній схемі апарата. Схема компоновки теплообмінника наведено на рис. 1.

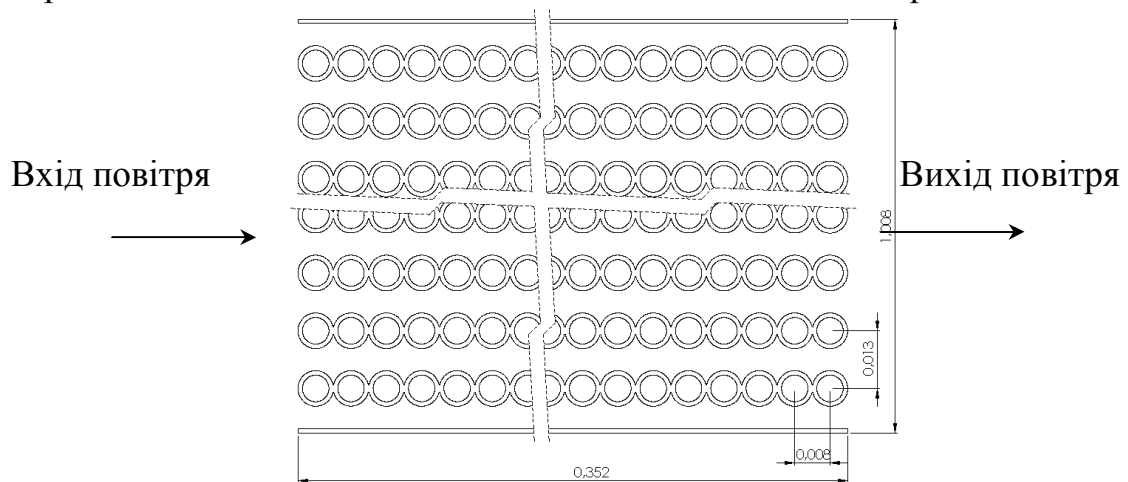


Рис. 1. Вигляд зверху кожухотрубного теплообмінника.

Вибір матеріалу труб залежить від агресивності теплоносія. Для неагресивних середовищ при малих тисках і температурах застосовують сталеві безшовні труби із сталі марок 10, 20, для агресивних - застосовують безшовні труби із легованих сталей, міді, алюмінію. Діаметр труб залежить від вибраного матеріалу та умов експлуатації. У наведеному випадку вибрано сталеві безшовні труби із зовнішнім діаметром трубки 8 мм та товщиною стінки 1 мм.



Температура вхідного повітря в теплообмінник $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$, орієнтована вихідна температура $+19,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Масова витрата повітря на вході 43350 кг/год . Висота проходу для повітря в теплообмінника 1 м , ширина 1 м . Ширина міжтрубної відстані - 5 мм .

При розрахунку теплообмінника використано два підходи – виконано інженерний розрахунок теплообмінника та проведено чисельне моделювання процесів тепло- і масообміну використовуючи пакет прикладних програм САПР ANSYS Fluent 14.0. Результати розрахунку наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 –

