

Міністерство аграрної політики та
продовольства України
Таврійський державний агротехнологічний університет



Науковий вісник
Таврійського державного агротехнологічного університету



Випуск 2, Том 4

Електронне наукове фахове видання

Мелітополь – 2012 р.

УДК 621.311:631

ПЗ.8

Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету [Електронний ресурс]. – Мелітополь: ТДАТУ, 2012. – Вип. 2, Т. 4. – Режим доступу: <http://www.nbu.gov.ua/e-journals/nvtdau>.

Випускається за рішенням Вченої Ради ТДАТУ,

Протокол № 10 від 29.05.2012

Том підписано до випуску 20.09.2012

Том сформовано за матеріалами V Міжнародної науково-практичної конференції присвяченої пам'яті Мартиненко І.І. «Енергозабезпечення технологічних процесів в АПК». Опубліковано результати досліджень у галузі механізації сільського господарства, енергетики та автоматизації процесів сільськогосподарського виробництва.

Редакційна колегія праць ТДАТУ:

Кюрчев В.М. – к.т.н., професор, ректор ТДАТУ (головний редактор),
Надикто В.Т. – чл.- кор. НААН України, д.т.н., професор (заст. головного редактора),
Діордієв В.Т. – к.т.н., професор, (відповідальний секретар),
Дідур В.А. – д.т.н., професор, Кушнар'єв А.С. – чл.- кор. НААН України, д.т.н., професор,
Найдиш А.В. – д.т.н., професор, Никифорова Л.Є. – д.т.н., професор,
Овчаров В.В. – д.т.н. професор, Панченко А.І. – д.т.н. професор,
Рогач Ю.П. – к.т.н., професор, Скл'яр О.Г. – к.т.н., доцент, Тарасенко В.В. – д.т.н., професор,
Шацький В.В. – д.т.н., професор, Ялпачик Ф.Ю. – к.т.н., професор.

Відповідальний за випуск – к.т.н., професор Діордієв В.Т.

Адреса редакції: ТДАТУ

Просп. Б. Хмельницького 18,
м. Мелітополь, Запорізька обл.,
72312 Україна

ISSN 2220-8674

© Таврійський державний агротехнологічний університет, 2012.

**ЗМІСТ**

ІДЕНТИФІКАЦІЯ ДИНАМІКИ ЕЛЕКТРИЧНИХ УСТАНОВОК ТЕРМООБРОБКИ ФУРАЖНОГО ЗЕРНА ПРИ ВИРОБНИЦТВІ КОМБІКОРМІВ Котов Б.І., Лисенко В.П., Комарчук Д.С., Калініченко Р.А.,	3
АВТОМАТИЧНИЙ ВИМІРЮВАЧ ПОТУЖНОСТІ НВЧ ГЕНЕРАТОРУ ПРИСТРОЮ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ КОМБІКОРМУ З ВИКОРИСТАННЯМ МІКРОКОНТРОЛЕРУ Мунтян В.О., Лобода О.І.	9
АНАЛІЗ КАНАЛІВ КЕРУВАННЯ АПАРАТУРНО-ТЕХНОЛО- ГІЧНИМ КОМПЛЕКСОМ ВИРОБНИЦТВА ВЕРШКОВОГО МАСЛА СПОСОБОМ БЕЗПЕРЕРВНОГО ЗБИВАННЯ Петриченко С.В., Лобода О.І., Тодоріко О.М.....	16
ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ДІЕЛЕКТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ БІООБ'ЄКТІВ В ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ТА МЕДИЦИНИ Борохов І. В., Федюшко Ю. М., Хандола Ю.М.,	27
АНАЛІЗ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ДИСТАНЦІЙНОГО ВИМІРЮВАННЯ ДІЕЛЕКТРИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ БІООБ'ЄКТІВ Борохов І. В., Федюшко Ю. М.....	32
МОДЕЛЬ ЕНЕРГОЇМКОСТІ ПРИ ЕЛЕКТРОДІАЛІЗЕ ВОДИ Ксєнз Н.В., Сидорцов И.Г., Кияшко Е.А.	39
АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ И ОБОСНОВАНИЕ ХАРАКТЕРА ВОЗДЕЙСТВИЯ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ С ЦЕЛЬЮ СТИМУЛЯЦИИ ИХ РАЗВИТИЯ Ксєнз Н.В., Леонтьев Н.Г., Белоусов А.В., Федорищенко М.Г.	43
ДРОБИЛКА ЗЕРНА УДАРНО-ОТРАЖАТЕЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ ⁴⁸ Савиных П.А., Миронов К.Е.	48
УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И СУШКИ ЗЕРНА В ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВАХ Оболенский Н.В., Данилов Д.Ю.....	52

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ДЕСТРУКТОРА Оболенский Н.В. Крайнов Ю.Е.,	59
СХЕМНЫЕ РЕШЕНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ КОМПЛЕКСАМИ ПРОИЗВОДСТВА КОМБИКОРМОВ В АПК Диордиев В.Т.....	65
ПЕРЕТВОРЕННЯ КОНТУРІВ І ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ СТРУКТУРНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ СИСТЕМ ДРОСЕЛІВ ТА РЕАКТОРІВ Ставинський Р.А.	80
ДОСЛІДЖЕННЯ ДОПУСТИМОГО ДОДАТКОВОГО ЗНОСУ ІЗОЛЯЦІЇ ОБМОТКИ АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОДВИГУНА Гончарова Н.В.	89
АЛГОРИТМ ОЦІНКИ ПРОФЕСІЙНОГО РИЗИКУ НА ПІДПРИЄМСТВАХ АПК Рогач Ю.П., Книшов О.Я., Луценков В.Л., Головін С.В.....	95
МЕТОДОЛОГІЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ДЛЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ НЕБЕЗПЕК І ОЦІНКИ РИЗИКУ НА ПІДПРИЄМСТВАХ АПК Рогач Ю.П., Книшов О.Я., Луценков В.Л., Головін С.В.....	101
ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТІ РОЗПОДІЛУ ПИТОМИХ ВИТРАТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА ПІДПРИЄМСТВАХ ОЧИЩЕННЯ ТА ПЕРЕРОБКИ ХЛІБНИХ КУЛЬТУР Постнікова М.В., Карпова О.П.,	105
АНАЛІЗ МОЖЛИВОГО ВПЛИВУ ВІТРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ НА ПРОПУСКНУ СПРОМОЖНІСТЬ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ Лисенко О.В.....	113
УЗГОДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОБ'ЄКТІВ З ПОТЕНЦІАЛОМ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ СТОСОВНО ЗАХІДНОГО РЕГІОНУ УКРАЇНИ Боярчук В.М., Сиротюк В.М., Сиротюк С.В., Гальчак В.П.....	117
ТЕХНОЛОГІЯ ПОЛУЧЕННЯ БІОГАЗА ІЗ ОТХОДІВ І СЫРЬЯ В СЕЛЬСЬКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ Крайнов Ю.Е., Вандышева М.С.	125

ОБҐРУНТУВАННЯ ОПТИМАЛЬНОГО СПОСОБУ ТА РЕЖИМІВ
КОМБАЙНОВОГО ЗБИРАННЯ НАСІННЯ ГІРЧИЦІ
САРЕПТСЬКОЇ В УМОВАХ СУХОГО СТЕПУ

Жуйков О.Г. 131

ПОБУДОВА СТРУКТУРИ МЕРЕЖ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ
ПІДПРИЄМСТВ АПК, ЩО МІСТЯТЬ ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНІ
УСТАНОВКИ

Заболотний А.П., Федоша Д.В., Даус Ю.В., Данильченко Д.О. 137

УСТРОЙСТВО ЗАЩИТЫ АСИНХРОННОГО
ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

Гетманенко В.М., Иваница М.А. 145

ОПТИЧЕСКИЕ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ
ПЕРЕМЕННОГО СВЕТОВОГО ПОЛЯ

Степанчук Г.В., Ключка Е.П., Петренко Э.Э. 152

ОБОСНОВАНИЕ ПЕРЕДАТОЧНОГО ЧИСЛА РЕДУКТОРА ДЛЯ
ДВУХРОТОРНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ГЕНЕРАТОРА
ВЕТРОУСТАНОВКИ

Степанчук Г.В., Моренко К.С. 159

К ВЫБОРУ ОБЛУЧАТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ
ВЫРАЩИВАНИЯ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ
ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА

Степанчук Г.В., Пономарева Н.Е., Петренко Э.Э. 165

ОПТИМИЗАЦИЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ
АСИНХРОННЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ НАСОСОВ
СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ
КОМПЛЕКСОВ

Таранов Д.М., Каун О.Ю., 170

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ ЗЕРНА В
УСЛОВИЯХ МАЛЫХ ФОРМ ХОЗЯЙСТВ

Крайнов Ю.Е., Юсипова Э.М., 177

ОРЕБРЕНИЕ ТЕПЛООТДАЮЩИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ
ИНДУКЦИОННЫХ НАГРЕВАТЕЛЕЙ ЖИДКИХ СРЕД

Оболенский Н.В., Миронов Е.Б., Красиков С.Б. 182

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СТРУЕ-ЗАКРУЧИВАЮЩЕГО УЗЛА - УЛИТКИ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ТЕПЛОГЕНЕРАТОРА Оболенский Н.В., Крайнов Ю.Е.	190
РАЗВИТИЕ НОВЫХ РУЛЕВЫХ УПРАВЛЕНИЙ НА БАЗЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ УСИЛИТЕЛЕЙ Петров В.О., Петров А.В.	196
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПРИСАДОК НА ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ОЛІЙ Журавель Д.П., Юдовинський В.Б., Мітков Б.В.,	203
ПРОБЛЕМИ ВИКОРИСТАННЯ СВІТЛИХ НАФТОПРОДУКТІВ І МАШИННО-ТРАКТОРНИХ АГРЕГАТІВ В АГРОПРОМИСЛОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ Вороновський І.Б.	210

Електронне наукове фахове видання

Науковий вісник
Таврійського державного агротехнологічного університету

Випуск 2, Том 4.

Відповідальний за випуск – к.т.н., професор Діордієв В.Т.

Комп'ютерна верстка – Кашкар'єв А.О.

Том підписано до випуску 20.09.2012
13,7 умов. друк. арк.

ТДАТУ. Просп. Б. Хмельницького 18,
м. Мелітополь, Запорізька обл., інд 72312 Україна
тел. (0619) 42-06-94, 42-57-97



УДК 631.362:621.365.46

ІДЕНТИФІКАЦІЯ ДИНАМІКИ ЕЛЕКТРИЧНИХ УСТАНОВОК ТЕРМООБРОБКИ ФУРАЖНОГО ЗЕРНА ПРИ ВИРОБНИЦТВІ КОМБІКОРМІВ

Котов Б.І., д.т.н.,

Лисенко В.П., к.т.н.,

Комарчук Д.С., аспірант*

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Калініченко Р.А., к.т.н.

ВП НУБіП України "Ніжинський агротехнічний інститут"

Тел.: (044) 527-83-82

Анотація - розглянуто математичні модель процесів термообробки фуражного зерна при використанні інфрачервоного та індукційного енергопідігріву, та метод ідентифікації її параметрів.

Ключові слова - математичне моделювання, зерно, термообробка, ІЧ-нагрів, кондуктивний нагрів, тепловий процес.

Постановка проблеми. Для збільшення виробництва високоякісних комбікормів в кількостях, що забезпечили б потреби тваринництва та птахівництва необхідно подальше вдосконалення існуючої технології і обладнання, що дозволить максимально автоматизувати технологічні процеси. В технологічних процесах виробництва повнорационних комбікормів все ширше застосовують операції інтенсивної термічної обробки фуражного зерна з метою підвищення його поживної цінності, до яких відноситься екструдування і мікронізація. Для дослідження обрані в якості типових два об'єкти електронагрівальних установок: прес-екструдер з індукційним підведенням енергії та мікронізатор з ІЧ-випромінювачем[1-4].

Аналіз останніх досліджень. При вирішенні задач автоматизації керування температурними режимами суттєве значення має характер залежностей регульованих параметрів в часі при зміні (управляючих або збурюючих) параметрів технологічного процесу. Визначення динамічних властивостей об'єкта можна виконати експериментально або аналітично. Останній метод більш універсальний. Він дозволяє визна-

© Б.І. Котов, д.т.н.; В.П. Лисенко, к.т.н.; Р.А. Калініченко, аспірант;
Д.С. Комарчук к.т.н.

* Науковий керівник – д.т.н., професор Б.І. Котов

чити структурну модель об'єкта без конкретизації параметрів елементів конструкцій та умов експлуатації, бо навіть типове обладнання має суттєві розбіжності які в значній мірі визначають динаміку об'єкта.

Аналізом існуючих методів дослідження процесів термообробки фуражного зерна електрофізичними методами [5,6] встановлено, що динаміка зміни параметрів процесу визначається тільки для температури зерно матеріалів, а зміна температури нагрівачів не визначається, хоча саме нагрівач є регулюючим елементом об'єкта.

В даній роботі використано аналітично-експериментальний метод ідентифікації інерційних об'єктів (який є загальним для типових установок нагріву дисперсних матеріалів), сутність якого полягає в тому, що на першому етапі складаються диференціальні рівняння енергетичного балансу, які відображають технологічний процес. Після розв'язку рівнянь невідомі коефіцієнти та комплекси визначаються співставленням теоретичної і експериментальної залежностей.

Формулювання цілей статті. Створення математичної моделі динаміки електронагрівачів та ідентифікація її параметрів.

Основна частина. З точки зору математичного опису електронагрівальні установки вказаного типу є складною багатопараметричною системою з багатьма вхідними і вихідними величинами. Попередніми експериментальними дослідженнями встановлено, що зміна температури матеріалу при кондуктивному і радіаційному підведенні теплоти має типовий експоненціальний характер (рис. 1). Дана обставина дозволяє будувати математичні моделі на основі аналізу теплового балансу, який визначає зв'язок між вхідними та вихідними параметрами.

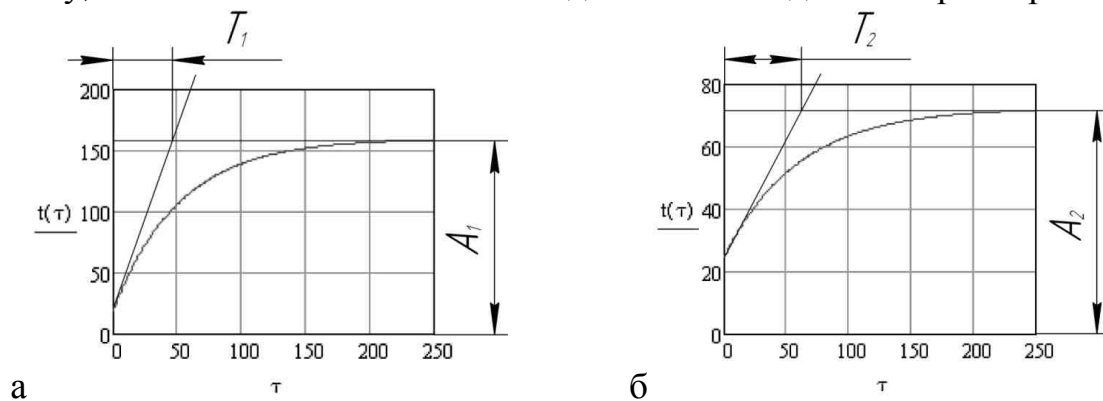


Рис. 1. Крива розгону системи «нагрівач-шар зерна». $t(\tau)$, °C; τ , с:

а – при кондуктивному підведенні тепла; б – при ІЧ опроміненні.

Представимо типову електронагрівну установку, як систему з двома ємностями нагрівач та дисперсний матеріал. Вхідний параметр – підведена потужність, вихідний – температура матеріалу, збурюючий вплив температура оточуючого середовища.

Тепловий баланс за умов рівномірного (безградієнтного) прогрі-

ву цієї товщини матеріалу можна представити спрощеною схемою: енергія, що виділяється в нагрівному елементі витрачається на підвищення його температури і передається матеріалу, де витрачається на підвищення температури матеріалу та віддачу теплоти в оточуюче середовище.

Математичну модель взаємодії системи «нагрівач-матеріал» в процесах мікронізації та екструзії представлено системою диференціальних рівнянь:

$$m_1 c_1 \frac{d\Theta}{d\tau} = P - \alpha_{n(e)} f_1 (\Theta - t) - \alpha_v f_2 (\Theta - t_v), \quad (1)$$

$$m_2 c_2 \frac{dt}{d\tau} = \alpha_{n(e)} f_1 (\Theta - t) - \alpha_v f_3 (t - t_v), \quad (2)$$

де Θ, t_1, t_v - відповідно температура нагрівача, матеріалу та зовнішнього середовища, $^{\circ}\text{C}$;

$m_1 c_1, m_2 c_2$ - теплоємність нагрівача та матеріалу, $\text{Дж}/^{\circ}\text{C}$;

f_1, f_2, f_3 - відповідно поверхня теплообміну, нагрівача матеріалу та нагрівача зовнішнього середовища, м^2 ;

$\alpha_n, \alpha_e, \alpha_v$ - коефіцієнти теплообміну випромінюванням, кондуктивний та конвективним переносом, $\text{Вт}/\text{м}^2\text{}^{\circ}\text{C}$;

P - підведена потужність, Вт .

Параметри які підлягають визначенню експериментально є комплекси: $\alpha_n f_1, \alpha_e f_2, \alpha_v f_3$ та Θ . Оскільки випромінювач є складною конструкцією для подальшого аналізу використовують його ефективну температуру, а втрати в оточуюче середовище враховують коефіцієнтом корисної дії випромінювача – η .

Тобі рівняння (1) спростимо

$$m_1 c_1 \frac{d\Theta}{d\tau} = P\eta - \alpha_n f_1 (\Theta - t). \quad (1a)$$

За умови повністю розігрітого випромінювача $d\Theta/d\tau=0$, з рівнянь (1a) та (2) при початкових умовах: $\tau=0; t=t_0$ отримаємо

$$t(\tau) = A - (A - t_0) e^{-\frac{\tau}{T}}, \quad (3)$$

де $A = \frac{P\eta A_1}{\alpha_v f_3} + t_v; T = \frac{m_2 c_2}{\alpha_v f_3}$.

Величини A – значення температури в сталому режимі ($\tau \rightarrow \infty$); T – стала часу, визначимо з кривої нагріву матеріалу (рис. 1a). Знаючи величини $T=T_1, A=A_1$ визначимо $\alpha_v = \frac{m_2 c_2}{f_3 T_1}$ та $\eta = \frac{(A_1 - t_v) \alpha_v f_3}{P A_\lambda}$, де A_λ – коефіцієнт поглинання випромінювання зерновим матеріалом.

Зміну температури нагрівача (випромінювача) отримаємо з рівняння (1а), підставляючи в нього значення $t(\tau)$ з виразу (3)

$$\frac{m_1 c_1}{\alpha_1 f_1} \frac{d\Theta}{d\tau} + \Theta = \frac{P\eta}{\alpha_1 f_1} \left(A - \Delta e^{-\frac{\tau}{T}} \right). \quad (4)$$

де $\Delta = A - t_0$.

Розв'язок неоднорідного рівняння (4) за початкової умови: $\tau=0$; $\Theta=\Theta_0$

$$\Theta_n(\tau) = \left(\Theta_0 - \frac{B_1}{B_3} + \frac{B_2}{B_3 - k} \right) e^{-B_3 \tau} + \frac{B_1}{B_3} - \frac{B_2}{B_3 - k} e^{-k\tau}, \quad (5)$$

де $B_1 = \frac{P\eta + \alpha_n f_1 \Theta_3}{m_1 c_1}$; $B_2 = B_3(\Theta_3 - \Theta_0)$; $B_3 = \frac{\alpha_1 f_1}{m_1 c_1}$; $k = \frac{1}{T}$.

Θ_3 – температура зерна в усталеному режимі ($\Theta_3 = A_1$)

Величина $\frac{B_1}{B_3} = \frac{P\eta}{\alpha_1 f_1} + \Theta_3$ – є сталою температурою нагрівача

$$\alpha_1 f_1 = \frac{P\eta}{\Theta_1 - \Theta_3}. \quad (6)$$

Визначивши комплекси $\alpha_1 f_1$ та $\alpha_2 f_2$, при відомих сталих величинах можна розв'язувати рівняння (1а) та (2) чисельним або аналітичним методом.

Розв'язуючи систему (1а) – (2) рівнянь відносно Θ та t маємо:

$$T_1 T_2 \frac{d^2 \Theta}{d\tau^2} + (T_1 + a_2 T_1) \frac{d\Theta}{d\tau} + (a_2 - 1)\Theta = D_1, \quad (7)$$

$$T_1 T_2 \frac{d^2 t}{d\tau^2} + (T_1 + a_2 T_1) \frac{dt}{d\tau} + (a_2 - 1)t = D_2, \quad (8)$$

де $T_1 = \frac{m_1 c_1}{\alpha_1 f_1}$; $T_2 = \frac{m_2 c_2}{\alpha_2 f_2 A_\lambda}$; $a_2 = 1 + \frac{\alpha_3 f_3}{\alpha_1 f_1 A_\lambda}$;

$$D_1 = \frac{P\eta}{\alpha_1 f_1} a_2 + \frac{\alpha_3 f_3}{\alpha_1 f_1 A_\lambda} t_v; \quad D_2 = \frac{P\eta}{\alpha_1 f_1} + \frac{\alpha_3 f_3}{\alpha_1 f_1 A_\lambda}.$$

Розв'язок рівнянь (7) та (8) за початкових умов: $\tau=0$; $t=t_0$; $\Theta=\Theta_0$, після відповідних перетворень отримаємо:

$$\Theta(\tau) = \frac{\Theta_0 C - D_1}{C(r_1 - r_2)} (r_1 e^{r_2 \tau} - r_2 e^{r_1 \tau}) + \frac{D_1}{C}, \quad (9)$$

$$t(\tau) = \frac{t_0 C - D_2}{C(r_1 - r_2)} (r_1 e^{r_2 \tau} - r_2 e^{r_1 \tau}) + \frac{D_2}{C}. \quad (10)$$

Графічну інтерпретація рівнянь (9) та (10) подано на рис. 2.