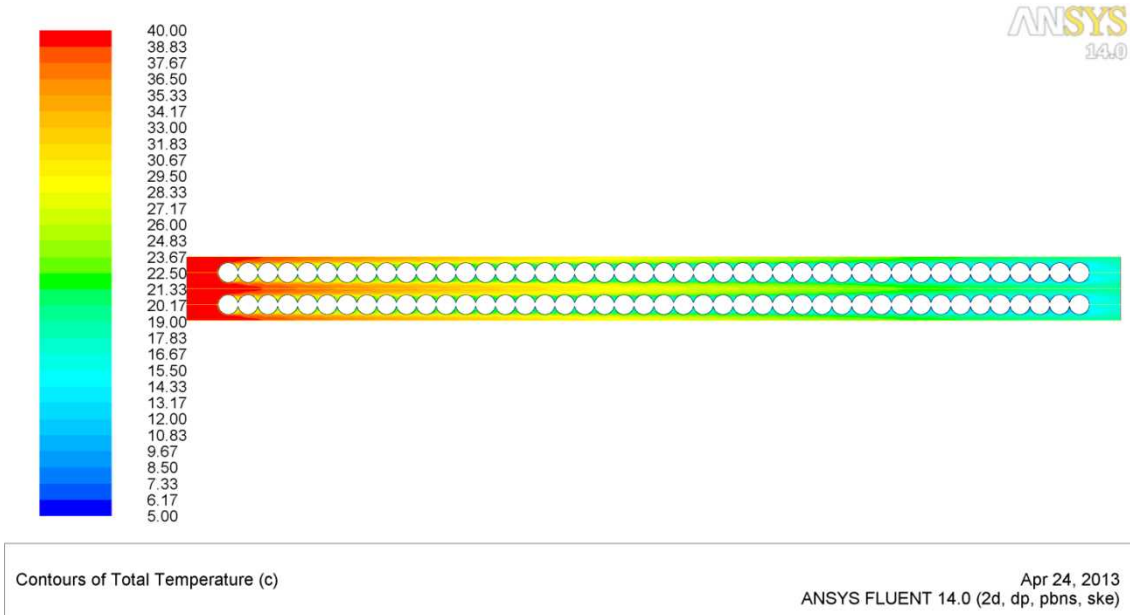
Порівняльна таблиця теплообмінників.

Основний параметр теплообмінника	Традиційний теплообмінник	Запропонований теплообмінник
Кількість переданої теплоти від повітря до води, кВт	248,09	248,09
Температура води на виході з теплообмінника, $^{\circ}\text{C}$	14	13,5
Швидкість руху повітря на початку каналу, м/с	17,85	27,2
Коефіцієнт теплообміну для повітря, $\text{Вт/м}^2\cdot^{\circ}\text{C}$	88,46	229,28
Значення середньо логарифмічної температури, $^{\circ}\text{C}$	16,41	16,41
Еквівалентний діаметр теплообмінника, м	0,00673	0,00995
Довжина теплообмінника, м	2,35	0,352

Моделювання процесів масопереносу і теплообміну теплообмінника для охолодження вентиляваного повітря за допомогою САПР ANSYS Fluent 14.0. Розглядається стаціонарний, турбулентний потік нестисливого в'язкого газу. При цьому необхідно виконати умови прилипання частинок повітря до твердої стінки або відсутність ковзання газу по поверхні. Таким чином, виконуються граничні умови рівності нулю швидкості газу на поверхні нерухомих стінок. Процес тепло- і масопереносу в теплообміннику можна описати за допомогою рівнянь [2].

Вибір оптимальної моделі турбулентності залежить від типу течії, необхідної точності рішення, доступних обчислювальних ресурсів і тощо. З різноманіття загальноновизнаних моделей турбулентності можна виділити клас найбільш вживаних – RANS (Reynolds-averaged Navier-Stokes) моделі, до яких належить сімейство k-е моделей. У розглянутому випадку вибрано стандартну k-е модель (KES) [3-5].

Результати розв'язків показано на рис. 2–4. На рис. 3 представлено розподіл температур в елементі теплообмінника для двох сусідніх рядів труб.

Рис. 2. Зміна загальної температури в каналі, $^{\circ}\text{C}$.

Розподіл поля швидкостей в каналі теплообмінника представлено на рис. 3.