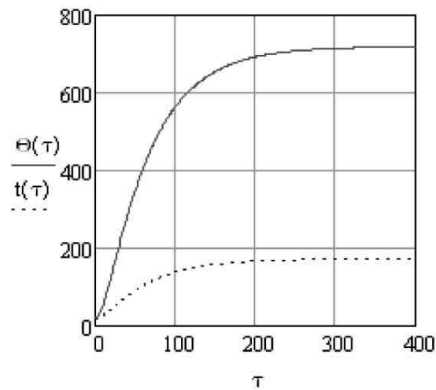


Рис. 2. Залежності зміни температури випромінювача $\Theta(\tau)$ та зерна $t(\tau)$ в перехідному режимі мікронізатора. $\Theta(\tau), t(\tau), ^\circ\text{C}; \tau, \text{с}$.

Аналогічним методом, використовуючи експериментальну залежність $t(\tau)$ нагріву зерна при кондуктивному підведенні теплоти від елемента поверхні, що нагрівається індуктором (рис. 1б) отримуємо значення ефективного коефіцієнту тепловіддачі α_{ef} від поверхні та коефіцієнту $\alpha_{ш}$, що характеризує тепловіддачу шнека. Це дає можливість ідентифікувати математичну модель теплового режиму пресекструдера та за рівняннями типу (9) – (10) побудувати графіки перехідного процесу (рис. 3).

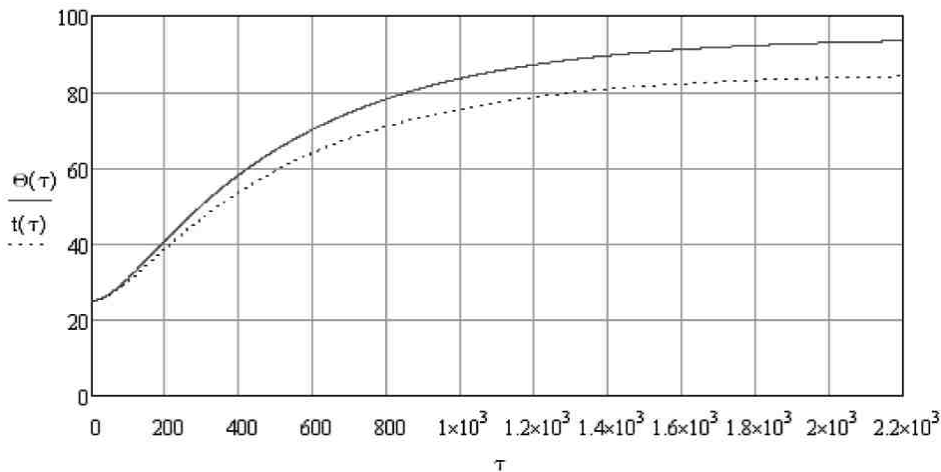


Рис. 3. Залежності зміни температури нагрівача $\Theta(\tau)$ та зерна $t(\tau)$ в перехідному режимі екструдера. $\Theta(\tau), t(\tau), ^\circ\text{C}; \tau, \text{с}$.

Висновки. Запропоновані математичні моделі адекватно описують динамічні режими електронагрівальних установок. В процесах нагріву зерно матеріалів можливе перевищення їх максимально допустимої температури нагріву. Тому режими нагріву необхідно регулювати засобами автоматики.

Література

1. Жисмин Я.М. Оборудование для производства комбикормов и обогатительных смесей / Я.М. Жисмин. – М. Колос. – 1976 – 160 с.
2. Королев М.И. Совершенствование процесса экструдирования фуражного зерна / М.И. Королев. – Научные труды ВИМ т. 66. . – о 1986. с. 124-131.
3. Павлов С.А. Эффективность использования зерна ячменя, обработанного инфракрасным излучением в составе комбикормов / С.А. Павлов // Научно технический бюл. ВИМ 1986 № 63 с. 34-37.
4. Орлов А.И. Тепловая обработка зерна при производстве комбикормов / А.И. Орлов, Н.В. Лисицына, В.А. Афанасьев. – Мукомольно-элеваторная и комбикормовая промышленность., 1976. - № 12. – С. 12-14.
5. Зверев С.В. Моделирование процессов ИК-нагрева зерна / С.В. Зверев //Хранение и переработка сельхозсерья. 2005 №12 с 25-26.
6. Новикова В.А. Термообработка фуражного зерна / В.А. Новикова // Сільський механізатор. – 2005. - №11. – 28-29.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЗЕРНО, ТЕРМООБРАБОТКА, ИК-НАГРЕВ, КОНДУКТИВНЫЙ НАГРЕВ, ТЕПЛОЙ ПРОЦЕСС

Котов Б.И., Лысенко В.П., Комарчук Д.С., Калиниченко Р.А.

Аннотация - рассмотрены математические модели процессов термообработки фуражного зерна при использовании инфракрасного и индукционного нагрева, и метод идентификации ее параметров.

MATHEMATICAL MODELING, GRAINS, HEAT PROCESSING, INFRARED HEATING, CONDUCTIVE HEATING, HEAT PROCESSING

B. Kotov, V. Lysenko, D. Komarchuk, R. Kalinichenko

Summary

The mathematical model of thermal processes of feed grain using infrared and induction sources, and method of identification parameters in thermal processes are considered.



УДК 621.385.6

АВТОМАТИЧНИЙ ВИМІРЮВАЧ ПОТУЖНОСТІ НВЧ ГЕНЕРАТОРА ПРИСТРОЮ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ КОМБІКОРМУ З ВИКОРИСТАННЯМ МІКРОКОНТРОЛЕРУ

Мунтян В.О., д.т.н.,

Лобода О.І., інженер.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел.: (0619) 42-57-97

Анотація – в роботі розглянуті аспекти побудови вимірювального приладу виміру потужності НВЧ генератора пристрою знезараження комбікорму з використанням AVR-мікроконтролеру з внутрішньою пам'яттю та виводом інформації на цифровий індикатор та можливість роботи з персональним комп'ютером.

Ключові слова – датчик, знезараження, інструментальний підсилювач, комбікорм мікроконтролер, міст Уінстона, надвисока частота (НВЧ), потужність, термісторний зонд.

Постановка проблеми. Аналіз тенденцій розвитку сучасних технічних систем і пристроїв з використанням мікрохвильових технологій у сільському господарстві (сушіння і знезараження зернових культур, розмороження харчових продуктів, стимулювання росту рослин та інше) показує, що існує проблема виміру параметрів НВЧ поля [1].

Надвисокочастотні (НВЧ) вимірювання – вимірювання характеристик поля НВЧ діапазону (потужність, щільність потоку, поляризація). Ефективність НВЧ генератору залежить від коливального контуру, який розташований у вихідному каскаді кожного пристрою, системи хвильоводів та інших компонентів НВЧ пристрою, причому в кожній частині можливі втрати енергії. В цьому випадку використовуються спеціалізовані датчики параметрів НВЧ енергії.

Існують різні датчики вимірювання НВЧ потужності (діодний детектор, датчик Хола, термісторний зонд, термопара). Так термісторний зонд змінює свій опір під дією НВЧ потужності. Ця зміна опору фіксується по вимірювальним приладам (аналоговим або цифровим). Такі датчики мають деяку інерційність, так як відбувається НВЧ нагрівання термісторів. Також недоліком є те, що для різних діапазонів

надвисокої частоти необхідно використовувати окремі термісторні зонди, з нелінійною залежністю опору від температури у широкому частотному діапазоні (0,1...10 ГГц). [2].

Аналіз останніх досліджень. На протязі багатьох років промисловість виготовляла тільки аналогові НВЧ ватметри, для яких характерні такі недоліки: це використання аналогового віднімання, компенсації сигналів для подання вимірних значень у первинному вигляді, що значно знижує точність та збільшує час виміру; великі габаритні розміри і маса; тривалий час для прогріву і використання достатньо потужних джерел живлення; складна схематична конструкція; неможливість працювати в широкому діапазоні частот і потужностей через нелінійності первинних перетворювачів.

Розвиток сучасних цифрових технологій зробив можливим обробляти нелінійні дані з цифрових датчиків. Для цього потрібно скласти таблиці відповідності вхідних та вихідних значень.

Промисловістю випускається багата номенклатура приладів по виміру НВЧ потужності. Наприклад, Boonton 4200 фірми Boonton, E4418B та E4419B фірми Agilent Technologies, Gigratronics 8541C фірми Gigratronics та інші. При тому що вони мають широкий діапазон вимірювальної частоти (у середньому від 9 кГц до 110 ГГц) в діапазоні потужності від -70 дБм до +44 дБм, при дуже великій швидкості виміру (до 100 зчитувань за секунду, а також існує можливість підключення до комп'ютеру через інтерфейс RS-232/RS-422, але існує суттєвий недолік це їх вартість від 2500 до 4600 умовних одиниць, що істотно буде впливати на вартість кінцевого продукту [3].

Сьогодні, коли промисловість випускає PIC та AVR мікроконтролери (МК) з широкою номенклатурою різноманітних моделей існує можливість розробляти вимірювачі НВЧ потужності відносно не дорого та з достатньою точністю виміру для конкретної частоти НВЧ генератору. Основною метою використання МК в приладі виміру НВЧ потужності є обробка даних і управління процесом вимірювання. Як правило, характеристики перетворювачів НВЧ сигналу, тобто енергії, мають нелінійний характер. Таким чином, для представлення вимірюваного значення НВЧ потужності в лінійній формі використовується лінеаризація характеристик датчика. Таким чином, це можна зробити без складних схем через розрахунки потрібного значення.

В даний час для виміру НВЧ потужності використовується в основному два типи первинних перетворювачів: термоелектричні (термопарні) і терморезисторні (термісторні). На певному етапі розвитку пристроїв цього типу були кращими термоелектричні перетворювачі, незважаючи на те, що терморезисторні перетворювачі мають вищу чу-

тливість. Це пояснюється тим, що разом з високою чутливістю, терморезисторні перетворювачі мають такі недоліки, як: значні варіації параметрів, нелінійність і нестабільність їх характеристик, а також велику інерцію, а це викликає значні труднощі для побудови автоматизованих високошвидкісний вимірювачів НВЧ потужності, які забезпечували б високу точність при зміні умов оточуючого середовища.

Формулювання цілей статті та постановка завдання. Враховуючи сказане вище, і незважаючи на існування промислових приладів з виміру НВЧ потужності генераторів, антен, хвильоводів та інших НВЧ пристроїв на практиці виникає необхідність мати простий вимірювач НВЧ потужності з достатньо малим значенням похибки, з вузьким частотним діапазоном, цифровою внутрішньою структурою, можливістю запам'ятовувати невеликі масиви вимірних даних, можливістю підключатися до зовнішнього комп'ютера та з незалежним джерелом живлення – це можна зробити, якщо використовувати промисловий термісторний датчик НВЧ діапазону, а в якості керуючого і аналізуючого блоку - мікроконтролер, наприклад серії AVR, PIC або інший.

Основна частина. В основу автоматичного цифрового вимірювача НВЧ потужності з мікропроцесорним керуванням покладено самобалансуючий термісторний міст з імпульсним живленням. Структурна схема вимірювача НВЧ потужності зображена на рис. 1.

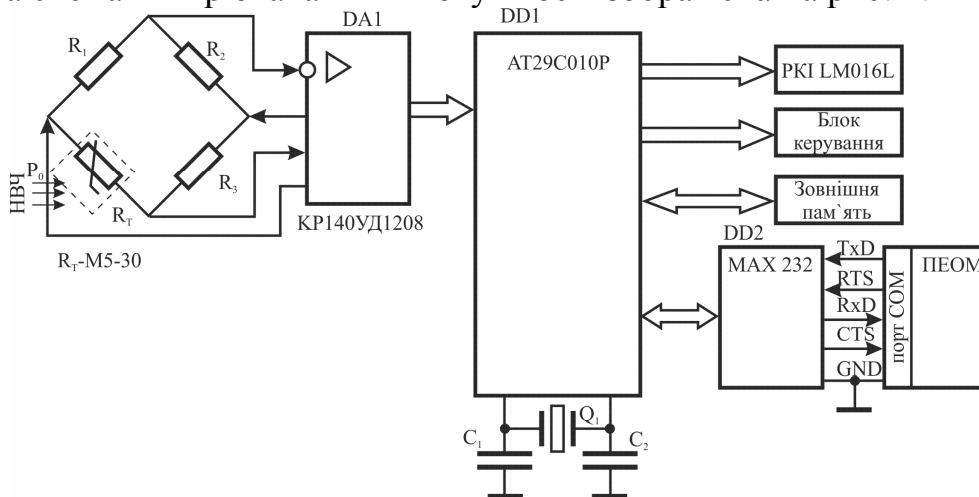


Рис. 1. Структурна схема вимірювача НВЧ потужності.

НВЧ випромінювання попадає на термістор R_T термічного перетворювача М5-30, який включено до резисторного мосту (міст Уіттона) і під дією НВЧ випромінювання змінює свій опір. В результаті збалансований міст вийде з балансу. Сигнал розбалансування подається на вхід операційного підсилювача DA (KP140UD1208), який виконує роль суматор. В схемі підключення операційного підсилювача

передбачено усунення зміщення нуля та корекція по струму. У зв'язку з тим, що цей операційний підсилювач може працювати при напрузі живлення від +2,4 В до +18 В, в пристрої відсутня стабілізація напруги його живлення. Підсилений таким чином сигнал виміру НВЧ потужності поступає в інструментальний підсилювач, що знаходиться в МК (АТmega). З виходу МК перетворені данні по-байтово передаються до енергонезалежної пам'яті (АТ29С010А) [4], після чого данні в цифровому вигляді перетворюються у відповідні семисегментні коди і виводяться на РКІ (LM016L) [5]. Для утворення синхронізуючих сигналів мікроконтролеру використовується зовнішній кварц Q₁. Після закінчення виміру існує можливість передати данні з зовнішньої пам'яті мікроконтролеру АТ29С010А, яка має 1 мегабайт (128 × 6) пам'яті та швидкодію 70...120 нс, через внутрішній інтерфейс до комп'ютера, але раніше необхідно погодити рівні сигналів між МК і послідовним портом (СОМ-порт) комп'ютера. На СОМ-порті комп'ютера вхідна напруга може змінюватися від -12 до +12В, а для МК необхідні п'ятивольтові рівні. Для узгодження цих рівнів напруги використовується мікросхема перетворення рівнів типу MAX 232.[4]

В запропонованому приладі передбачається використовувати первинний вимірювальний перетворювач типу М5 -30, який призначено для виміру малої НВЧ потужності у хвильовидних трактах круглого перетину з розміром хвильоводу Ø10×4,6 мм. Цей перетворювач має такі основні характеристики: діапазон частот перетворення складає 1,0...3,0 ГГц, максимальна вимірювальна НВЧ потужність - 7,5 мВт, коефіцієнт ефективності (К_{ЕФ}) перетворювача в заданому діапазоні частот дорівнює 0,9, коефіцієнт стоячої хвилі (КСВН) входу перетворювача не більш ніж 1,3, робочий опір дорівнює 75 Ом [6].

При подачі НВЧ потужності на перетворювач частина потужності не поглинається термістором, а відбивається за рахунок неповного узгодження перетворювача з іншим вимірювальним трактом. В цьому випадку потужність, що підводиться до перетворювачу визначається за виразом

$$P = P_M \cdot \frac{1 + |\Gamma_T|^2}{K_{EF}},$$

де P_П - потужність, що подається на вхід перетворювача (виміряна потужність);

P_М - потужність, що вимірюється вихідним ватметром термісторного мосту;

K_{ЕФ} - коефіцієнт ефективності перетворення

Γ_Т - коефіцієнт відбиття термісторного зонду [7].

Попередні виміри характеристик термістору у вимірювальному зонді показали, що залежність НВЧ потужності від напруги розбалансу моста на частоті 2,45 ГГц має лінійний характер (рис. 2, а), а залежність напруги зсуву на термісторі від струму, що протікає через нього, має залежність, яка представлена на рис. 2. б. За допомогою першої залежності в МК обчислюється вимірювана зондом НВЧ потужність, а за допомогою другої – обирається робочий струм зонду (≈ 3 мА).

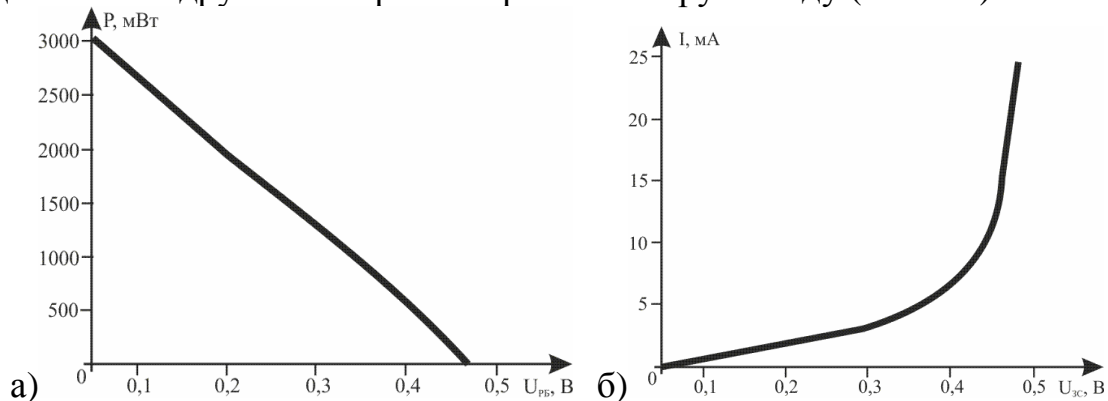


Рис. 2. Характеристики вимірювача НВЧ потужності: а) залежність падаючої НВЧ потужності від напруги розбалансу для термісторного зонду М5-30 (експериментальні дані); б) залежність напруги зсуву від струму, що протікає через термістор (експериментальні дані).

При використанні термісторних датчиків виникає проблема лінеаризації їх характеристик. Лінійну функцію можна отримати, якщо заміщати вхідний (вимірювальний) сигнал сигналом зворотного зв'язку, деякі параметри якого лінійно пов'язані з рівнем сигналу, що заміщає і, відповідно, з вхідним сигналом. В цьому випадку потужність P_{RT} , що розсіюється на терморезисторі R_T , включеного в одно із пліч мостової схеми (рис. 1) визначається співвідношенням [8]

$$P_{RT} = \frac{U_{\max}^2 \cdot \tau_{\text{имп}}}{4 \cdot R_T} F,$$

де U_{\max} – амплітудне значення напруги живлення мостової схеми;
 $\tau_{\text{имп}}$ – тривалість імпульсів;
 F – частота напруги.

Операція виводу термістору у робочу точку зміною додаткової потужності розігріву і калібрування є попередньою операцією і здійснюються зміною вихідного струму операційного підсилювача, під керуванням мікроконтролера, при відсутності вимірюваної НВЧ потужності на вході датчика.

Для програмування мікроконтролера представлено частина алгоритму роботи вимірювача НВЧ потужності (рис. 3).

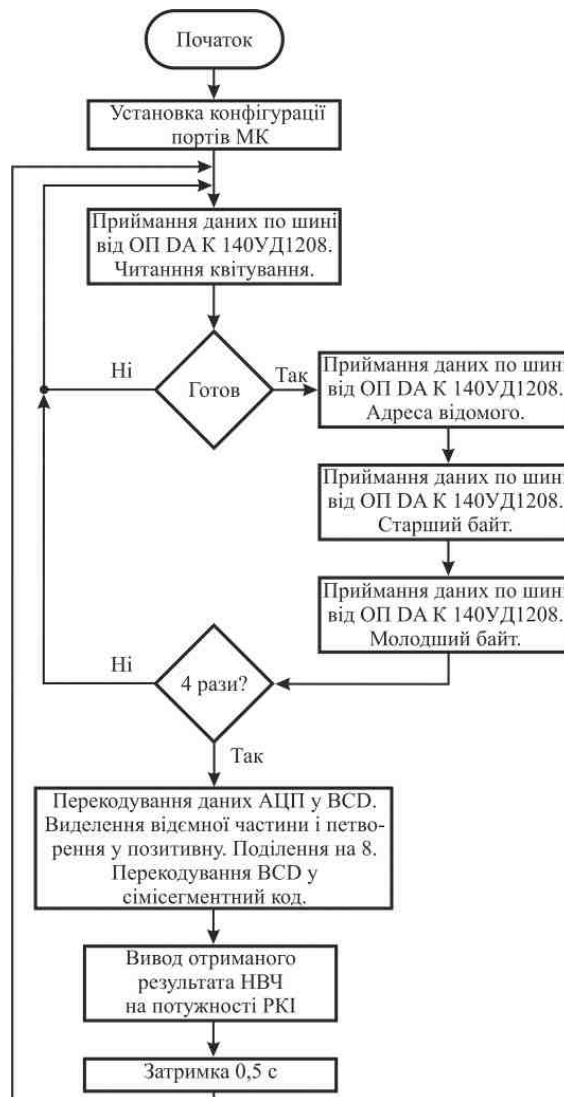


Рис. 3. Алгоритм роботи вимірювача НВЧ потужності.

Висновок. В результаті виконаної роботи спроектовано портативний вимірювач НВЧ потужності на основі термісторного датчика М5-30 і мікроконтролеру АТmega, за допомогою якого можливо вимірювати НВЧ потужність та будувати діаграму спрямованості НВЧ пристроїв на персональному комп'ютері. Цей приладів подальшому може бути прототипом при розробці приладів подібного класу. Прилад має такі технічні характеристики: верхня межа потужності - 6 мВт, частотний діапазон –1,0...3,0 ГГц, напруга живлення - 9 В, споживаний струм (при вимірах) - 10 мА.

Література

1. Чернушенко А.М. Измерение параметров электронных приборов дециметрового и сантиметрового диапазонов волн / А.М. Чернушенко, А.В. Майбородин. – М.: Радио и связь, 1986. – 336 с.

2. *Калиниченко А.В.* Справочник инженера по контрольно-измерительным приборам и автоматике / *А.В. Калиниченко, Н.В. Уваров, В.В. Двойников.* - М.: "Инфа-Инженерия, 2008. – 576 с.
3. Khalus Electronics. Измерители мощности. [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://univgroure.com/ru/main/>
4. *Рюмик С.М.* 1000 и одна микроконтроллерная схема. Вып. 1 / *С.М. Рюмик.* – Додэка-XXI, 2010/ - 356 с.
5. *Зихла Ф.* ЖКИ, светоизлучающие и лазерные диоды: схемы и готовые решения: пер. с нем / *Ф. Зихла.* – СПб.: БХВ – Петербург, 2012. - 336 с.
6. Энергия. Термический преобразователь М5-30: [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://http://energoprib.ru>
7. *Билько М.И.* Измерение мощности на СВЧ / *М.И.Билько, А.К.Томашевский, П.П. Шаров, Е.А. Баймуратов.* - М.: Советское радио, 1976. – 168 с.
8. *Данилин А.А.* Измерения в технике СВЧ: Учеб. пособие для кузов / *А.А. Данилин.* – М.: Радиотехника, 2008. -184 с.

АВТОМАТИЧЕСКИЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ МОЩНОСТИ СВЧ ГЕНЕРАТОРА УСТРОЙСТВА ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ КОМБИКОРМА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА

Мунтян, В.А., Лобода А.И.

Аннотация – рассмотрены некоторые аспекты построения измерительного устройства измерения мощности СВЧ генератора устройства обеззараживания комбикорма с использованием AVR-контроллера с внутренней памятью и выводом информации на цифровой индикатор и возможностью работы с компьютером

AUTOMATIC MEASURING DEVICE OF POWER MICROWAVE TO GENERATOR DEVICE OF DISINFESTATION OF THE MIXED FODDER WITH THE USE TO MICROCONTROLLER

V. Myntian, A. Loboda

Summary

Aspects of construction of measuring device are in-process considered for measuring of power microwave to the generator of device of disinfestation of the mixed fodder with the use of AVR to the microcontroller with internal memory and conclusion of information on a digital indicator and works with the PC.



УДК 65.011.56:664(075)

**АНАЛІЗ КАНАЛІВ КЕРУВАННЯ
АПАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИМ КОМПЛЕКСОМ
ВИРОБНИЦТВА ВЕРШКОВОГО МАСЛА СПОСОБОМ
БЕЗПЕРЕРВНОГО ЗБИВАННЯ**

Петриченко С.В., к.т.н.,

Лобода О.І., інженер.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тодоріко О.М., інженер

Ново-Каховський агротехнологічний коледж ТДАТУ

Тел.: (0619) 42-57-97

Анотація – в роботі розглянуті канали керування процесом виробництва вершкового масла способом безперервного збивання для подальшої автоматизації технологічного процесу.

Ключові слова – волога, зона контролю, експеримент, масло, частота обертання, показник якості, стабілізація, ступень збивання.

Постановка проблеми. Відомо, що автоматизація важливий засіб здійснення переходу до якісно нового виробництва за рахунок підвищення продуктивності роботи, поліпшення якості продукції, оптимізації процесів, зниження собівартості продукції, забезпечення безпеки роботи устаткування, поліпшення умов і культури виробництва.

Автоматизація виготовлення масла безперервним способом дуже актуальна на сьогоднішній день. Так як, на відміну від перериваного способу виробництва вершкового масла, він забезпечує економію часу, займає меншу площу, знижує кількість бактерій, які попадають у масло під час протікання процесу, знижує собівартість продукту, дозволяє більш ретельно стежити за всім протіканням процесу, за рахунок використання приладів автоматизації.

Для визначення напрямків при автоматизації процесу виготовлення вершкового масла виникає потреба в аналізі каналів керування – частоти обертання мішалки збивача, температури збивання сливков, витрати нормалізуючих компонентів, частоти обертання шнеків та інших, для чого необхідно провести математичне моделювання.

Аналіз останніх досліджень. Вершкове масло - продукт із високою концентрацією молочного жиру, що має серед природних жирів найбільшу харчову й біологічну цінність. Масло має приємний специфічний смак і запах, жовтий або жовтувато-білий колір, пластичну консистенцію при 10...12 °С, зберігає форму в широкому діапазоні температур (10...25 °С).

У маслі традиційного хімічного складу міститься: жиру не менш 82,5%, вологи не більш 16%, СОМО 1,0...1,9; солі не більш 1,5% (солоне масло) з відповідним зменшенням масової частки жиру. Його енергетична цінність становить близько 32682 кДж/кг при середній засвоюваності жиру 97% і сухих речовин плазми 94%. Біологічна цінність масла доповнюється вмістом у ньому жиророзчинних і водорозчинних вітамінів, поліненасичених жирних кислот, фосфатидів і мінеральних речовин [1].

Технологічний процес виробництва вершкового масла способом збивання здійснюється в масловиготовлювачах безперервної дії (МБД) з вершків, що пройшли фізичне дозрівання в вершкодозрівальних резервуарах. Технологічний процес у масловиготовлювачі умовно можна розділити на дві основні стадії, представлені на рис. 1.



Рис. 1. Структурна схема процесу виробництва вершкового масла в МБД.

На стадії збивання вершків відбувається утворення масляного зерна й часткове видалення сколотини, а на другій стадії механічної обробки масляного зерна - формування шару масла, стабілізація параметрів консистенції, вмісту вологи, ступені дисперсності включень вологи й вмісту повітря [1].

Формулювання цілей статті та постановка завдання. Враховуючи сказане вище, і незважаючи на існування промислових систем автоматичного керування процесом виробництва вершкового масла, виникає необхідність визначити канали керування цим процесом з подальшою його оптимізацією.

Основна частина. Виробництво вершкового масла безперервним способом відбувається за визначеною технологією, функціональна схема якої представлена на рис. 2 із зазначенням зон контролю й керування основними технологічними параметрами. Технологічний процес у МБД протікає в такий спосіб [2].

Вершки з вершкодозрівального резервуара через зрівнювальний бак I, рівень у якому підтримується регулятором LC, подаються гвинтовим насосом III через теплообмінний апарат II в масловиготовлювач IV. Для лабораторного аналізу технологічних характеристик вершків $x(1)...x(4)$, що надходять на збивання, передбачений відбір проб з бака I, а теплообмінник II має регулятор TC, що стабілізує температуру вершків, що подаються в масловиготовлювач. Передбачена можливість дистанційного керування зміною уставки регулятора TC по каналу керування Y(4) і керування клапаном по каналу Y(7) для зміни витрати вершків, що надходять у мішалку - збивач IVa масловиготовлювача, де відбувається формування масляного зерна. Привод мішалки - збивача постачаний системою регулювання частоти обертання SC1 з дистанційною зміною уставки регулятора Y2.

Зі збивача масляне зерно зі сколотинами надходить у шнековий маслообробник IVб із трьох послідовно розташованих шнекових камер. У першій шнековій камері проводиться перемішування й промивання водою масляного зерна, відділення сколотин у збірний бак V, охолодження й ущільнення масляного зерна шнеками. Рівень сколотин у першій шнековій камері регулюється за допомогою сифона. У другій камері проводиться остаточне відділення сколотин і подальше формування структури масляного шару й рівномірного розподілу в ньому вологи. Камера має водяну сорочку для охолодження масляного шару.

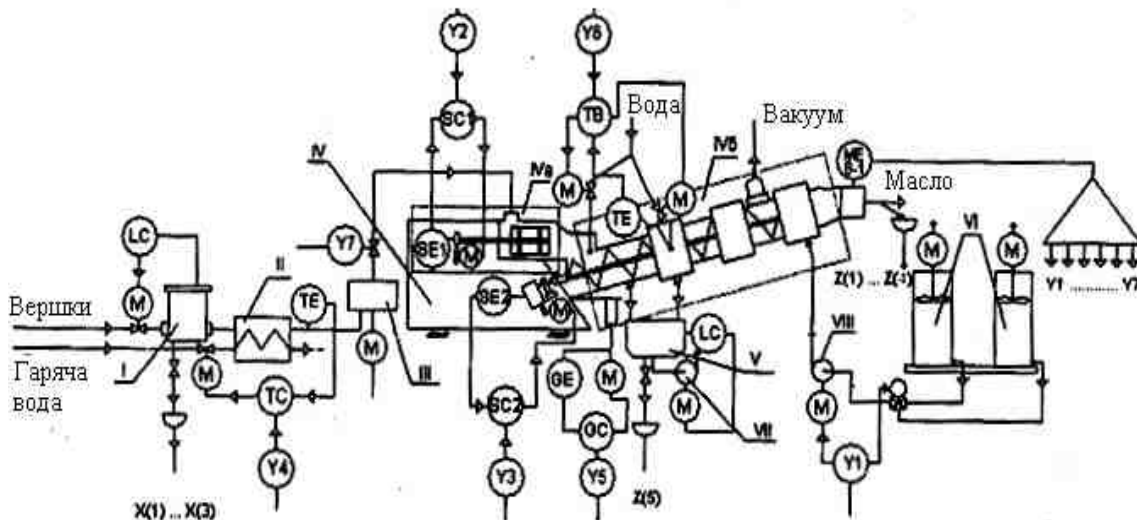


Рис. 2. Функціональна схема комплексу виробництва вершкового масла способом безперервного збивання.

У третій камері завершується формування вмісту вологи в маслі по величині, близькій до нормованого, вакуумуванням видаляється повітря з масла і забезпечується рівномірність розподілу диспергова-

них включень вологи в маслі шляхом екструзії крізь ґрати з отворами. У маслообробнику IVб встановлена система регулювання частоти обертання привода шнека SC2 з дистанційною зміною уставки регулятора Y3. Конструкція маслообробника передбачає зміну рівня відбору сколотини по дистанційному каналу керування Y5. Передбачений контур керування інтенсивністю подачі промивної й охолоджувальної води в маслообробник (ТВ) з використанням дистанційного управління каналу Y6.

У баці для збору сколотин V встановлена система періодичної відкачки сколотини LC по сигналу граничного рівня. Передбачена можливість відбору проби сколотини для лабораторного контролю на вміст жиру $z(4)$.

У третій камері маслообробника встановлена система, що забезпечує доведення вмісту вологи в маслі до нормованого значення. Система містить у собі насос-дозатор VIII, ємності зберігання компонента, що нормалізує (молочної відвійки або сколотини) VI і пристрою керування дозуванням LY. Передбачене дистанційне керування системою Y(1).

На виході масловичого виходу безупинно, або періодично приладом не контролюється вміст вологи в маслі. Передбачений також відбір проби для проведення лабораторного контролю основних показників якості продукту $z(1) \dots z(4)$.

На рис. 3 представлена параметрична схема, що характеризує процес виробництва масла в МБД. У числі параметрів $z(i)$, які формуються в процесі переробки вершків у масло, слід зазначити:

- вміст вологи в маслі $z(1)$, відсотки;
- консистенція $z(2)$, бали;
- температура масла на виході з МБД $z(3)$, °C;
- рівномірність розподілу диспергованих включень вологи в маслі $z(4)$, %.

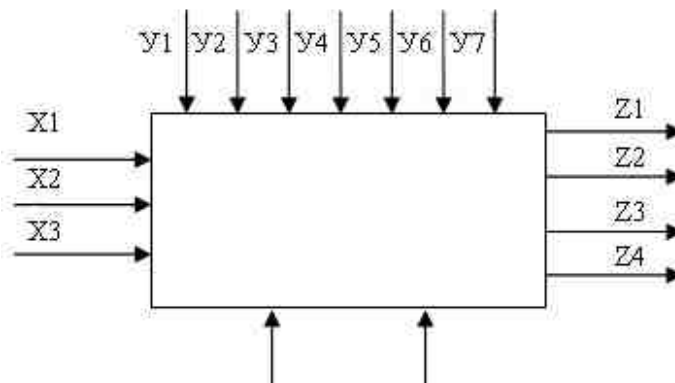


Рис. 3. Параметрична схема процесу виробництва масла в МБД.

На стабільність перерахованих вище параметрів суттєво впливають змінні характеристики сировини, некеровані впливи $x(\gamma)$:

- вміст жиру у вершках $x(1)$, відсотки;
- кислотність вершків, $x(2)$, °Т;
- йодне число, що характеризує співвідношення різних видів жиру у вершках, $x(3)$, відсотки.

Відхилення чисельних значень показників якості $z(i)$ можуть викликати також зміни параметрів роботи обладнання МБД - керуючі впливи $y(j)$:

- витрата компонента, що нормалізує $y(1)$, л/год.;
- частота обертання мішалки збивача $y(2)$, 1/с;
- частота обертання шнеків обробника $y(3)$, 1/с;
- температура збивання вершків (на вході в МБД) $y(4)$, °С;
- рівень сколотин у шнековій камері $y(5)$, см.
- подача промивної води в шнекову камеру $y(6)$, л/год.;
- витрата вершків у МБД $y(7)$, л/год.

У такий спосіб МБД є багатофакторним об'єктом керування, у якому у безперервному потоці реалізуються теплообмінні й масообмінні процеси структурно-механічної обробки й агрегатно-фазові перетворення сировини в продукт із заданими показниками якості. Для розробки системи керування таким об'єктом необхідно провести комплексний апаратно-технологічний аналіз.

Зробимо аналіз процесу з метою створення системи стабілізації одного з найважливіших показників якості - вмісту вологи в готовому продукті. Нормовані значення вмісту вологи в маслі $z(1)$ стандартизовані залежно від виду масла [1]:

- не вище 16,0 % для вершкового;
- не вище 20,0 % для аматорського;
- не вище 25,0 % для селянського;
- не вище 35,0 % для бутербродного.

Система керування МБД повинна забезпечити стабілізацію вмісту вологи в готовому продукті у деякому досить вузькому діапазоні нижче позначених вище значень.

Стандартом визначені також граничні значення оцінки інших показників якості. Так для вмісту жиру в сколотинах, зазначена межа не більш 0,05 %. Для створення системи керування МБД, що забезпечує стабілізацію вологи в маслі $z(1)$ у будь-яких виробничих ситуаціях, необхідно оцінити ступінь впливу на $z(1)$ збурювань і керуючих впливів.

В таблиці 1 наведені результати аналізу виробничих ситуацій, технічної й технологічної документації на МБД. Мета аналізу — визначити

номінальні значення й діапазони варіювання основних, що збурюють $x(\gamma)$ і керуючих $y(j)$ впливів на МБД, які можуть викликати відхилення від номіналу вмісту вологи в продукті $z(I)$.

Наступним етапом аналізу є визначення ступеня впливу кожного параметру збурювання $x(\gamma)$ і $y(j)$ на відгук $z(I)$. Аналіз проводився з використанням технічної й технологічної документації, а також результатів експериментів, проведених у різний час на МБД.

Таблиця 1 –

Номінальні значення й діапазони варіювання основних, що обумовлюють $x(\gamma)$ і керуючих $y(j)$ впливів на МБД

Фактори процесу виробництва масла (канали керування)		Позначення	Од. виміру	Орієнтовне середнє (номінальне) значення	Технологічний інтервал відхилення від середнього значення	
					від	до
Керовані	Частота обертання мішалки збивача	Y2	с ⁻¹	24,2	-6,8	+6,8
	Температура збивання вершків	Y4	°C	11,0	-3,0	+3,0
	Витрата компонента що нормалізує	Y1	відс.	1,0	-1,0	+1,0
	Витрата (подача) вершків у збивач	Y7	л/год	2600	-260	+260
	Частота обертання шнеків маслообробника	Y3	с ⁻¹	0,45	-0,05	+0,05
	Рівень сколотин у шнековій камері	Y5	м	0,15	-0,06	+0,06
Не керовані	Жирність вихідних вершків	X1	відс.	41,5	-3,5	+3,5
	Кислотність вихідних вершків	X2	°T	15,0	-3,0	+3,0
	Йодне число	X3	відс.	39	-9	+9

В результаті дослідження встановлено:

1. При роботі МБД вміст вологи в маслі збільшується на 1%, при збільшенні частоти обертання мішалки збивача на 1,66 с⁻¹. Аналогічне зменшення частоти обертання мішалки збивача приводить до зниження вмісту вологи в маслі в тих же межах.

2. Температура збивання вершків на вході в МБД значно впливає на вміст вологи в маслі. Так при підвищенні температури збивання на $0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ збільшується вміст вологи в маслі на 1%.

3. Оперативне регулювання вмісту вологи в маслі здійснюють шляхом подачі компонента, що нормалізує, за допомогою насоса-дозатора в технологічну зону обробки масляного зерна. При цьому технологічними інструкціями рекомендується використовувати насос-дозатор для підвищення вмісту вологи в маслі в інтервалі до 1,0 %.

4. При збільшенні продуктивності масловичого вершківача (подачі вершків у збивач) вологість масла зменшується й, навпаки, при зменшенні продуктивності - вологість масла збільшується. При зменшенні продуктивності масловичого вершківача на 10 % вміст вологи в маслі збільшується орієнтовно на 1 %.

5. Вплив частоти обертання шнеків на вміст вологи в маслі пов'язаний зі зміною величини тиску пресових шнеків на масло. При зниженні частоти обертання шнеків ступінь заповнення шнекової камери збільшується, відповідно збільшується тиск пресових шнеків на масло, прискорюється витискання сколотини з масляного зерна, що призводить до зменшення вмісту вологи в маслі. При підвищенні частоти обертання шнеків, навпаки, вміст вологи в маслі збільшується, оскільки при більш швидкому русі масла в шнековій камері витискається менше сколотини. При збільшенні частоти обертання шнеків у масловичого вершківачі на $0,25\text{ c}^{-1}$ вміст вологи в маслі збільшується на 0,5-1,0 %. Аналогічне зменшення частоти обертання шнеків обробника приводить до зниження вмісту вологи в тих же межах.

6. При зниженні рівня сколотини в шнековій камері обробника вміст вологи зменшується, а при підвищенні, навпаки, збільшується, внаслідок збільшення часу контакту сколотини з маслом. При зміні рівня сколотини на 2 см можна змінити вміст вологи в маслі на 0,1 %.

7. На вміст вологи в маслі істотний вплив виявляє жирність вихідних вершків, що надходять у збивач масловичого вершківача. Зі зменшенням вмісту жиру у вершках вміст вологи в масляному зерні знижується й відповідно знижується вміст вологи в маслі. Так зі зменшенням вмісту жиру у вершках з 40 до 30 %, вміст вологи в маслі зменшується з 33 до 25,4 %.

8. Можливі інтервали зміни кислотності вершків від 12 до 18 $^{\circ}\text{T}$, а відхилення рН не повинні перевищувати 0,2 %. При збиванні надмірно кислих вершків (коли рН нижче ізоелектричної крапки білків) тривалість процесу подовжується, а жирність сколотин підвищується.

9. Йодне число - умовна величина, що являє собою кількість йоду, який приєднався до 100 г жиру виражене у відсотках. Воно дозволяє судити про ступінь ненасиченості жирних кислот, що входять до складу

жиру. Йодне число протягом року змінюється від 25 узимку до 45 улітку. Відомо, що збільшення йодного числа жиру сприяє зменшенню вологи в маслі.

Аналіз представлених вище даних показує, що при керуванні МБД є широкі можливості компенсації впливу на вміст вологи в продукті відхилень некерованих збурень (факторів) зміною керуючих впливів (факторів) у діапазонах наведених у табл. 1.

Це завдання може виконати контур регулювання "по відхиленню", у якому обмірювані влогометричною системою з первинним перетворювачем МЕ (рис. 2) відхилення вологості від номінального значення усуваються регулятором, впливом, наприклад, на зміну витрати компонента, що нормалізує (канал керування Y_1 на рис. 2).

При виборі каналу керування для регулятора вологості слід вибрати з переліку керованих факторів процесу (табл. 1) такий, який впливає на відгук z_1 і реалізує керуючий вплив на об'єкт із достатньою оперативністю.

Контур регулювання вологості масла по відхиленню може виявитися неефективним при переході на випуск іншого виду масла або при істотних змінах характеристик сировини (зимовий - літній сезон). Підвищення якості роботи регулятора вологості в будь-яких виробничих ситуаціях може забезпечити система програмного керування МБД із використанням принципу керування по збурюваннях. Для реалізації такої системи необхідно реалізувати рівняння регресії [3-5]

$$Z_1 = a_0 + a_1 \cdot x_1 + a_2 \cdot x_2 + a_3 \cdot x_3 + b_1 \cdot y_1 + b_2 \cdot y_2 + b_3 \cdot y_3 + b_4 \cdot y_4 + b_5 \cdot y_5 \quad (1)$$

Коефіцієнти регресії $a(i)$, $b(j)$ визначають за результатами експериментального обстеження об'єкта, або шляхом побудови й дослідження структурно-параметричної моделі МБД.

У табл. 2 представлений фрагмент результатів, отриманих при проведенні пасивного експерименту на масловиготовлювачі безперервної дії. У стовпцях x_1, \dots, z_2 (табл. 2) записані чисельні значення параметрів, що спостерігалися при проведенні 20 збійок масла:

x_1 - жирність вершків, відс.;	v_2 - частота обертання шнека, об/хв $\cdot 10^{-1}$;
x_2 - кислотність вершків, °Т;	v_3 - витрата вершків, м ³ /година;
v_1 - частота обертання збивача, об/хв 10^{-1} ;	z_1 - жирність сколотин, відс.;
	z_2 - вологість масла, відс.