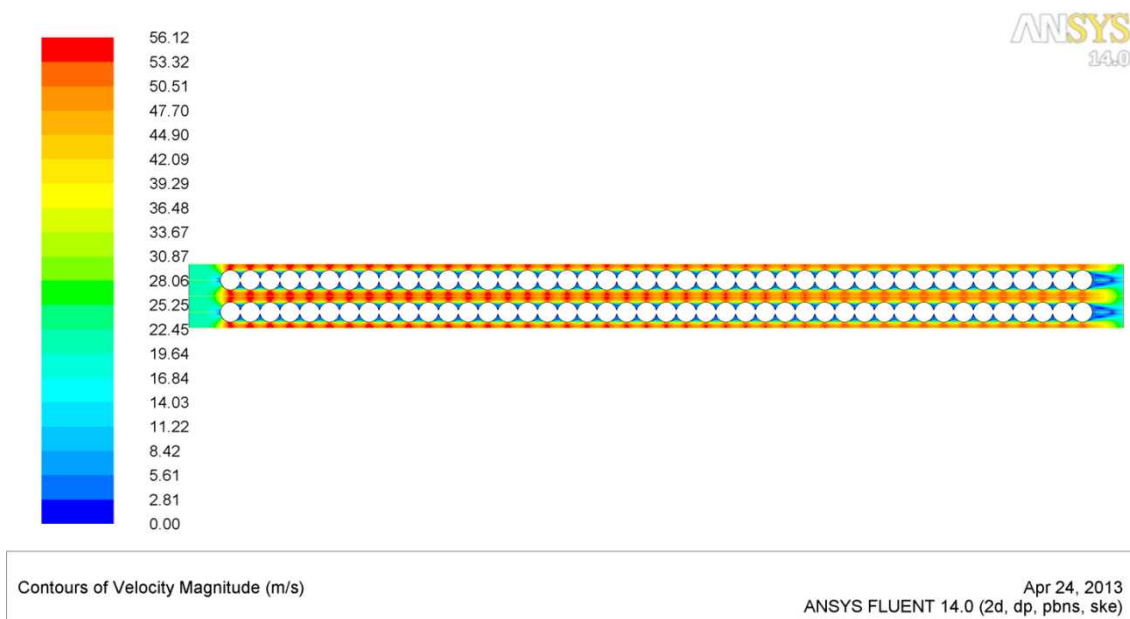


Рис. 3. Швидкість повітря в каналі, м/с.

Детальні розподіли вектора швидкостей для елемента каналу показано на рис. 4.