Таблиця 2 –
Експериментальне обстеження процесу виробництва вершкового масла методом безперервного збивання

номер ре- жиму	x1	x2	y1	y2	y3	z1	z2
1	43,5	13	144	8,8	7,2	0,70	22,5
2	38,5	13	136	9,0	7,0	0,73	23,3
3	35,0	18	162	9,0	6,3	0,81	25,2
4	37,3	13	157	9,0	6,8	0,75	24,0
5	39,5	15	133	9,0	6,8	0,74	23,6
6	36,0	10	147	8,5	6,2	0,73	25,5
7	36,0	15	144	8,5	6,8	0,70	23,4
8	35,5	12	120	8,8	6,8	0,73	24,1
9	35,0	18	157	9,2	6,6	0,81	24,4
10	39,0	16	136	9,0	7,3	0,74	22,4
11	40,0	14	136	8,6	6,8	0,72	23,4
12	44,0	15	110	9,4	7,2	0,73	22,6
13	38,0	15	147	9,0	6,6	0,77	24,3
14	43,5	14	152	9,0	6,6	0,81	25,3
15	39,0	14	147	9,0	7,3	0,72	24,5
16	41,0	12	134	9,7	6,6	0,78	24,6
17	38,0	14	136	9,0	6,8	0,75	23,8
18	37,3	16	154	8,8	7,2	0,74	22,7
19	42,0	15	120	9,0	6,8	0,73	23,4
20	36,0	15	158	9,1	6,8	0,77	24,0
<i>nom</i>	38,705	14,35	141,5	8,97	6,825	0,748	23,85
<i>max</i>	44,0	18	162	9,7	7,3	0,81	25,5
<i>min</i>	35,0	10	110	8,5	6,2	0,7	22,4
<i>sao</i>	2,3155	1,45	11,25	0,182	0,225	0,0266	0,74

У рядках *nom*, *max*, *min* і *sao* (табл. 2) відбиті результати статистичного аналізу даних:

- *nom* - номінальне значення (у цьому випадку середнє арифметичне);

- *max* і *min* - межі варіювання параметрів в експерименті;

- *sao* - середньоарифметичне відхилення в масиві даних (стовпці) стосовно *nom*, наприклад, для стовпця *x1*

$$sao = \frac{\sum_{i=1}^{20} (x1(i) - nom)}{20}. \quad (2)$$

Для оцінювання ступеня впливу x_1, x_2, y_1, y_2 і y_3 на, відповідно, вміст жиру в сколотинах (z_1) і вміст вологи в маслі (z_2) використовувалася процедура "Пошук розв'язку", що є стандартною надбудовою Microsoft Excel [6]. При цьому рівняння регресії відшукувалися у вигляді:

$$\Delta z_1 = a_1 \cdot \delta x_1 + a_2 \cdot \delta x_2 + a_3 \cdot \delta x_3 + a_4 \cdot \delta x_4 + a_5 \cdot \delta x_5 + a_0, \quad (3)$$

$$\Delta z_2 = b_1 \cdot \delta x_1 + b_2 \cdot \delta x_2 + b_3 \cdot \delta x_3 + b_4 \cdot \delta x_4 + b_5 \cdot \delta x_5 + b_0, \quad (4)$$

де $\Delta z_1, \Delta z_2$ - відповідно, розрахункове відхилення жирності сколотини й вологості масла від номінального значення;

$a_0 \dots a_5, b_0 \dots b_5$ - коефіцієнти регресії, обірані методом ітерації.

Після проведення розрахунків отримуємо значення коефіцієнтів:

b1	b2	b3	b4	b5	b0
-0,008600	-0,03780	0,02801	0,18217	-0,71794	-0,00665

Чисельні значення відносної похибки розрахунків ступенів впливу відхилення параметрів процесу виробництва масла на відхилення жирності сколотини, визначалися по формулі

$$\Delta s = \frac{\delta z_1 - \Delta z_1}{\delta z_1} \cdot (5)$$

Чисельні значення погрішності оцінки очікуваних значень показника якості, визначалися по формулі

$$s = \frac{\delta z_1 - \Delta z_1}{z_1} \cdot 100\% \quad (6)$$

Методика пошуку коефіцієнтів регресії рівняння (2) аналогічна. Результати представлено в таблиці 2.

Висновки. В результаті виконаної роботи запропонована функціональна схема автоматизації. Обрані параметри контролю, що впливають на технологічний процес виробництва вершкового масла. Визначені некеровані впливи на процес виробництва вершкового масла. В результаті аналізу і моделювання технологічного процесу виробництва вершкового масла визначені номінальні значення і діапазони варіювання основних збурюючих і керуючих впливів.

Література

1. Производство сливочного масла: Справочник / Андрианов Ю.П., Вышемирский Ф.А., Качераускис Д.В., и др.; под ред. д.т.н. Ф.М. Вышемирского. – М.: Агропромиздат, 1988. – 303 с.

2. Соколов В.А. Основы автоматизации технологических процессов пищевых производств / В. Ф. Яценко, В. А. Соколов, Л. Б. Сивакова и др. Под ред. В. А. Соколова. - М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. - 400 с.
3. Мартиненко І.І. Проектування систем електрифікації та автоматизації АПК: [Підручник] / Мартиненко І.І., Лисенко В.П., Тищенко Л.П., Болбот І.М., Олійник П.В. . - К., 2008. – 330 с.
4. Румшинский Л.З. Математическая обработка результатов эксперимента / Л.З. Румшинский. - М.: Главная редакция физико – математической литературы изд-ва "Наука", 1971. – 194 с.
5. Фадеев М.А. Элементарная обработка результатов эксперимента: Учебное пособие / М.А. Фадеев. – Нижний Новгород: Изд-во Нижегородского университета, 2002. – 108 с.
6. Джинджер С. Анализ данных в Excel: наглядный курс создания отчетов, диаграмм и сводных таблиц.: Пер. с англ. / С. Джинджер - М.: Издательский дом "Вильямс", 2004. – 528 с.

АНАЛИЗ КАНАЛОВ УПРАВЛЕНИЯ АППАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ КОМПЛЕКСОМ ПРОИЗВОДСТВА СЛИВОЧНОГО МАСЛА СПОСОБОМ НЕПРЕРЫВНОГО ВЗБИВАНИЯ

Петриченко С.В., Лобода А.И., Торики А.М.

Аннотация – в работе рассмотрены каналы управления процессом производства сливочного масла способом непрерывного взбивания для дальнейшей автоматизации технологического процесса.

ANALYSIS OF CHANNELS MANAGEMENT BY APPARATUS-TECHNOLOGICAL COMPLEX OF PRODUCTION OF DAIRY BUTTER BY METHOD CONTINUOUS RAFTING

S. Petrichenko, A. Loboda, O. Todoriko

Summary

In process the considered channels of process control of production of dairy butter by the method of the continuous rafting for further automation of technological process.



УДК 631.371

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ДІЕЛЕКТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ БІООБ'ЄКТІВ В ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ТА МЕДИЦИНИ

Борохов І. В., к.т.н.,

Федюшко Ю. М., д.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Хандола Ю.М., к.т.н.

Харківський національний технічний університет ім. П Василенка

Тел.: (0619)42-11-74

Анотація – стаття присвячена аналізу особливостей діелектричних властивостей біооб'єктів та аналізу сфери використання електромагнітних технологій. Визначено перспективи застосування діелектричних параметрів біооб'єктів в технологічних процесах сільського господарства та медицини.

Ключові слова – біологічний об'єкт, діелектрична проникність, діелектричні властивості, електромагнітні технології.

Постановка проблеми. Сучасні дослідження щодо впливу електромагнітних хвиль на різні біологічні об'єкти, дозволяють говорити про застосування ЕМП як про екологічно чисту технологію для стимуляції виходу біомаси, прискорення зростання рослин і т.п. Розроблені апарати мають переваги: низьке енергоспоживання, мала вага і габарити, простота експлуатації, придатність для багатоцільового використання, швидка окупність затрат на придбання апаратури [2, 3, 9].

Для створення перспективних інформаційних електромагнітних технологій в сільському господарстві та медицині необхідно створення бази даних про діелектричну проникність біологічних об'єктів на різних рівнях їх організації: мікро-, макро- і нанорівнях [1-5].

Аналіз попередніх досліджень. Тривалий час електромагнітні технології використовуються для вирішення задач у біології та медицині, в тому числі і у сільському господарстві, однак проаналізовані публікації стосуються або одного типу біологічних об'єктів, або переліку діелектричних властивостей біологічних тканин, тобто відомості про діелектричну проникність розрізнені і досліджені тільки в вузьких ча-

стотних діапазонах. Виходячи з цього створення бази даних про діелектричну проникність біооб'єктів є досить актуальною [1...9].

Формулювання цілей статті. Метою статті є ґрунтовний аналіз області використання та визначення особливостей діелектричних параметрів біооб'єктів та подальшої апаратної реалізації комплексу електрообладнання по їх дослідженню.

Основна частина. Діелектричні властивості біооб'єктів визначаються присутністю в їх складі води та розчинених у ній макромолекул, та компартименталізацією клітинних і макроскопічних структур.

Компартименталізація сприяє оптимальному протіканню біохімічних реакцій, але, з іншого боку, призводить до того, що біооб'єкти набувають сегнетоелектричні властивості. Внаслідок наявності заряджених компартиментів, біооб'єкти володіють високим значенням ϵ , особливо на низьких частотах (НЧ). Заряджені шари поведуться в зовнішньому полі як домени з високим значенням електричного дипольного моменту і низькою характеристичною частотою релаксації f_x . Стосовно до диполя f_x , що відповідає максимальній частоті зовнішнього ЕМП, яку вони здатні відтворювати своїм поворотом в ньому. В результаті подібних поворотів досягається висока ступінь екранування зовнішнього ЕМП. Діапазон частот f_x для різних внутрішньоклітинних компартиментів простягається від долів герца до 1^{10} кГц [1].

На межі розділу електроліту і білкового матриксу біотканин утворюється подвійний електричний шар з великим значенням електричного дипольного моменту. Характерний розмір розділених зарядів в діелектрику істотно більше, ніж в електроліті. Наявність регулярно розташованих меж розділу призводить до того, що в межах тканини виникає макроскопічний дипольний момент (рис.1). Зліва електроліт, праворуч білковий матрикс, стрілки вказують напрямок переходу електронів, L - характерна довжина еквівалентного диполя p [2].

На більш високих частотах діелектричні властивості визначаються полярними макромолекулами, зосередженими як всередині і позаклітинній рідині, так і в подвійному шарі мембрани клітин.

У різних білкових молекул f_x охоплює діапазон від 10 кГц до 100 МГц і залежить від розмірів молекули та в'язкості середовища, що описується виразом для оцінки характеристичної f_x в рідких середовищах заповнених диполями [1, 2]

$$f_x = \frac{kT}{8\pi^2 \eta r^2}$$

де r - характерний розмір диполів;

η - в'язкість середовища;

T - температура.

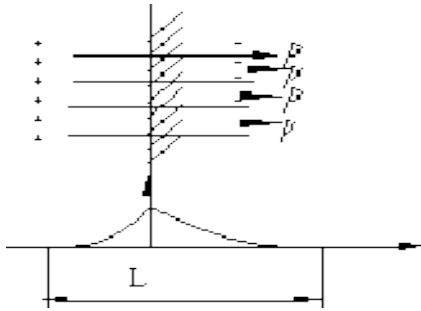


Рис. 1. Виникнення дипольної структури на межі розділу.

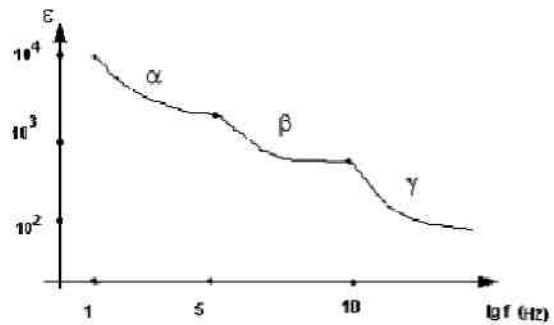


Рис. 2. Дисперсія діелектричної проникності м'яза.

Таким чином частота релаксації однієї і тієї ж молекули в цитоплазмі і в плазмі крові відрізняються, тому і в'язкості різні. При використанні НВЧ основний вплив на діелектричні властивості вносить вода, частота релаксації якої становить 20 ГГц. Саме у воді відбуваються основні діелектричні втрати при дії НВЧ випромінювання (f_x води потрапляє в діапазон сантиметрових хвиль). Всі ці явища призводять до дисперсії - залежності діелектричної проникності від частоти. Типовий вид дисперсії наведено на рис. 2 [5].

Для біооб'єктів виділяють три частотні області дисперсії:

- α -дисперсія: її діапазон простирається до ~ 10 кГц. Ця область зумовлена наявністю клітинних компартментів, релаксацією зарядів на неоднорідностях;

- β -дисперсія ($10^4 \dots 10^8$ Гц): обумовлена релаксацією макромолекул (як правило, білків);

- γ -дисперсія: обумовлена релаксацією молекул води і простягається до та понад 10^8 Гц;

Дані численних досліджень дозволяють припустити, що вибором робочих частот, щільності потоку потужності, модуляційних параметрів ЕМП і значення діелектричної проникності органів і тканин можна досягти сприятливого впливу на процес лікування багатьох хвороб.

Останнім часом, у зв'язку з дефіцитом продовольчих запасів у світовій економіці, велика увага приділяється проблемі контролю якості сільськогосподарської продукції на всіх етапах життєвого циклу: виробництва, зберігання, переробки, споживання. Наприклад, НВЧ контроль параметрів молока, гідратаційна здатність криоконсервантів, оцінка морозостійкості рослин. Але всі вони складні, а деякі вимагають навіть спеціальної попередньої підготовки проби [3, 6].

Питання оптимального застосування електромагнітної енергії в сільськогосподарському виробництві пов'язані, перш за все, з вивчен-

ням діелектричних властивостей біологічних об'єктів. Вивчення діелектричних властивостей насіння і ґрунту в залежності від температури, вологості дозволить визначити режими обробки ґрунту, глибину загортання насіння, оптимальні параметри ЕМП при обробці насіння. Так наприклад, радіохвильовий метод на основі аналізу діелектричних параметрів може замінити численні непрямі методи вимірювання багатоконпонентних сумішей.

При вирішенні завдань, пов'язаних з низькотемпературним консервуванням та тривалим зберіганням біологічних об'єктів: сперми сільськогосподарських тварин, крові, кісткового мозку - особливі вимоги висуваються до контролю властивостей консерваційного середовища (водних розчинів органічних сполук).

Існуючі засоби контролю гідратації рідин володіють недостатньою точністю і чутливістю вимірів в такому широкому діапазоні фізико-хімічних властивостей, якими характеризуються консервуючі розчини.

Зазначені недоліки, властиві існуючим засобам контролю гідратації рідин, можна усунути при застосуванні радіохвильових методів вимірювання вмісту вологи в рідинах в КВЧ діапазоні довжин хвиль.

Висновки. З проведеного аналізу випливає, що для ефективного застосування ЕМП у сільському господарстві, харчовій та переробній промисловості, а також для контролю якості та зберігання сільськогосподарської продукції, актуальним є створення інформаційно-вимірювальних систем для відтворення, зберігання і передавання розмірів одиниць комплексної діелектричної проникності біооб'єктів в діапазоні частот 0 ... 300 ГГц з похибкою вимірювання 1,5 ... 1,7%.

Література.

1. Бессонов А. Е. Информационная медицина / А. Бессонов, Е. Калмыкова. – М.: Парус, 2003. – 656 с.
2. Каменская М. А. Информационная медицина / Каменская М. А. – М.: Академия, 2006. – 386 с.
3. Применение энергии высоких и сверхвысоких частот в технологических процессах сельскохозяйственного производства. Сборник научных трудов. – Челябинск: ЧИМЭСХ, 1983. – 94 с.
4. Жмакин А. И. Физические основы криобиологии. / А. И. Жмакин // Успехи физических наук. – 2008. – №3. – С. 243 – 266.
5. Щеголева Т. Ю. Исследование диэлектрических характеристик биообъектов / Т. Ю. Щеголева. – К.: Наукова думка, 2006. – 285 с.
6. Окресс Э. СВЧ энергетика / Под ред. Э. Окресса. – М.: Мир, 1971. – Т. 2. – 272 с.

7. *Брандт А. А.* Исследование диэлектриков на сверхвысоких частотах. *А. А. Брандт.* – М.: Энергия, 1964. – 263 с.
8. *Завьялов А.С.* Измерение параметров материалов на СВЧ / *А.С. Завьялов.* – Томск.: Издательство Томского университета, 1985. - 215 с.
9. *Андрянов А.В.* Радиоимпульсный рефлектометр наносекундного диапазона / *Андрянов А.В., Булатов Е.И., Введенский Ю. В.* // Приборы и техника эксперимента. - 1977. – № 2. – С. 141 – 154.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ БИООБЪЕКТОВ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА И МЕДИЦИНЫ

Борохов И.В., Федюшко Ю.М., Хандола Ю.Н.

Аннотация – статья посвящена анализу особенностей диэлектрических свойств биобъектов и анализу сферы использования электромагнитных технологий. Определены перспективы применения диэлектрических параметров биобъектов в технологических процессах сельского хозяйства и медицины.

FUTURE USE DIELECTRIC PARAMETERS OF BIOLOGICAL OBJECTS IN TECHNOLOGICAL PROCESSES AGRICULTURE AND MEDICINE

I. Borochoy, U. Fediushko, Y. Khandola

Summary

The article analyzes the characteristics of the dielectric properties of biological objects and analyzing field using electromagnetic technology. Prospects use of dielectric parameters of biological objects in technological processes of agriculture and medicine.



УДК 631.371

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ДИСТАНЦІЙНОГО ВИМІРЮВАННЯ ДІЕЛЕКТРИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ БІООБ'ЄКТІВ

Борохов І. В., к.т.н.,

Федюшко Ю. М., д.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел.: (0619)42-11-74

Анотація – стаття присвячена аналізу сучасних методів та засобів дистанційного вимірювання діелектричних властивостей біологічних об'єктів у вільному просторі. Приведені структурні схеми виміру діелектричної проникності методом вільного простору з використанням вимірювальної лінії та рефлектометра для проведення замірів у вільному просторі.

Ключові слова – діелектрична проникність, метод вільного простору, біологічний об'єкт, діелектричні властивості.

Постановка проблеми. Вимірювання діелектричної проникності матеріалів і біологічних речовин є методологічно першим і основним завданням в області контролю складу і властивостей матеріалів і біологічних речовин. Крім того, вимір діелектричних параметрів, що несе інформацію про фізичні і біофізичні властивості речовини і їх залежності від різних фізичних чинників в широкій смузі частот, вимагає проведення аналізу існуючих методів і засобів виміру.

Сучасні методи і засоби вимірів діелектричної проникності за нормальних умов і в умовах зовнішніх дій, ґрунтуються на властивостях будь-якої речовини до взаємодії з ЕМП [1...5].

Методи виміру електрофізичних властивостей речовин в НВЧ діапазоні можна розділити на методи виміру в об'ємному резонаторі, в лінії передачі та у вільному просторі.

Для наукових досліджень і практичних робіт в різних сферах, в тому числі й в сільському господарстві, значну цінність представляють виміри діелектричної проникності біооб'єктів у вільному просторі, зважаючи на відсутність фізичного збурення, яке вноситься в досліджуваний об'єкт при підготовці зразка до проведення вимірів.

Аналіз попередніх досліджень. Існуючі нині інформаційно-вимірвальні системи дистанційного виміру діелектричної проникності об'єктів в НВЧ діапазоні розділяються на дві основні підгрупи: вимірвачі на основі аналізу стоячої хвилі і аналізу відношення сигналів падаючого, який пройшов і відбився від досліджуваного об'єкту. Методи виміру, ґрунтовані на застосуванні вимірвальних ліній призначені для виміру характеристик стоячих хвиль, що виникають в результаті суперпозиції падаючої $U_{\text{ПАД}}$ і відбитої $U_{\text{ОТР}}$ хвиль уздовж лінії передачі. Відношення між $U_{\text{ОТР}}$ і $U_{\text{ПАД}}$ характеризуються коефіцієнтом відображення або коефіцієнтом стоячої хвилі [1].

За вимірними характеристиками стоячих хвиль можуть бути розраховані модуль і фаза коефіцієнтів відображення, втрати чотириполюсника, довжина хвилі, частота, параметри середовища (діелектриків).

Формулювання цілей статті. Метою статті є аналіз сучасних методів та засобів дистанційного вимірювання діелектричних властивостей біологічних об'єктів у вільному просторі з метою обґрунтування оптимального методу їх вимірювання.

Основна частина. Зазвичай у вільному просторі, методом вимірвальної лінії вимірюється діелектрична проникність плоских листів діелектрика з малими втратами [2]. При дослідженні листових матеріалів з малими втратами вимірюється лише фаза коефіцієнту проходження плоскої лінійно поляризованої хвилі через шар діелектрика (рис. 1).

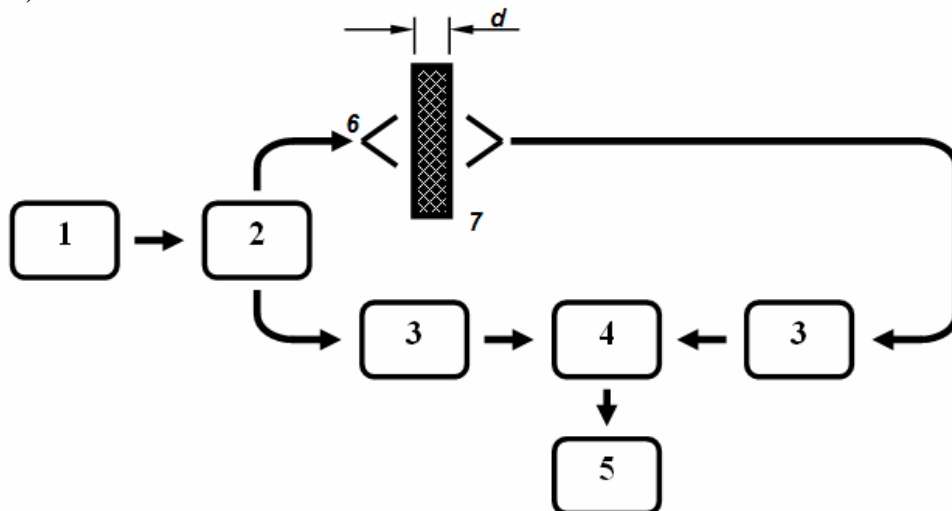


Рис. 1. Структурна схема виміру діелектричної проникності методом вільного простору з використанням вимірвальної лінії: 1 - генератор; 2 - розгалужувач; 3 - розв'язуючі атенюатори; 4 - вимірвальна лінія; 5 - індикатор; 6 - передавальна і приймальні антени; 7 - зразок діелектрика товщиною d .

При вимірюванні фази коефіцієнта проходження, лист діелектрика розміщується між передавальною і приймальною антенами вимірювальної установки.

Набіг фази вимірюється за допомогою вимірювальної лінії, ввікненої в канал опорного сигналу, як це показано на рис.1.

Фазовий набіг при цьому визначається

$$\arg T - \frac{2\pi d}{\lambda_0} = 2 \frac{2\pi}{\lambda_B} \Delta Z, \tag{1}$$

- де λ_B – довжина хвилі у вимірювальній лінії,
 ΔZ – зміщення мінімуму стоячої хвилі,
 d – товщина діелектрика,
 T – коефіцієнт проходження.

Слід зазначити, що методу стоячої хвилі властиві такі недоліки: вимір тільки на фіксованій частоті; вузькополосність; складність автоматизації процесу вимірів.

При дослідженнях по методу вимірів, ґрунтованому на аналізі відношення падаючого сигналу, який пройшов і відбився від досліджуваного об'єкту, використовують рефлектометри (рис. 2).

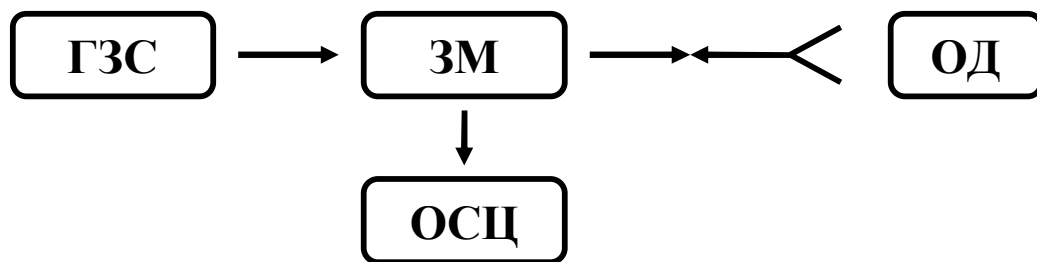


Рис. 2. Структурна схема рефлектометра для вимірів у вільному просторі.

Зонduючий сигнал генератора (ГЗС) через широкосмуговий змішувач (ЗМ) (виконаний у вигляді лінії передачі з входом і виходом - змішувач "на прохід") надходить на досліджуваний об'єкт(ОД) і одночасно, після стробоскопічного перетворення, спостерігається на екрані осцилографа (ОСЦ). Відбитий від досліджуваного об'єкту сигнал, пройшовши змішувач, після стробоскопічного перетворення, спостерігається разом із зонduючим сигналом на екрані осцилографа. Отримані сигнали, після Фур'є-перетворення, обробляють і визначають коефіцієнти розсіювання S_{11} і S_{12} матеріалу зразка:

$$S_{11} = S_{22} \frac{\Gamma(1 - e^{-2x})}{(1 - \Gamma^2 e^{-2x})}; \tag{2}$$

$$S_{12} = S_{21} \frac{\Gamma(1 - \Gamma^2)e^{-x}}{(1 - \Gamma^2 e^{-2x})}, \quad (3)$$

де

$$\Gamma = \frac{\sqrt{\mu} - \sqrt{\varepsilon}}{\sqrt{\mu} + \sqrt{\varepsilon}},$$

$$x = j\gamma_0 \sqrt{\mu \cdot \varepsilon}. \quad (4)$$

$$\left. \begin{aligned} \mu &= \mu' - j\mu'' \\ \varepsilon &= \varepsilon' - j\varepsilon'' \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Тут μ', ε' – дійсний, а μ'', ε'' – уявні складові комплексних величин ε і μ .

При відомих значеннях S_{11} і S_{21} систему виразів (2), (3) можна вирішити відносно ε і μ наступним чином:

$$\varepsilon = \sqrt{DC}, \quad \mu = \sqrt{\frac{C}{D}}, \quad (6)$$

де

$$D = \frac{1 - 2S_{11} + |S|}{1 + 2S_{11} + |S|}, \quad (7)$$

$$C = \frac{\gamma^2}{\gamma_0^2}, \quad \gamma = \gamma_u + n\pi, \quad n = 0, 1, 2, \dots \quad (8)$$

$$\gamma_u = \ln(P \pm \sqrt{P^2 - 1}),$$

$$P = \frac{1 - |S|}{2S_{21}}, \quad (9)$$

$$|S| = S_{11}^2 - S_{21}^2. \quad (10)$$

З (2)-(10) витікає, що одночасний вимір частотних залежностей $S_{11}(f) = S_{21}(f)$ зразка, відповідно до рис. 2, в принципі дозволяє вирішити завдання визначення частотних залежностей комплексних значень ε і μ . Проте практична реалізація отримання необхідних характеристик для дослідження біологічних об'єктів у вільному просторі. Розглянемо детальніше шляхи практичної реалізації цього методу виміру ε , μ і сферу його застосування для дослідження біологічних об'єктів у вільному просторі.

Найбільшого поширення при дистанційному зондуванні отримали рефлектометри з імпульсними радіосигналами [3...5].

В існуючих рефлектометрах [4] застосовують генератор імпульсів на діоді Ганна, потужністю близько 3 Вт на несучій частоті 6,2 або 6,5 ГГц. Відбиті сигнали через циркулятор надходили на вхід стробо-

скопичного осцилографа, що дозволяло виявити неоднорідності з коефіцієнтом відображення близько $5 \cdot 10^{-4}$.

При рефлектометричних вимірах має значення можливість налаштування несучої частоти зонduючого сигналу в широкому діапазоні частот, що дозволяє оцінювати відбиваючий об'єкт частотної характеристики модуля коефіцієнта відображення.

Зонduючі радіоімпульси тривалістю 2...200нс і потужністю близько 70 мВт отримуються за допомогою швидкодіючого надширококугового модуля на р-і-n діоді з безперервним сигналом зовнішнього генератора гармонійних коливань з частотою 1...18 ГГц. Відбиті сигнали можуть безпосередньо спостерігатися на ширококуговому осцилографі, що забезпечує динамічний діапазон близько 40 дБ, цілком достатній, наприклад, для виміру параметрів елементів антенного тракту рефлектометричної системи.

Описаний варіант імпульсного рефлектометра із зонduючим сигналом у вигляді радіоімпульсу великої тривалості з крутим фронтом [4] забезпечує можливість контролювати відбиті сигнали, які багаторазово накладаються один на інший, що в принципі дозволяє виміряти їх модулі і фази.

Досить велике поширення отримали кореляційні рефлектометри з лінійною частотною модуляцією і усереднюванням кореляційного добутку зонduючого і відбитого сигналів на проміжних частотах, що дозволяє побудувати багатоканальну схему корелометра без аналогової лінії затримки. Схема такого корелометра містить перемножувач зонduючого і відбитого сигналів і систему фільтрів, налаштованих на частоти F_l [5],

Відомо декілька реалізацій вимірювальних пристроїв, що видають результати вимірів в часовій області, але їх використовують при вимірах об'єктів гармонійних сигналів великої тривалості.

Наведені в дослідженні приклади використання сучасних радіоімпульсних систем показують, що для діелектричної спектроскопії біооб'єктів у вільному просторі, обумовленої властивостями матеріалів, існуючі радіочастотні імпульсні системи у більшості випадків малопридатні. Річ у тому, що залежність від частоти ε і μ найбільш помітна поблизу ліній поглинання, тобто в частотних зонах малопридатних для існуючих процесів радіоімпульсного дистанційного зондування об'єктів.

Останнім часом широкого поширення набули рефлектометри, що використовують відеоімпульсні сигнали, тобто відеоімпульсні рефлектометри, тривалість фронту апаратурною функції яких 28...100 пс. Імпульсний рефлектометр, що має змішувач на тунельно-

му діоді і працюючий з використанням принципу дискримінатора миттєвих значень, має особливо високу чутливість і дозволяє вимірювати параметри як твердих, так і рідких діелектриків в діапазоні $10^5 \dots 10^{10}$ Гц з похибкою вимірювання 1...3% [3].

Але даний тип рефлектометрів, за рахунок їх низької імпульсної потужності генераторів зондуючого сигналу в НВЧ діапазоні, не може бути застосований для дослідження біоб'єктів у вільному просторі. Крім того, в відеоімпульсних рефлектометрах результати видаються тільки на кратних частотах у відмінності від частотного сканування, в якому вимірювання можуть виконуватися на будь якій вибраній частоті.

Висновки. Таким чином, проведений аналіз методів і сучасного стану технічних облаштувань рефлектометрії дозволяє зробити висновки про те, що нині відсутні спеціалізовані рефлектометри, призначені для виміру діелектричної проникності біологічних об'єктів у вільному просторі. Для дистанційного виміру діелектричної проникності біологічних об'єктів рефлектометричними системами в широкому частотному діапазоні необхідно використати радіоімпульси нано- і субнано-секундній тривалості, а також методи частотного сканування. Це в свою чергу вимагає розробки методик виміру і спеціалізованих рефлектометричних систем.

Література.

1. *Брандт А. А.* Исследование диэлектриков на сверхвысоких частотах. *А. А. Брандт.* – М.: Энергия, 1964. – 263 с.
2. *Завьялов А. С.* Измерение параметров материалов на СВЧ / *А.С. Завьялов.* – Томск.: Издательство Томского университета, 1985. – 215 с.
3. *Глебович Г. В.* Исследование объектов с помощью пикосекундных импульсов / *Г. В. Глебович, А. В. Андриянов, Ю. В. Введенский.* – М.: Радио и связь, 1984. – 256 с.
4. *Андриянов А.В.* Радиоимпульсный рефлектометр наносекундного диапазона / *Андриянов А.В., Булатов Е.И., Введенский Ю.В.* // Приборы и техника эксперимента. – 1977. – № 2. – С. 141 – 154.
5. *Власов М. М., Петров В. П.* Состояние и перспективы развития ЧМ рефлектометрии / *Власов М. М., Петров В. П.* В кн.: Радиотехнические излучения в диапазонах высоких и сверхвысоких частот: тезисы докл. Всесоюзн. конф. – Новосибирск, 1980. – 223 с.

**АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ
ДИСТАНЦИОННОГО ИЗМЕРЕНИЯ
ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БИООБЪЕКТОВ**

Борохов И.В., Федюшко Ю.М.

Аннотация – статья посвящена анализу современных методов дистанционного измерения диэлектрических свойств биологических объектов в свободном пространстве. Показаны структурные схемы измерения диэлектрической проницаемости методом свободного пространства с использованием измерительной линии и рефлектометра для проведения измерений в свободном пространстве.

**ANALYSIS OF CURRENT METHODS AND DISTANCE
MEASURING DIELECTRIC PROPERTIES BIOOBJECTS**

I. Borochoy, U. Fediushko

Summary

The article analyzes the modern methods and means of distance measuring dielectric properties of biological objects in free space. Present diagrams measuring permittivity of free space by using a measuring line and reflectometer for measurements in free space.



УДК 541.136.001.2:546.212

МОДЕЛЬ ЭНЕРГОЁМКОСТИ ПРИ ЭЛЕКТРОДИАЛИЗЕ ВОДЫ

Ксёنز Н.В., д.т.н.,

Сидорцов И.Г., к.т.н.,

Кияшко Е.А.

ФГБОУ ВПО Азово-Черноморская государственная агроинженерная академия, г. Зерноград (Российская Федерация)

Тел.: (86359)-38-4-06

Аннотация – в работе экспериментально и теоретически исследовалось влияние водородного показателя и технологических параметров на энергоёмкость процесса электродиализа воды. Получена формула для предварительных расчётов энергоэффективности с учётом водородного показателя и технологических параметров процесса электродиализа воды.

Ключевые слова - электродиализ, энергоёмкость, водородный показатель, напряжение.

Постановка проблемы. Электрохимически активированная вода находит применение во многих технологических процессах сельскохозяйственного производства и промышленности [1].

Одним из важных показателей, характеризующих эффективность электрохимической активации воды (ЭХА), является удельный расход электроэнергии (q).

Анализ последних исследований. В работе [2] удельный расход электроэнергии при электрохимической активации воды предлагается определять по формуле

$$q = U^2 \cdot S / (\rho \cdot L \cdot Q), \quad (1)$$

где q – удельный расход электроэнергии, кВт·ч/л;

U – напряжение на электродах установки, В;

S – площадь электрода, м²;

ρ – удельное сопротивление воды, Ом·м;

L – расстояние между электродами, м;

Q – расход воды через аппарат, м³/ч.

Однако эта формула не позволяет теоретически определить удельный расход электроэнергии на получение активированной воды с заданными параметрами, к которым можно отнести водородный показатель (pH). Водородный показатель является одним из основных технологических параметров при использовании электроактивированной воды.

Формулирование цели статьи. Данная работа посвящена получению выражения, позволяющего определить удельный расход электроэнергии с учётом заданного значения водородного показателя.

Основная часть. Для этой цели воспользуемся формулой, позволяющей определить удельный расход электроэнергии при обессоливании воды [3]

$$q = U \cdot j \cdot S / (Q(C_o - C)), \quad (2)$$

где j – плотность тока, А/м²;

S – площадь мембраны, м²;

C_o, C – концентрация солей в исходной и обессоленной воде, соответственно, г-экв/м³.

Принимая в формуле (2) изменение концентрации ионов солей, как изменение концентрации ионов водорода, можно записать

$$q = U \cdot j \cdot S / (Q(C_{HK} - C_{HO})), \quad (3)$$

где C_{HK}, C_{HO} – концентрация ионов водорода в воде после её электроактивации и в исходной воде, г-экв/м³.

Так как нас интересует водородный показатель (технологический параметр), то в выражении (3) необходимо заменить концентрацию солей на водородный показатель (pH). Согласно [4] связь между водородным показателем и концентрацией ионов водорода определяется следующим соотношением

$$pH = -\lg C_H, \quad (4)$$

Определим C_H . воспользуемся ионным произведением воды [4]

$$C_H \cdot C_{OH} = 10^{-14} \cdot z - \text{ионов} / \text{л}, \quad (5)$$

где C_{OH} – концентрация ионов гидроксила, г-экв/м³.

Из выражения (5) имеем

$$C_H = 10^{-14} / C_{OH}. \quad (6)$$

Концентрация ионов гидроксила обусловлена перемещение анионов через сечение мембраны, чему соответствует некоторая сила тока [4]

$$I = C_{OH} \cdot v \cdot F \cdot S_{p.m.}, \tag{7}$$

где v – скорость перемещения анионов, м/с;
 F – число Фарадея, А·с/г-экв;
 $S_{p.m.}$ – площадь мембраны, м².

Скорость перемещения анионов через мембрану можно представить следующим образом

$$v = V / (\tau \cdot S_{p.m.}), \tag{8}$$

где V – объём обрабатываемой воды, м³;
 τ – время обработки, с.

Из (7) с учётом (8) получим

$$C_{OH} = I \cdot \tau / (V \cdot F), \tag{9}$$

тогда

$$C_H = 10^{-14} / (I \cdot \tau / (V \cdot F)), \tag{10}$$

переходя к водородному показателю выражение (10) можно представить следующим образом

$$pH_K = -\lg(10^{-14} / (I \tau / (V \cdot F))) = -[\lg 10^{-14} - \lg I \tau / (V \cdot F)]. \tag{11}$$

Тогда выражение (3) примет вид

$$q = U \cdot j \cdot S / (Q(pH_K - pH_O)), \tag{12}$$

Экспериментальная проверка выражений (1) и (12) проводилась при следующих условиях: 1 – $U=160$ В, $\rho=500$ Ом·м, $Q=0,54$ м³/ч, $L=var$; 12 – $I=2,0$ А, $\tau=120$ с, $Q=0,54$ м³/ч, $L=var$. С этой целью в выражение объём (11) V представим следующим образом: $V=L \cdot S_{p.m.}$. Результаты эксперимента представлены на рисунке 1.

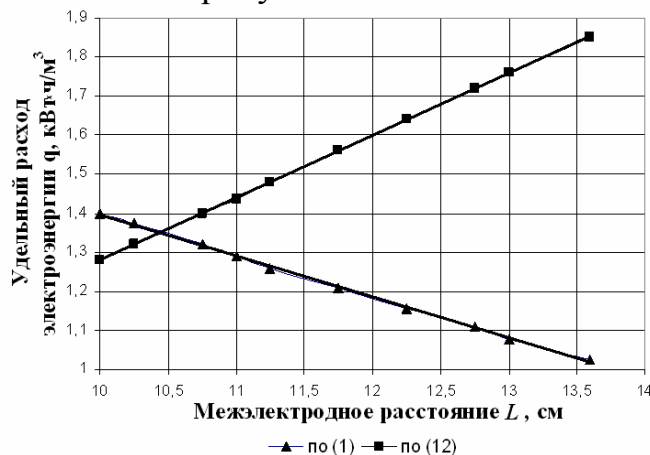


Рис. 1. Зависимость удельного расхода электроэнергии от межэлектродного расстояния.

Выводы. На основании результатов экспериментальных исследований можно сделать вывод, что при проектировании электродиализных установок сельскохозяйственных технологий для предварительных расчётов их энергоэффективности можно использовано выражение (12).

Литература

1. *Голохваст К.Л.* Перспективы и использование электрохимической активации растворов / *Голохваст К.Л., Рыжачков Д.С., Чайка В.В.* // Вода: химия и экология. – №2. – 2011. С. 23-30
2. *Чеба Б. П.* Монтаж электрохимического активатора воды в системе поения птицы и проведение его испытаний/ *Чеба Б. П., Болтрик О. П., Попов А. Н.* // Азово-Черноморский институт механизации сельского хозяйства. – зерноград. – 1993. – Рукопись деп. Во ВНИИ-ТЭИ агропром, 1993, №227 ВС-92.
3. *Высоцкий С.П.* Влияние напряжения и скорости потока в электродиализаторе / *Высоцкий С.П., Копылова О.Н.* // Химия и технология воды, –1981. – №4. –С.317-321.
4. *Скорчеллетти В.В.* Теоретическая электрохимия / *Скорчеллетти В.В.* // Издательство «Химия». –1969. –608 с.

МОДЕЛЬ ЕНЕРГОЄМНОСТІ ПРИ ЕЛЕКТРОДІАЛІЗІ ВОДИ

Ксьонз М.В., Сидорцов І.Г., Кияшко Є.О.

Анотація - у роботі експериментально та теоретично досліджено вплив водневого показника та технологічних параметрів на енергоємність електродіалізу води. Для попередніх розрахунків отримана формула енергоефективності з урахуванням водневого показника та технологічних параметрів електродіалізу води.

THE MODEL OF THE ELECTRICAL CAPACITY IN WATER ELECTRO-DIALYSIS

N. Ksenz, E. Kiyashko, I. Sidorcov

Summary

In this paper the influence experimentally and theoretically investigated the influence of the hydrogen and technological parameters on the power capacity of the water electro-dialysis process is investigated experimentally and theoretically. The formula for the preliminary calculations of energy efficiency with hydrogen and technological parameters of the water electro-dialysis is obtained.



УДК 631.559.538.12

**АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ И
ОБОСНОВАНИЕ ХАРАКТЕРА ВОЗДЕЙСТВИЯ
НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ
С ЦЕЛЬЮ СТИМУЛЯЦИИ ИХ РАЗВИТИЯ**

Ксёنز Н.В., д.т.н.,

Леонтьев Н.Г., к.ф.-м.н.,

Белоусов А.В., к.ф.-м.н.,

Федорищенко М.Г., к.т.н.

ФГБОУ ВПО Азово-Черноморская государственная агроинженерная академия, г. Зерноград (Российская Федерация)

Тел.: (86359)-38-4-06

Аннотация – в работе исследовано влияние магнитного поля, лазерного излучения на урожайность сельскохозяйственных культур. Показано, что слабые и кратковременные воздействия не приводят к существенным нарушениям физиологических функций биологического объекта, а резкие и длительные воздействия могут привести к его гибели. Предлагается ограничивать воздействия с целью стимуляции объекта по силе, времени и градиенту воздействия.

Ключевые слова - стимуляция, магнитное поле, лазерное излучение, градиент воздействия.

Постановка проблемы. Повышение урожайности сельскохозяйственных культур является одним из важных направлений государственного значения. Несмотря на то, что в настоящее время высокая урожайность зерновых культур достигается за счёт селекционной работы, внесения в почву элементов их минерального и органического питания, продолжаются исследования по использованию электрофизических внешних воздействий на семена с целью повышения урожайности.

Анализ последних исследований. По многочисленным публикациям средняя величина повышения урожайности составляет 10...12%,

более высокая -18...26 %, а во многих случаях повышения урожайности не наблюдается.

Экспериментальные материалы (Мочалкин А.И., 1962, Новицкий Ю.И. 1965; Гак Е.З. 1966) показали действие магнитного поля на сухие семена злаковых, кукурузы (Таланова И.М., Шахбазов В.Г., 1969), картофеля (Блонская А.П., 1985), хлопчатника (Ахмедова, 1986). Экспериментальный материал других исследований не выявил действие магнитного поля на семена (Piskett J.M., 1972; Edmiston J, 1980; Schreiber K, 1986).

Японскими учеными установлено, что после обработки сильным магнитным полем фасоли и соевых бобов растения дают хорошие всходы, на растениях появляются больше цветов, а плоды более крупные (Ж. "Наука и техника", №6, 1988). Однако ряд исследователей (Блюменфельд Л.А., 1961; Франк-Каменецкий Д.А., 1961) считают принципиально невозможным существенное воздействие магнитного поля на растительный организм.

По этому поводу учеными выдвигаются различные гипотезы. Так, Веселова Т.В. [1] считает, что причиной стимуляции всхожести семян бобовых низкого качества после воздействия в малых дозах любыми внешними факторами является модификация клеточных мембран, которая сопровождается замедлением поступления воды в клетки при набухании. При этом всхожесть семян посевного материала можно повысить только за счёт семян не прорастающих, но живых.

Формулирование цели статьи. Изучить возможность использования влияния магнитного поля и лазерного излучения при регулировании воздействия по силе, времени и градиенту.

Основная часть. По мнению академика Вонсовского С.В., магнитное поле играет роль "курка", включающего определенные биологические механизмы. Оно может изменить проницаемость мембран, что приводит к изменению обменных процессов. Существуют попытки объяснения биологического действия магнитного поля его влиянием на воду, входящую в состав биологических объектов.

Одной из причин такого положения является отсутствие единого подхода к изучению процесса внешнего воздействия на биологические объекты для их стимуляции.

Так в животноводстве использование озонозооной смеси в свиноматке-маточнике позволило увеличить продуктивность поросят на 24 % в сравнении с контролем [2]. Озонирование воздушной среды проводилось в дневное время в прерывистом режиме.

В работах [3, 4] были проведены исследования по влиянию на организм животных «Рицида-11» и «пятиокиси ванадия» при их ингаляционном поступлении в организм. Установлено, что прерывистое действие этих веществ по сравнению с непрерывным ведет к значительному снижению токсического эффекта. При этом при непрерывном воздействии снижается масса организма животного на 13-15 %.

В растениеводстве для ячменя и пшеницы удается ускорить созревание семян, а также цветение растений, прерывая ночные периоды облучением лазерным красным светом (580...800 нм) [5].

Зацветание риса (короткодневное растение) можно задержать прерыванием длинной ночи кратковременным действием света.

При кратковременном воздействии магнитным полем на семена пшеницы, ячменя, кукурузы водопоглощение увеличивается на 9...23 % по сравнению с контролем [6, 7].