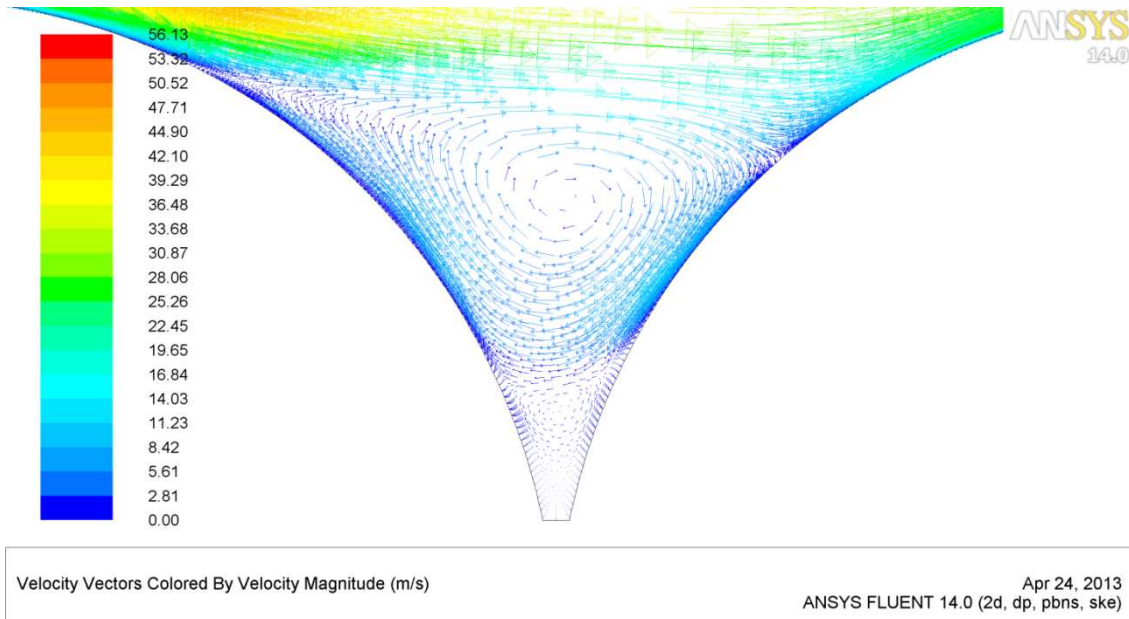


Рис. 4. Вектор швидкості, м/с.

Таким чином моделювання процесів масо- і теплопереносу з використанням пакета прикладних програм дає можливість визначити всі локальні гідродинамічні та теплові характеристики течії в каналах теплообмінника. Це, в свою чергу, дає змогу вибрати оптимальну геометрію теплообмінника.

При проведенні інженерних розрахунків отримано дані, які повністю підтверджуються розрахунками з використанням пакета САПР ANSYS Fluent 14.0. Згідно з проведеними розрахунками швидкість повітря на вході в канал становить 27,3 м/с, температура повітря на вході 40 °С, на виході 19,5 °С. Коефіцієнт теплообміну на поверхні - 229,3 Вт/м²·°С. Значення середньологарифмічної температури 16,4 °С. Загальна довжина теплообмінника 0,352 м.

Висновки. Проведено чисельне моделювання процесів гідродинаміки та теплопереносу в теплообміннику нової конструкції за допомогою САПР ANSYS Fluent 14.0. Отримано локальні розподіли поля швидкостей, векторів швидкості та температур. У результаті проведених інженерних та чисельних розрахунків запропоновано нову, ефективну конструкцію теплообмінника для охолодження повітря в пташнику для літнього періоду року.

Література

1. *Виноградов С.Н.* Выбор и расчет теплообменников / *Виноградов С.Н., Таранцев К.В., Виноградов О.С.* – Пенза, 2001. – 100 с.
2. *Шлихтинг Г.* Теория пограничного слоя / *Г.Шлихтинг*—М.: Наука, 1974. - 712 с.



3. *Bardina J.E.* Turbulence Modeling Validation, Testing and Development / *Bardina J.E., Huang P.G., Coakley T.J* // California, NASA reports – April, 1997., 88 с.
4. *Hanjalic, K.* Advanced Turbulence Closure Models: A View on the Current Status and Future Prospects, *Int. J. Heat & Fluid Flow*, 1994, vol. 15, pp. 178-203.
5. *Speziale C.G.* Modeling of Turbulent Transport Equations, in T. Gatski, M. Hussaini and J. Lumley, eds., *Simulation and Modeling of Turbulent Flows*, Oxford University Press, 1996.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ГИДРОДИНАМИКИ И ТЕПЛООБМЕНА СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ В ПТИЧНИКЕ

В.И. Троханяк

Аннотация– проведено математическое моделирование процессов массо- и теплопереноса в рекуперативных теплообменниках для охлаждения наружного воздуха, поступающего в птичники. Выполнен инженерный расчет теплообменника и численное моделирование гидродинамических и тепловых процессов, используя программный продукт САПР ANSYS Fluent. Получены распределения скоростей, давлений и температур в теплообменнике-рекуператоре.

MATHEMATICAL MODELING OF FLUID DYNAMICS AND HEAT EXCHANGE COOLING SYSTEM IN POULTRY HOUSES

V.I. Trokhanyak

Summary

The mathematical modeling of mass and heat transfer in a recuperative heat exchanger to cool the outside air entering the poultry houses is performed. There are performed the engineering calculations and numerical modeling of hydrodynamic and thermal processes using CAD software ANSYS Fluent for heat exchanger. The distribution of velocity, pressure and temperature in the heat exchanger, heat exchanger are found.