Правильное решение вопроса об отношениях между характером воздействия из внешней среды и ответными реакциями биологического объекта имеет важное научное и практическое значение.

При выборе характера внешнего воздействия следует учитывать, что полноценный (здоровый) биологический объект на внешнее воздействие реагирует своими защитно-приспособительными реакциями [5, 8]. Слабые и кратковременные воздействия внешней среды не приводят к существенным нарушениям физиологических функций биологического объекта, а резкие и длительные воздействия приводят к нарушению многих функций объекта, а иногда и к его гибели.

Исходя из вышеизложенного, можно предположить, что воздействие внешней среды с целью стимуляции биологического объекта должно быть ограничено по силе, времени и градиенту воздействия, т.е.

$$\begin{aligned}F_{\epsilon} &\leq F_{\delta}; \\ \tau_{\epsilon} &\leq \tau_{\delta}; \\ \frac{dF_{\epsilon}}{dx} &\leq \frac{dF_{\delta}}{dx},\end{aligned}$$

где $F_{\epsilon}, \tau_{\epsilon}, \frac{dF_{\epsilon}}{dx}$ – значения воздействующих факторов;

$F_{\delta}, \tau_{\delta}, \frac{dF_{\delta}}{dx}$ – значения допустимых факторов.

Выводы. Таким образом, является актуальным поиск механизмов воздействия физических факторов на биологические объекты и выбор оптимальных границ этих воздействий.

Литература

1. *Веселова Т.В.* Изменение состояния семян при их хранении, проращивании под действием внешних факторов (ионизирующего излучения в малых дозах и других слабых воздействий), определяемое методом замедленной люминесценции. Автореф. дис. на соискание ученой степени доктора биол. наук : спец. 03.00.01-03 «Радиобиология», 03.00.02-03 «Биофизика» / *Т.В. Веселова.* – Москва, 2008. – 58 с.
2. *Ксенз Н.В.* Электроозонирование воздушной среды животноводческих помещений: метод. рекомендации / *Н.В. Ксенз*; Под науч. ред. И.Ф.Бородина. - Зерноград : [б. и.], 1991. - 171 с.
3. *Риза Л.В.* Сравнительное изучение влияния на организм животных монотонного и интериттирующего воздействия «Рицида-11» / *Риза Л.В.* //Гигиена и санитария. – 1986. – №11. –С.35-38
4. *Соколов С.М.* Гигиеническая оценка непрерывного и прерывистого воздействия пятиокиси Ванадия / *Соколов С.М.* //Гигиена и санитария. – 1983. – №9. –С.26-31
5. Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений / *Третьяков Н.Н., Кошкин Е.И., Макрушин Н.М.* и др.. – М.: «Колос». – 2000. – 640 с.
6. *Ксенз Н.В.* Зависимость водопоглощения семян от энергии магнитного поля / *Ксенз Н.В., Полунин В.Н., Щербаев С.В.* //Доклады международной научно-практической конференции, посвящённой памяти академика В.П. Горячкина. – Т.2. – Москва. – 1998. –С.118
7. *Ксенз Н. В.* Водопоглощение и поверхностные электрические потенциалы семян зерновых культур/ *Ксенз Н. В., Сидорцов И.Г., Кувшинова Е.К., Тлячев А. А.* // Механизация и электрификация сельского хозяйства.№11, 2006. –С.12-13
8. *Латманисова Л.В.* Очерк физиологии возбуждения / *Латманисова Л.В.* – М.: Наука, 1968. – 312 с.

**АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОБРОБКИ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ
ХАРАКТЕРУ ВПЛИВУ НА БІОЛОГІЧНІ ОБ'ЄКТИ
З МЕТОЮ СТИМУЛЯЦІЇ ЇХ РОЗВИТКУ**

Ксьонз М.В., Леонтьєв М.Г., Белоусов О.В., Федорищенко М.Г.

Анотація – у роботі досліджено вплив магнітного поля, лазерного випромінювання на урожайність сільськогосподарських культур. Показано, що слабкі та короткочасні впливи не призводять до суттєвих порушень фізіологічних функцій біологічних об'єктів, а різкі та тривалі впливи можуть призвести до його загибелі. Пропонується обмежувати впливи з метою стимуляції об'єкта по силі, часу та градієнту впливу.

**THE ANALYSIS OF THE TREATMENT METHODS AND EFFECT
SUPPORT ON THE BIOLOGICAL OBJECTS WITH THE AIM OF
THE DEVELOPMENT STIMULATION**

N. Ksenz, N. Leontyev, A. Belousov, M. Fedoriŝenko

Summary

The influence of the magnetic fields and laser radiation on the agricultural crops is investigated in this work. It is shown that weak and transient effects do not lead to the significant violations of the biological object physiological functions but sharp and prolonged exposure may cause its destruction. It is proposed to limit this exposure to stimulate the object by its power, time and gradient effect.



УДК 621.926.2

ДРОБИЛКА ЗЕРНА УДАРНО-ОТРАЖАТЕЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ

Савиных П.А., д.т.н.

*Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого, г. Киров (Российская Федерация)*Миронов К.Е., аспирант^{*}*Нижегородский государственный инженерно-экономический институт, г. Княгинино (Российская Федерация)*

Тел.: (8332) 33-10-23

Аннотация – приведены основные требования, предъявляемые к зернодробилкам, указаны преимущества и недостатки получивших наибольшее распространение молотковых зернодробилок, пути их устранения. Предлагается новая конструкция дробилки.

Ключевые слова - дробилка, зерно, измельчение, удар, конструкция.

Постановка проблемы. Зернодробилки предназначены для измельчения зерна, идущего на корм скоту. Соответственно, от процессов измельчения и характеристик самих измельчителей напрямую зависит состояние животных и показатели сельскохозяйственного производства в целом.

Анализ последних исследований. Работу дробилки необходимо оценивать, принимая во внимание оптимальное соотношение трёх основных характеристик [1]:

- затраты энергии на дробление (энергоёмкость);
- пропускная способность дробилки (производительность);
- степень измельчения (качество).

В сельском хозяйстве при измельчении зерна наибольшее распространение нашли дробилки именно ударного действия, в частности молотковые. Достоинствами таких дробилок являются их простота и компактность, возможность лёгкой замены изношенных деталей, доступные подведение измельчаемого материала и отвод готового продукта. К недостаткам дробилок данного типа следует отнести ин-

© П.А. Савиных, д.т.н.; К.Е. Миронов, аспирант

* Научный руководитель : Савиных П.А., д.т.н., профессор

тенсивный износ рабочих органов, а также переизмельчение части материала (до 30%) при тонком и недоизмельчение (до 20%) при грубом дроблении. Что сказывается на качестве корма и на энергоёмкости производства.

Улучшить качество измельчения, снизить затраты энергии на дробление, а также увеличить пропускную способность можно за счёт:

- оптимизации воздушных потоков в камере;
- своевременного отвода материала из камеры дробления;
- увеличения эффективности ударов;
- снижения истирающих воздействий.

Формулирование целей статьи. Мы предлагаем новую конструкцию дробилки зерна с поворотным расположением лопастей ротора и боковыми стенками-плитами.

Основная часть. Предложенная конструкция дробилки состоит из рамы, горизонтально расположенного цилиндрического корпуса, к которому с торцов крепятся две съёмных стенки-плиты (одна с загрузочным окном и крепящимся к ней бункером, вторая - с выгрузным окном со встраиваемыми сменными решётами), и горизонтально расположенного ротора, на котором крепятся била, расположенные под определённым углом относительно своих осей, электропривода и пульта управления (рис. 1). Рабочими органами измельчения в данном случае являются била ротора, а также поверхности плит-боковых стенок дробилки, о которые материал ударяется, отлетая от расположенных под определённым углом вокруг своих осей бил ротора и относительно плоскостей боковых стенок-плит соответственно.

Дробилка работает следующим образом. Подлежащий измельчению материал из бункера через загрузочное окно 3 стенки-плиты 4 отправляется внутрь корпуса 6, где попадает под удары быстро вращающихся лопастей 11, от которых отлетает на вторую (противостоящую) стенку-плиту 7, измельчаясь и подвергаясь многократным разрушительным ударам бил и отражательных плит. Материал, таким образом, подвергаясь воздействию рабочих органов и измельчаясь, движется по кругу внутри цилиндрического корпуса, пока не достигает выгрузного отверстия 9. Соответственно измельчённая фракция своевременно транспортируется через решето 10 выгрузного окна во второй стенке за счёт сил инерции, а также воздушного потока, нагнетаемого лопастями ротора. Крупная фракция продолжает движение внутри корпуса дробилки, измельчаясь до необходимых размеров.

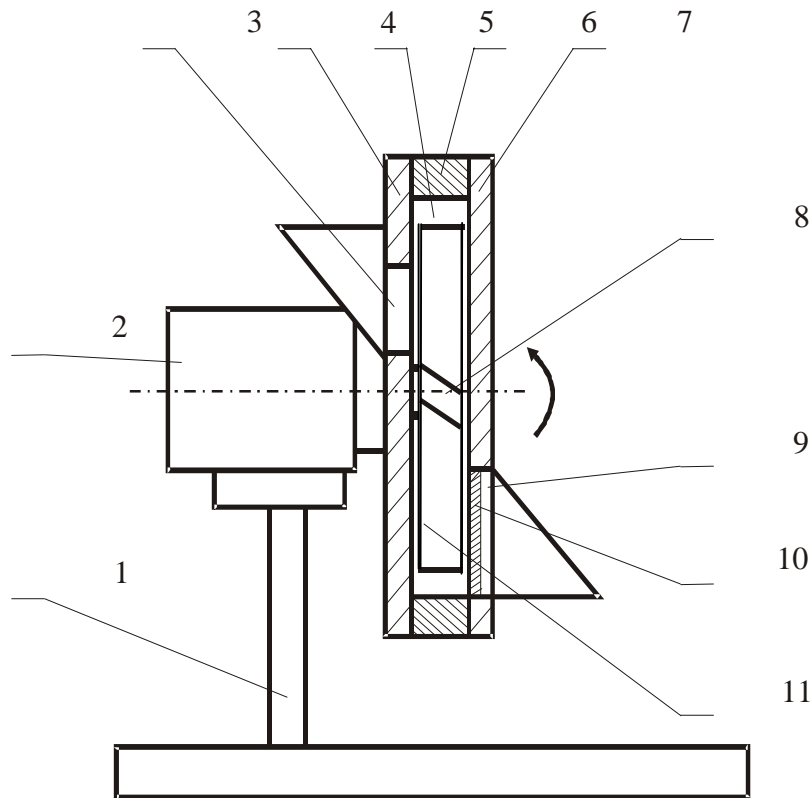


Рис. 1. Общий вид дробилки: 1 - рама; 2 – электродвигатель; 3 – загрузочное окно; 4 и 7 – плиты; 5 – камера измельчения; 6 – барабан; 8 – ротор; 9 - выгрузное окно; 10 – решето; 11 – лопасти.

Выводы. Отличительными особенностями данной дробилки является принципиально новая конструкция дробилки и сам процесс измельчения зерна в ней. Предлагается поворотное расположение бил ротора и использование также в качестве рабочих органов боковых стенок-плит, что в совокупности обеспечит многократные удары измельчаемого материала и естественный своевременный отвод измельчённого продукта из корпуса дробилки.

Литература

1. *Гарабажу А.А.* Аэродинамика движения частиц измельчаемого материала в рабочей камере роторно-центробежной мельницы / *Гарабажу А.А., Левданский А.Э.* // Труды Белорусского государственного технического университета. Сер. III, Химия и хим. технол. 1999. - Вып. VII. - С. 15-27.

2. *Гийо Роже*. Проблема измельчения материалов и ее развитие/ *Гийо Роже*. - М.: Стройиздат, 1964. – 112 с.
3. *Джинджихадзе С.П.* Исследование энергоемкости процесса дробления фуражного зерна в молотковых дробилках: Автореф. дис. ... канд. техн. наук.:05.02.16 / *С.П. Джинджихадзе*. – Тбилиси: ТПИ, 1965. – 32 с.
4. *Кошелев А.Н.* Производство комбикормов и кормовых смесей / *А.Н. Кошелев, Л.А. Глебов*. - М., 1986. - 176 с.
5. *Левенсон Л. Б.* Производство щебня/ *Левенсон Л.Б., Клюев Г.М.* - М.: Госстройиздат, 1959. – 168 с.
6. *Осокин В.П.* Молотковые мельницы / *В.П. Осокин* - М.: Энергия, 1980. – 176 с.
7. *Повх И.Л.* Аэродинамический эксперимент в машиностроении/ *И.Л. Повх* – М.: Машиностроение, 1974. – 480 с.

ДРОБАРКА ЗЕРНА УДАРНО-ВІДБИТТЄВОЇ ДІЇ

Савіних П.О., Миронов К.Є.

Анотація – наведені основні вимоги, які висуваються до зернодробарок, вказані переваги і недоліки найбільш розповсюджених молоткових зернодробарок, шляхи їх усунення. Пропонується нова конструкція дробарки.

CRUSHER OF GRAINS OF A BLOW AND REFLECTIVE ACTION

P. Savinykh, K. Mironov

Summary

There are given the basic requirements to a crusher of grains, the advantages and disadvantages of the most popular hammer crusher of grains, ways of their elimination. The new design of a crusher is offered.



УДК 631.365.22

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И СУШКИ ЗЕРНА В ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВАХ

Оболенский Н.В., д.т.н.,

Данилов Д.Ю., аспирант*

Нижегородский государственный инженерно-экономический институт, г. Зерноград (Российская Федерация)

Тел.: (831166) 4-15-50

Аннотация - рассматривается устройство и принцип работы кассетного устройства для лабораторных исследований, в том числе, удельного энергопотребления, и сушки зерна в фермерских хозяйствах.

Ключевые слова - тепловая обработка, сушка зерна, удельное электропотребление.

Постановка проблемы. Фермерским хозяйствам и мелким предприятиям, занимающимся производством и переработкой зерновой продукции, экономически выгодно самим выполнять сушку влажного зерна. Однако существующие устройства для тепловой обработки относительно энергозатратны и не всегда обеспечивают должное качество готового продукта, поскольку в них наблюдается пересушивание зерна, растрескивание его поверхностных слоев вследствие неравномерности и инертности нагрева в процессе обработки [1].

Анализ последних исследований. Отсутствие малогабаритной, универсальной и высокоэффективной (лишенной отмеченных недостатков) техники для тепловой обработки и переработки небольших объемов зерна, сдерживает развитие небольших фермерских хозяйств, кооперативов и мелких перерабатывающих предприятий. В этой связи нами осуществлена разработка кассетного устройства для сушки зерна, адаптированного к условиям мелкотоварного сельскохозяйственного производства [2...4].

Формулирование цели статьи. Обеспечить снижение энергозатрат и повышения качества сушки зерновых за счет разработки устройства для сушки зерна, адаптированного к условиям мелкотоварного сельскохозяйственного производства.

© Н.В. Оболенский, д.т.н.; Д.Ю. Данилов, аспирант

* Научный руководитель - Оболенский Н.В., д.т.н., профессор,



Рис. 1. Кассетное устройство для сушки зерна.

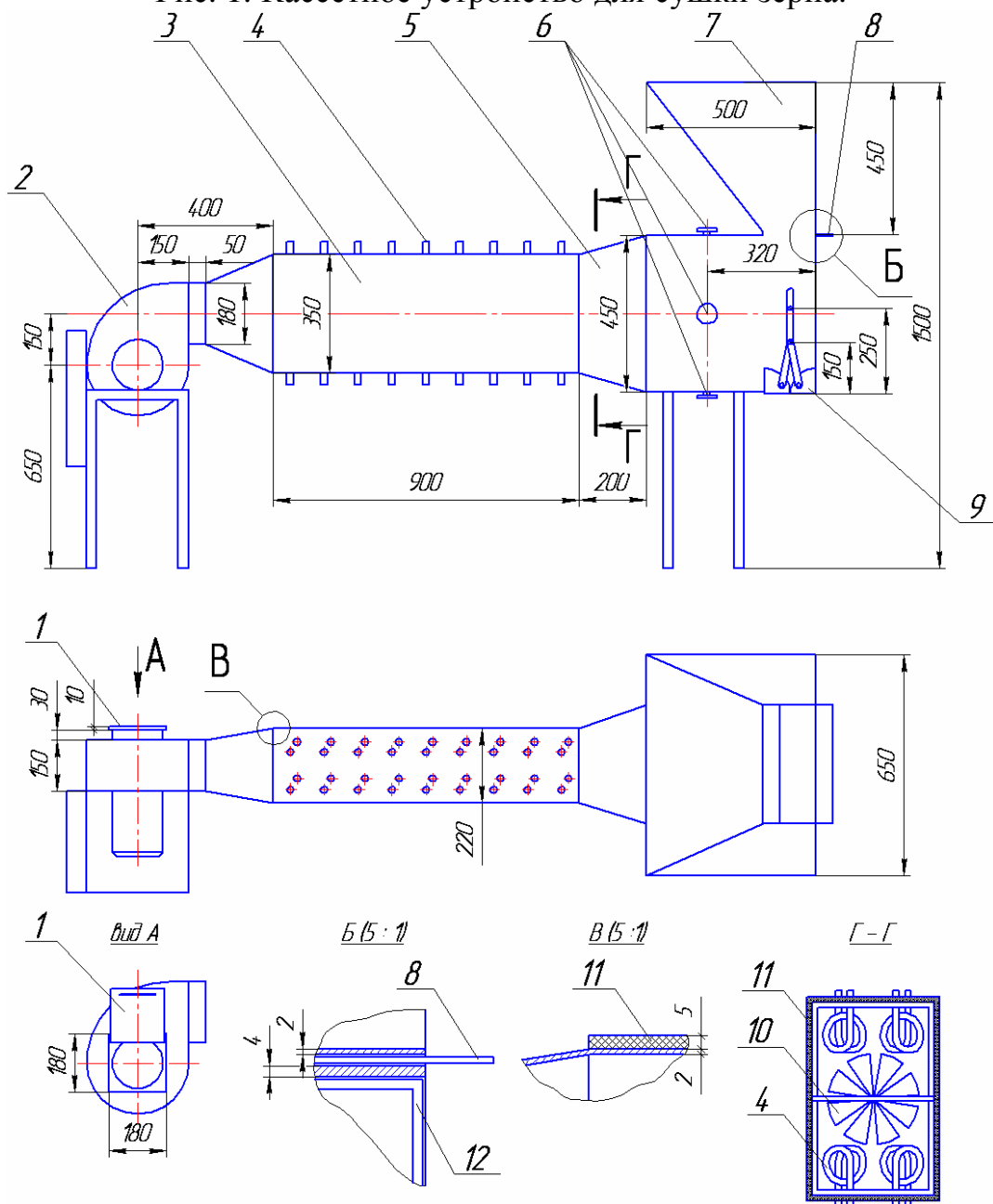


Рис. 2. Чертеж кассетного устройства.

Основная часть. На рис.1 показан общий вид запатентованного кассетного устройства для сушки зерна - в дальнейшем тексте устройство. На рис.2 представлен чертёж устройства, детально раскрывающий конструктивное его содержание: заслонка 1, с помощью которой регулируется расход воздуха; вентилятор 2 для прокачки воздуха через теплогенератор 3, в котором установлены тэны 4, преобразующие электрическую энергию в тепловую; воздуховод 5 с расположенными в нём термодатчиками 6; загрузочный бункер 7 с заслонкой 8; раскрывающиеся створки 9 для выгрузки просушенного зерна; турбулизатор 10 для перемешивания слоёв воздуха с различной температурой; утеплитель 11; кассета 12, представляющая собой металлический короб, у которого передняя и задняя стенки выполнены из сетки, вверху расположено загрузочное, а в низу – разгрузочное отверстия.

Принцип работы устройства таков. Устанавливают кассету 12. Загрузочный бункер 7 заполняют просушиваемым зерном. Выдвигают заслонку 8 и заполняют кассету зерном. Открывают заслонку 1 вентилятора 2. Включают вентилятор и тэны посредством щита управления (рис.1), оснащенного электросчетчиком, вольтметром, амперметром и ваттметром. Контроль за температурой нагрева воздуха осуществляется с помощью термодатчиков 6, установленных перед кассетой с зерном. Выгрузка просушенного зерна осуществляется путём открывания створок 9.

Толщина зернового слоя в кассете – 150 мм. В кассете предусмотрена возможность установки одной или двух перегородок с целью варьирования толщины слоя зерна: 50, 100 и 150 мм.

Для нормального протекания процесса (прогрева, сушки, прокачивания и т.д.) в устройстве предусмотрен турбулизатор, обеспечивающий равномерный подвод теплоты ко всей площади слоя зерна, подвергающегося тепловой обработке, а также постоянный отвод образующейся на поверхности зерна влаги (т.е. постоянный подвод сухого и отвод влажного воздуха). Биологические особенности зерна определяют его максимальную температуру нагрева и максимальный влагосъём. Выполнение этих требований (условий) напрямую связано с параметрами установки: в первую очередь с параметрами теплоотдающих элементов, которые определенным образом характеризуют источник теплоты и определяют его режимы работы: температуру, потребляемую мощность и др.; характером распределения температуры по объёму зернового слоя, толщиной зернового слоя, расходом агента сушки и т.д. Помимо этого в процессе сушки учитывается состояние окружающей среды: температура и влажность.

Процесс сушки определяется большой совокупностью разнообразных факторов, каждый из которых прямо или косвенно влияет на эффективность работы устройства в целом.

Устройство позволяет исследовать электропотребление при тепловой обработке зерна в двух режимах: в неподвижном и подвижном слоях зерна. В первом случае устройство работает следующим образом. Отмеряют количество зерна равное объёму кассеты, взвешивают и засыпают в загрузочный бункер 7, открывают заслонку 8 и заполняют кассету 12. Включают под напряжение тэны 4 и вентилятор 2. Нагретый вентилятором воздух турбулизуется и прокачивается через слой зерна, находящегося в кассете. Регулировка расхода воздуха осуществляется заслонкой 1. Контактная с нагретым воздухом, зерно нагревается и теряет излишки влаги. Спустя определенное время (экспозиция сушки) открывают створки 9, подсушенное до требуемой кондиции зерно самотёком высыпается из кассеты и взвешивается. В процессе сушки замеряется её время и мощность, потреблённая тэнами теплогенератора и вентилятором. Для создания подвижного режима сушки слоя зерна открывают заслонку 8 и приоткрывают створки 9. Зерно начинает истекать из кассеты в процессе сушки. Осуществляются те же замеры: потребляемой мощности с помощью ваттметра, а также с помощью амперметра и вольтметра; времени нагрева воздуха до заданной температуры с помощью термодатчиков и секундомера; экспозиции сушки в неподвижном режиме с помощью секундомера; времени истечения зерна через кассету в подвижном режиме также с помощью секундомера; расход электроэнергии на нагрев воздуха до заданной температуры и его прокачку с помощью электросчетчика.

Характер протекания процесса тепловой обработки зерна определяется механизмом перемещения влаги внутри него, энергетикой испарения и механизмом перемещения влаги с поверхности зерна в окружающую среду через так называемый пограничный слой, расположенный у поверхности зерна.

Температура конструктивных элементов устройства в процессе сушки зерна (рис. 3, рис. 4) регистрировалась посредством тепловизора Flir T335.

Нами получено уравнение для расчета мощности N , необходимой для обеспечения тепловой обработки зерна в разработанном кассетном устройстве (требуемой на привод вентилятора и нагрев воздуха, подаваемого вентилятором)

$$N = \frac{L_6 \left[\frac{2L_6 \rho v}{\pi(D_3^2 - d_6^2)} \left(1 + \frac{64l_k}{Re D_3} + \xi_m \right) + H_k \right]}{\eta_2 \eta_m \eta_n} + k_3 \frac{c_v \rho L_6 (t_{вых} - t_{вх})}{\eta}, \quad (1)$$

- где L_6 – подача вентилятора, м³/с;
 ρ – плотность воздуха, кг/м³;
 v – скорость воздуха, м/с;
 D_3 – диаметр сечения кожуха эквивалентного прямоугольному, м;
 l_k – длина кожуха устройства, м;
 Re – число Рейнольдса;
 ξ_m – приведенный коэффициент местных сопротивлений;
 H_k – потери давления в теплогенераторе, Па;
 η_2 – гидравлический (аэродинамический) КПД вентилятора;
 η_m – механический КПД вентилятора;
 η_n – КПД привода вентилятора;
 c_v – удельная теплоемкость воздуха, Дж/(кг·°С);
 $t_{вых}$ – температура воздуха на выходе из теплогенератора, °С;
 $t_{вх}$ – температура воздуха на входе в теплогенератор, °С;
 η – КПД теплогенератора [5].

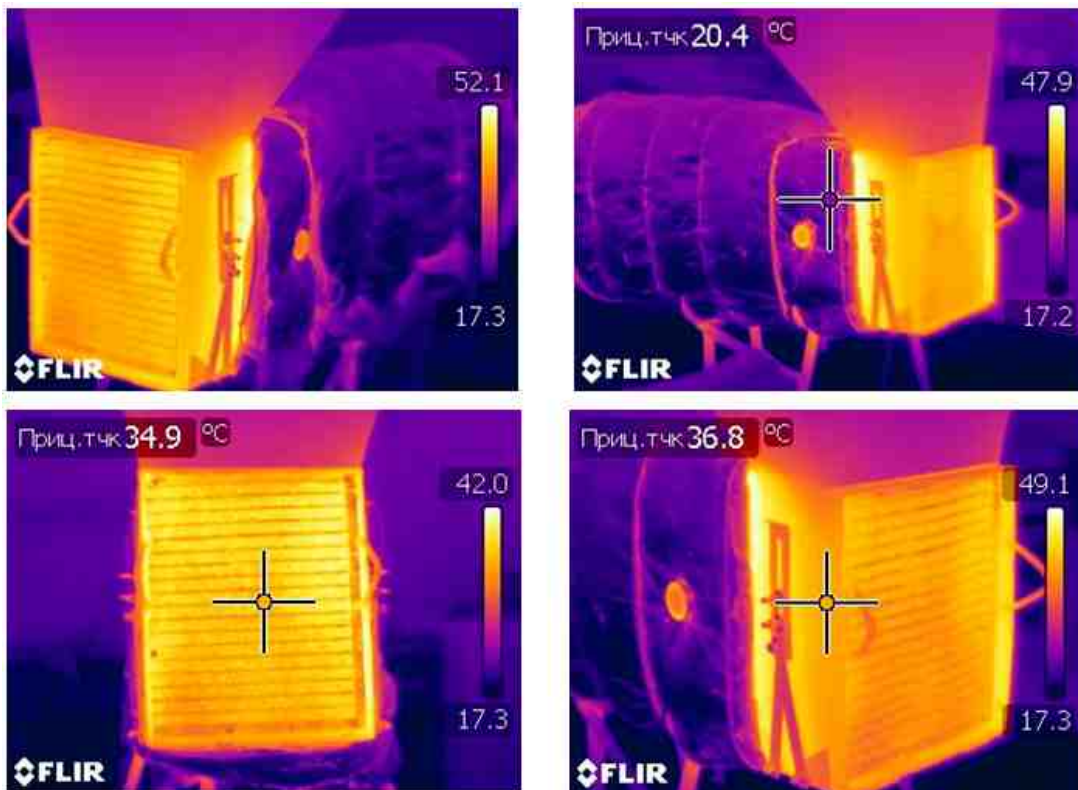


Рис. 3. Температуры конструкционных элементов устройства в процессе сушки зерна.

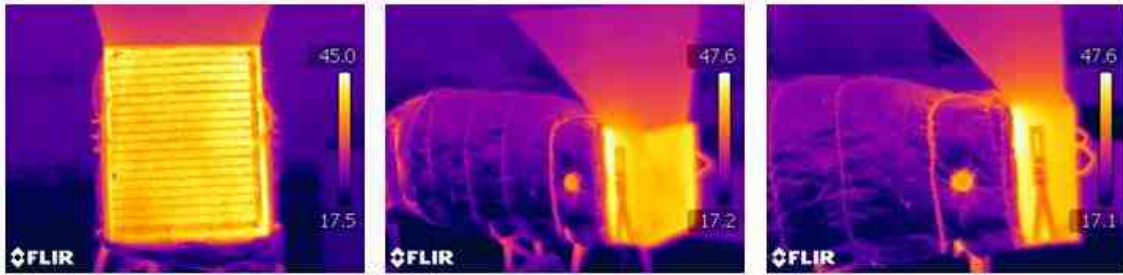


Рис. 4. Температурные поля с наружной стороны кассеты, воздуховода и теплогенератора.

$$D_3 = \sqrt{\frac{4bh}{\pi}}, \tag{2}$$

где b – ширина живого сечения теплогенератора, м;
 h – высота живого сечения теплогенератора, м.

Рассчитав N можно определить теоретическую величину удельного расхода электроэнергии ($W_{уд.т}$) на удаление 1 % влаги из 1 кг зерна, Вт·ч/кг·%

$$W_{уд.т} = \frac{N\tau}{G_3\Delta\omega}, \tag{3}$$

где N – количество электроэнергии, рассчитанной по формуле (1), Вт;
 τ – время сушки, ч;
 G_3 – масса просушенного зерна, кг;
 $\Delta\omega$ – требуемое снижение влажности зерна (разница влажности зерна до и после сушки), %, определяемое по уравнению

$$\Delta\omega = \omega_{вх} - \omega_{вых}, \tag{4}$$

где $\omega_{вх}$ – влажности зерна до сушки, %;
 $\omega_{вых}$ – влажности зерна после сушки, %.

Фактическая же величина удельного расхода электроэнергии определяется по формуле

$$W_{уд} = \frac{W}{G_3\Delta\omega}, \tag{5}$$

где W – количество электроэнергии, израсходованной на сушку зерна и прокачку воздуха, Вт·ч.

Вывод. Лабораторные исследования устройства проводили в режиме сушки пшеницы сорта «Московская 39». В результате исследований выявили, что удельные затраты электроэнергии на удаление 1

% влаги из 1 кг зерна составляют: теоретические 0,30 и практические 0,31 Вт · ч/кг · %. Таким образом, получена высокая сходимость теоретических и практических результатов, что подтвердило возможность обеспечения кондиционной влажности зерна посредством вновь созданного кассетного устройства для его сушки.

Литература

1. *Малин Н.И.* Энергосберегающая сушка зерна / *Н.И. Малин* - М.: КолосС. 2004. - 240 с.
2. Патент на полезную модель № 115164. Устройство для исследования процесса сушки зерна / *Н.В. Оболенский, Д.Ю. Данилов* (РФ). – 4 с: ил.1. Опубл. 27.04.2012. Бюл. № 12.
3. *Оболенский Н.В.* Малогабаритная зерносушилка для фермерских хозяйств / *Оболенский Н. В.*// «Механизация и Электрификация сельского хозяйства». 2011. – № 10. – С. 26, 27.
4. *Оболенский Н.В.* Устройство для исследования процесса сушки зерна / *Н.В. Оболенский, Д.Ю. Данилов* // «Аграрная наука Евро-Северо-Востока». 2012. - № 2 (27). – С. 61...64.
5. *Оболенский Н.В.* Электронагрев в сельскохозяйственных обрабатывающих и перерабатывающих производствах / *Н.В. Оболенский* – Н.: Новгород: НГСХИ, 2007. – 350 с.

ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ І СУШІННЯ ЗЕРНА У ФЕРМЕРСЬКИХ ГОСПОДАРСТВАХ

Оболенський М.В., Данилов Д.Ю.

Анотація – розглядається пристрій і принцип роботи касетного пристрою для лабораторних досліджень, у тому числі, питомого енергоспоживання, і сушіння зерна у фермерських господарствах

UNIT FOR LABORATORY RESEARCHES AND DRYING GRAIN IN FARMS

N. Obolensky, D. Danilov

Summary

Arrangement and principle of work of a cassette unit for laboratory researches, including specific energy use and drying grain in farms is considered.



УДК 631.3

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ДЕСТРУКТОРА

Оболенский Н.В., д.т.н.,

Крайнов Ю.Е., аспирант*

Нижегородский государственный инженерно-экономический институт, г. Княгинино (Российская Федерация)

E-mail: Krainov24@mail.ru

Тел.: 8-(83166)-415-50

Аннотация – в последние годы на стыке наук: физики акустических и гидродинамических волновых процессов, нестационарной гидродинамики, химической кинетики сложилось новое научное направление - технология кавитационно-гидродинамического воздействия. Разрабатываемые в рамках этого направления технологии и оборудование могут быть использованы в сельском хозяйстве.

Ключевые слова - кавитация, гидродинамика, теплота, ультразвук, реактор.

Постановка проблемы. Разрабатываемые в рамках направления технологии кавитационно-гидродинамического воздействия технологии и оборудование могут быть использованы в различных отраслях промышленности, в частности, в сельском хозяйстве.

Анализ последних исследований. За основу гидродинамического деструктора была принята вихревая труба Ранке. Основными элементами гидродинамического деструктора являются: улитка 3 – предназначена для тангенциального ввода струи жидкости в вихревую трубу, Гидродинамический реактор 2-зона кавитационных процессов, тормозное устройство (камертон) 3- служащее для усиления эффекта кавитации (рис.1).

Формулирование целей статьи. Целью исследования является оптимизация и обоснование геометрических параметров гидродинамического деструктора, которые зависят, прежде всего, от параметров улитки.

© Н.В. Оболенский, д.т.н.; Ю.Е. Крайнов, аспирант

* Научный руководитель : Оболенский Н.В., д.т.н., профессор

Основная часть. При входе в улитку (рис.1) поток воды закручивается в вихревом движении и, пройдя по кругу, обжимает входной поток, создавая на входе в улитку неполный гидравлический удар, в котором сокращение кавитационного пузырька происходит с большой скоростью и с резким перепадом давления.

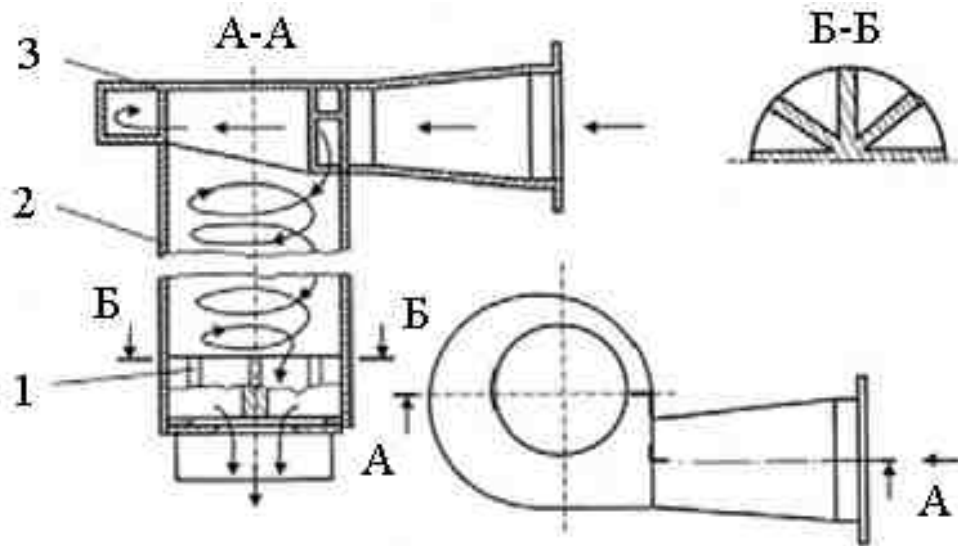


Рис. 1. Вихревая труба:

1- тормозное устройство, 2 - корпус трубы, 3 – улитка.

Гидродинамический деструктор может работать как по кольцевой схеме, подогревая воду (в нашем случае) с темпом примерно 0,4°С в минуту, так и в бойлерном режиме и системе отопления (рис. 2,3,4).

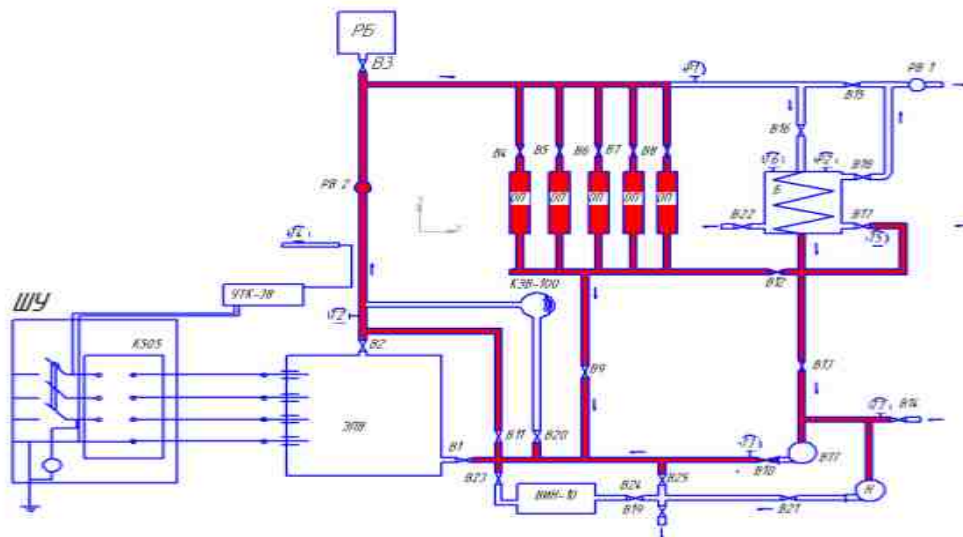


Рис. 2. Работа вихревого гидродинамического деструктора в режиме отопления.

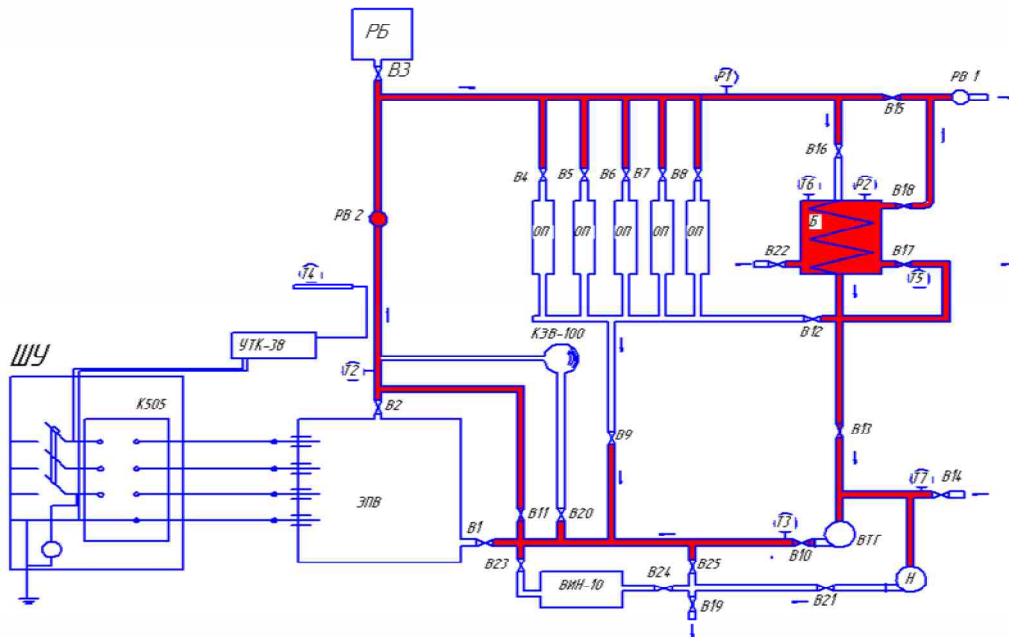


Рис. 3. Работа вихревого гидродинамического деструктора в проточном режиме.

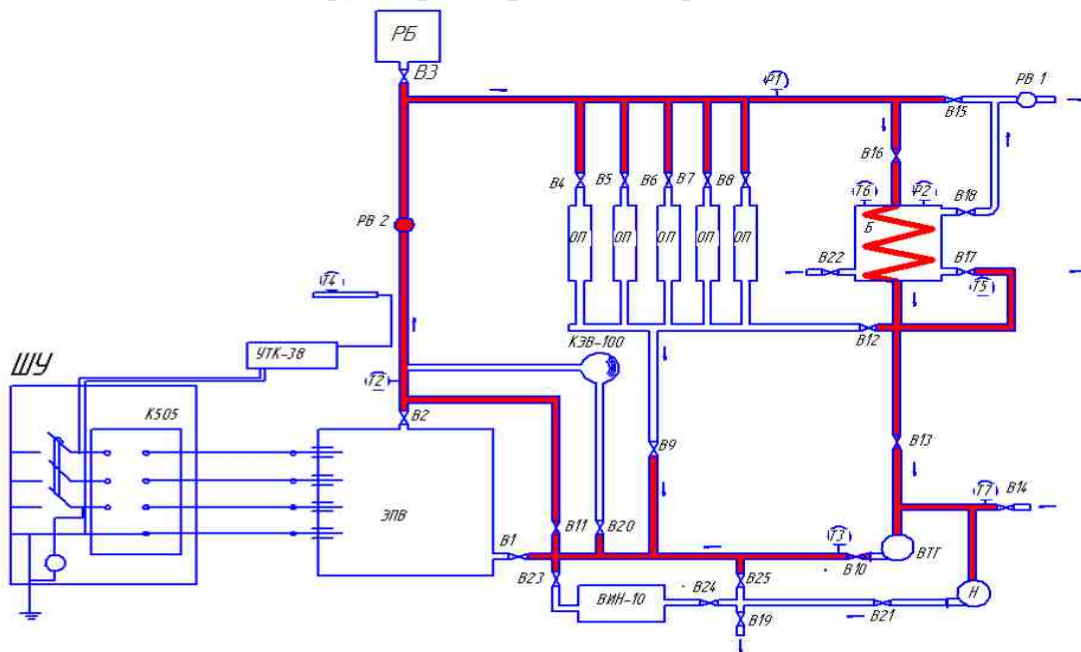


Рис. 4. Работа вихревого гидродинамического деструктора в бойлерном режиме.

Программа исследований гидродинамического деструктора состояла из однофакторных и многофакторных экспериментов, предусматривающих уточнение его конструкционных параметров, обеспечивающих выполнение процесса нагрева жидкости с минимальными энергозатратами, а также определения удельного электропотребления для нагрева 1 кг воды на 1 °С (Вт·ч/кг·°С).

Суть программы испытаний – поочередное включение гидродинамического деструктора в один из трёх режимов работы: отопления, проточном и бойлерном отличающихся лишь путём прохождения нагреваемой среды (рис. 2 – рис. 4).

Для усиления этого явления предлагается изменить конструкцию входной части реактора – улитки.

Были исследованы соотношения диаметров улитки и реактора (рис 5.) и типы модели улиток (рис. 6).

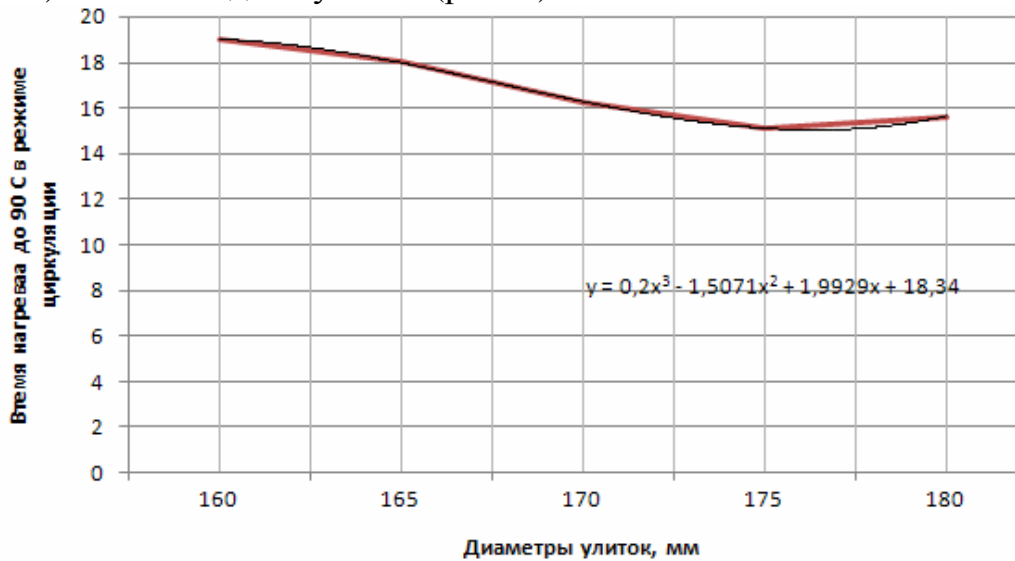


Рис. 5. Определение оптимального диаметра улитки.

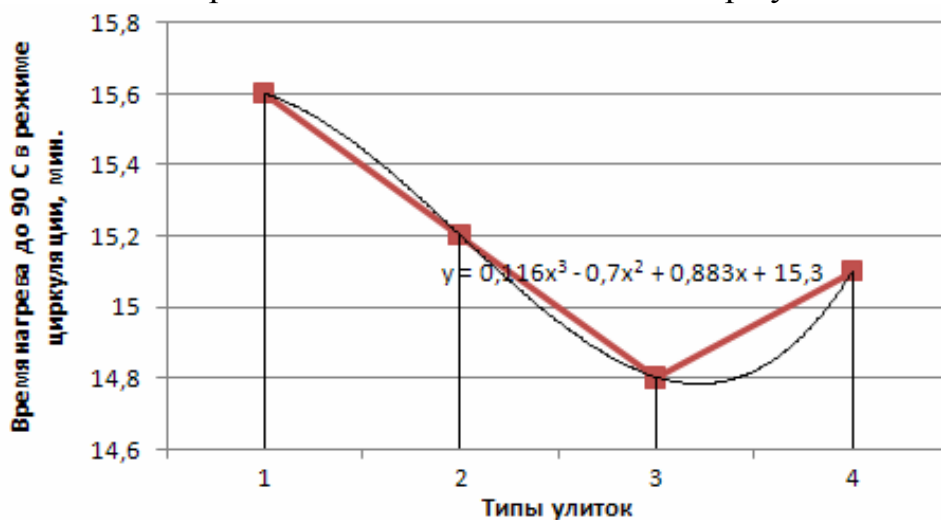


Рис. 6. Время нагрева улиток: 1-улитка модели Потапова (стандартная), 2-улитка с оптимальным диаметром (рабочая модель), 3- улитка с рассекателем потока, 3- улитка с удлиненным рассекателем поток.

Был рассчитан удельный расход электроэнергии ($W_{уд}$) для нагрева 1 кг воды на 1 °С, Вт.ч/кг °С по формуле

$$W_{y\partial} = W/G_{\phi}\Delta t_1. \quad (2)$$

где W – количество электроэнергии, потреблённой ВТГ за 1 ч;
 G_{ϕ} – усреднённое фактическое количество воды, нагретой за 1 ч;
 Δt_1 – усреднённая разница между температурой воды на выходе из ВТГ и на входе в него в начале испытаний.

Результаты показаны на графике (рис. 7)

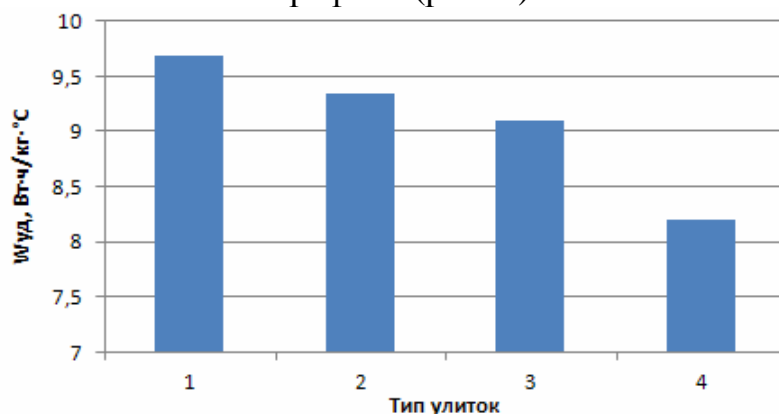


Рис. 7. Зависимость удельного расхода электроэнергии от типа улиток $W_{y\partial}$ (Вт·ч/кг·°С) от типа улитки: 1-улитка модели Потапова (стандартная), 2-улитка с оптимальным диаметром (рабочая модель), 3- улитка с рассекателем потока, 3- улитка с удлиненным рассекателем поток.

Выводы. Применение кавитационного реактора в сельском хозяйстве позволяет не просто нагревать продукты, но и использовать его как специальное технологическое оборудование. В частности, в таких технологических процессах, как деструктор.

Проведённые на стенде исследования показали, что использование гидродинамического деструктора позволяет увеличить скорости нагрева среды и позволяет сэкономить от 4,9 до 14,2 % расход электроэнергии, К тому же, такая обработка значительно меньше изменяет их физико-химические и структурно-механические свойства, и способствует получению продукта с максимальным содержанием в нем питательных веществ и витаминов при минимальных потерях сырья.

Литература

1. *Иванов, А.Н.* Гидродинамика развитых кавитационных течений / *А.Н. Иванов.* - Л.: Судостроение, 1980. - 237с
2. *Осокин В.Л.* Результаты экспериментально-теоретических исследований по разработке стенда испытаний подогревателей воды: монография / *В.Л. Осокин.* – Княгинино; Изд-во НГИЭИ, 2011. – 142 с.

3. Федоткин И. М. Кавитация, кавитационная техника и технология, их использование в промышленности (теория, расчеты и конструкции кавитационных аппаратов). Ч.1. / И.М. Федоткин, И.С.Гулый - К.: Полиграфкнига, 1997. — 940 с.
4. Крайнов, Ю.Е. Эффективность кавитационно-акустического воздействия в технологических процессах сельскохозяйственного производства / Н.В. Оболенский, В.Л. Осокин, Ю.Е. Крайнов // «Механизация и Электрификация сельского хозяйства». – 2011. - №5 – С.23...25.
5. Пат. № 101835 Российская федерация, МПК⁹ G01N. Стенд для испытаний электрических конструкций подогревателей воды / Н.В. Оболенский, В.Л. Осокин. - № 2010130289; заявл. 19.07.2010; опубл. 27.01.2011. Бюл. № 3.
6. Пат. № 107360 Российская федерация, МПК⁹ G01N. Стенд для испытаний электрических подогревателей воды / Оболенский Н.В., Осокин В.Л., Крайнов Ю.Е., Борисов С.А., Красиков С.Б. - № 2011111913; заявл. 29.03.2011; опубл. 10.08.2011. Бюл. № 22.

РЕЗУЛЬТАТИ ВИПРОБУВАНЬ ГІДРОДИНАМІЧНОГО ДЕСТРУКТОРА

Оболенський М.В., Крайнов Ю.Е.

Анотація – в останні роки на стику наук: фізики акустичних і гідродинамічних хвильових процесів, нестационарної гідродинаміки, хімічної кінетики – утворено новий науковий напрям - технології кавітаційно-гідродинамічного впливу. Розроблені в рамках цього напрямку технології та обладнання можуть бути використані у сільському господарстві.

TEST RESULTS THE DESTRUCTOR HYDRODYNAMIC

N. Obolenskij, Y. Krainov

Summary

In recent years, a new scientific trend has been formed in the joint of sciences, such as physics of acoustic and hydrodynamic wave processes, non-stationary hydrodynamics, chemical kinetics – technology of cavitation and acoustic influence. Technologies and equipment developed in the context of this trend can be used in different industrial fields, especially in dairy industry.



УДК 636.085.55

**СХЕМНЫЕ РЕШЕНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ
КОМПЛЕКСАМИ ПРОИЗВОДСТВА
КОМБИКОРМОВ В АПК**

Диордиев В.Т., к.т.н.

Таврический государственный агротехнологический университет

Тел.: (061) 42-57-97

Аннотация – в статье рассмотрены схемные решения и исследование систем управления для различных режимов функционирования автоматизированных электротехнологических комплексов производства комбикормов в АПК.

Ключевые слова – электротехнологический комплекс, режим функционирования, энтропия, количество информации, коэффициент технической эффективности.

Постановка проблемы. Промышленные предприятия комбикормовой промышленности по степени автоматизации, в том числе и на уровне компьютерных технологий, занимают одно из ведущих мест не только в агропромышленной отрасли, а и среди промышленных предприятий Украины [1].

Но в условиях энергетического кризиса и роста цен, как на сами корма, так и на традиционные виды топлива, составляющая транспортных расходов в стоимости комбикорма резко выросла. Потому для небольших фермерских и частных хозяйств приобретение комбикормов и их транспортировка от специализированных предприятий к местам потребления требует больших расходов, в результате чего их стоимость получается чрезмерно высокой.

Потому производство полноценных комбикормов и кормосмесей непосредственно в хозяйствах из зерна собственного производства и, преимущественно, покупных добавок (БВД, премиксов), дает возможность значительно снизить себестоимость продукции, получать комбикорм необходимого состава, в требуемом количестве и в любое время.

Анализ публикаций. Для производства комбикормов в условиях хозяйств во многих странах мира, в том числе и в Украине, налажен выпуск малогабаритных комбикормовых установок [2, 3]. Однако большинство из них рассчитаны на работу в ручном режиме управления, а автоматизированы лишь некоторые, преимущественно второстепенные операции, что не позволяет оптимизировать работу таких систем и получать качественную продукцию

Формулирование цели статьи. Синтез и исследование систем управления электротехнологическими комплексами производства комбикормов в АПК.

Основная часть.

В соответствии с современным развитием компьютерных систем автоматизации [2], разработка систем управления реализована для следующих режимов функционирования объекта: советчика; супервизорного; непосредственного цифрового управления и многоуровневых систем.

Режим советчика применяется если нужен осторожный подход из-за неопределенности в математическом описании сложного объекта и окончательное решение должен принимать оператор.

Функционирование системы в режиме советчика осуществляется по схеме, представленной на рис. 1.

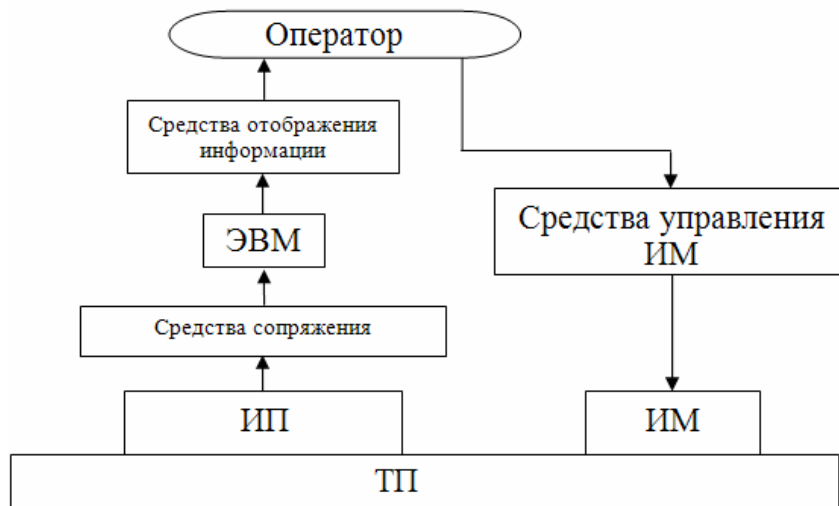


Рис. 1. Схема режима советчика.

В режиме советчика параметры ТП измеряются устройствами ИП, коммутируются и преобразуются в цифровую форму средствами сопряжения с последующим вводом в ЭВМ.

В системах-советчиках данные о технологическом режиме поступают через средства отображения информации в форме рекомендаций оператору, который учитывает их при принятии собственного

компетентного рішення. Процес обычно ініціюється программо-диспетчером, но при этом оператор в діалоговому режимі може ввести додаткову інформацію, которую нельзя получить путем измерений, а она формируется самым оператором и носит качественный характер.

Супервизорний режим (рис.2) представляє собою двухурвовенную ієрархічну систему. Нижній рівень управління, непосредственно связанный с ТП, реалізують локальні регулятори Р окремих технологічних параметрів. На верхньому рівні встановлена ЕВМ, основною функцією якою є визначення оптимального технологічного режиму і вирахування на його основі значень установок локальних регуляторів. Вхідною інформацією для розрахунку уставок є значення управляємих параметрів, которые измеряются устройствами ДУ, а также контролируемые параметры состояния процесса, измеряемые преобразователями ДК. Оператор с пульта имеет возможность вводить дополнительную информацию, в частности изменять ограничения на управляемые и управляющие величины, уточнять критерий управления в зависимости от внешних условий. Супервизорний режим дозволяє здійснювати автоматичне управління ТП. Роль оператора зводиться до спостереження за процесом і, в разі необхідності, до внесення коректив.

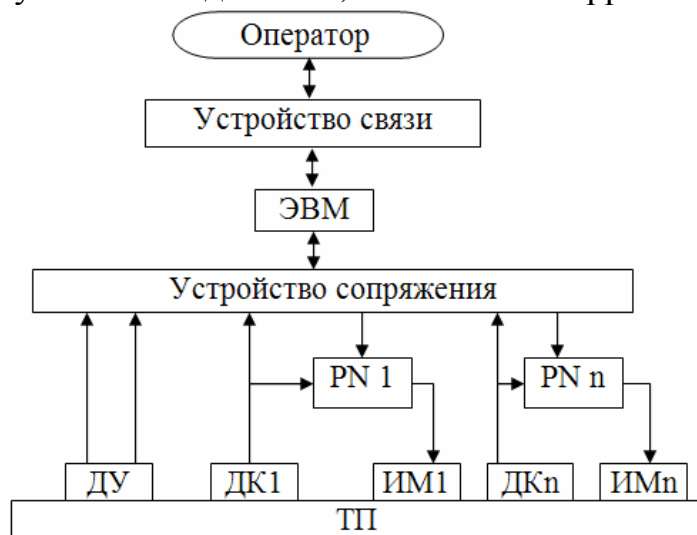


Рис. 2. Схема АСУТП в супервизорному режимі.

Режим непосредственного цифрового управления, в отличие от супервизорного, предполагает расчет с помощью ЭВМ управляющего воздействия и передачу сигнала через устройства связи непосредственно на исполнительные органы (рис. 3). Как и в супервизорном режиме, в этом случае функции оператора состоят в наблюдении за процессом и его корректирование в случае потребности. Для реализации

указанных выше режимов был разработан адаптер, предназначенный для усиления исходных сигналов порта и защиты его от токов перегрузки при работе с внешними дискретными первичными преобразователями.

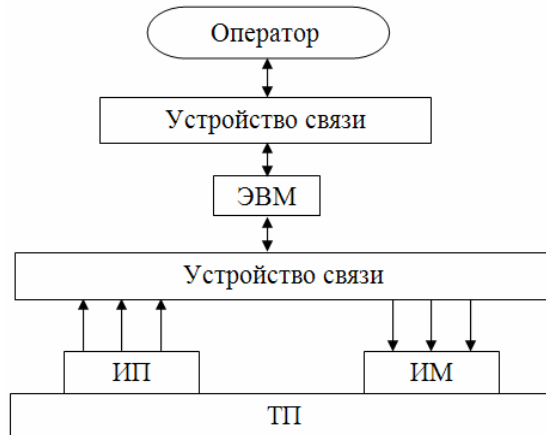


Рис. 3. Режим непосредственного цифрового управления.

Для реализации указанных выше режимов был разработан адаптер, предназначенный для усиления исходных сигналов порта и защиты его от токов перегрузки при работе с внешними дискретными первичными преобразователями. Восемьразрядный регистр синхронизирует свою работу с эвм с помощью strob сигнала параллельного порта. Структурная схема связи адаптера и компьютера приведена на рис. 4. Схема электрическая принципиальная управления показана на рис. 5.

Система автоматизации состоит из 7 дискретных входов и 14 выходов. Двухнаправленный восьмиразрядный шинный формирователь с повышенной нагрузочной способностью, осуществляющий связь между микропроцессором и системной шиной, выполнен на базе микросхем КР580ВА86. Его особенностью является то, что он может передавать и усиливать не только адресные сигналы, но и сигналы данных при отсутствии инверсии на выходах информационной шины. Данная микросхема состоит из восьми одинаковых функциональных блоков и схемы управления. Блок содержит усилитель-формирователь. При помощи схемы управления производится разрешение передачи (управление тремя состояниями выхода) и выбор направления передачи данных. В зависимости от состояния управляющих сигналов OE и T микросхемы могут работать в режиме передачи данных A->B, B; B, B ->A или в режиме выключено:

при OE = 0, T = 1 - направление передачи A->B, B;

при OE = 0, T = 0 - направление передачи B, B ->A;

при OE = 0, T = X - на выходе A, B, B - 3-е состояние, где X - произвольное состояние.

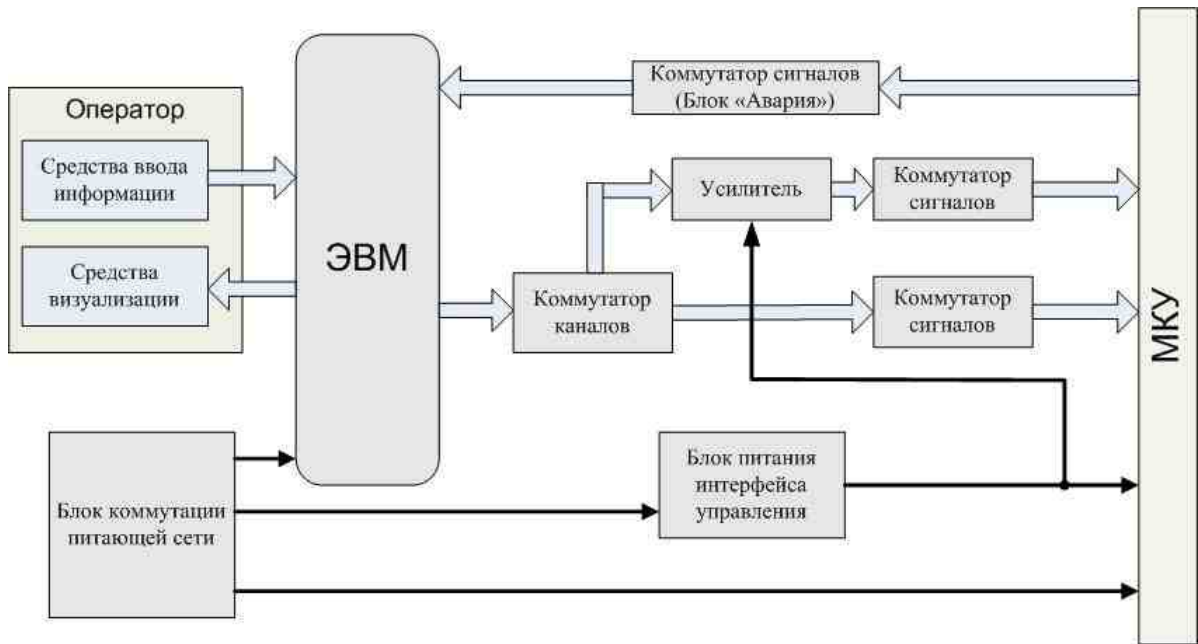


Рис. 4. Структурная схема связи адаптера и компьютера.

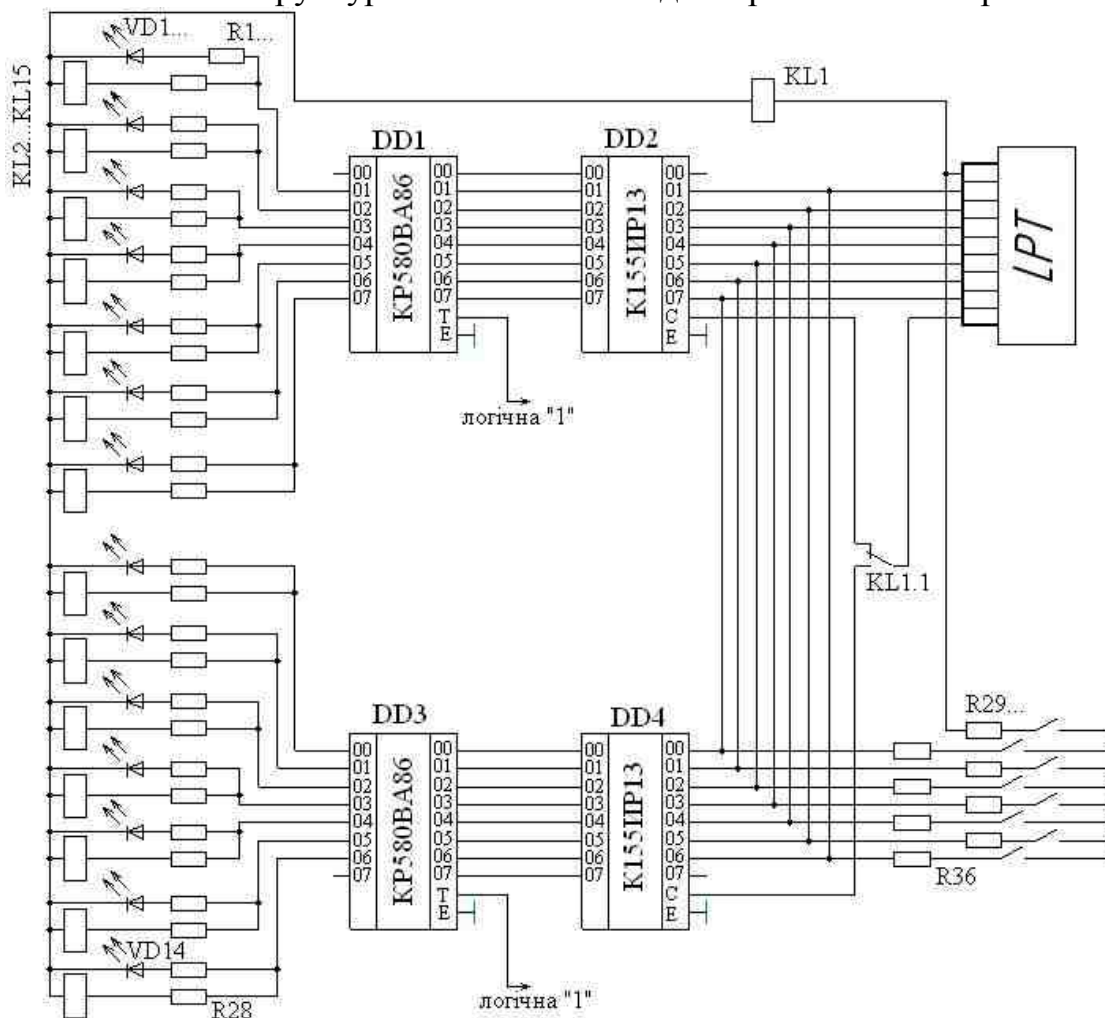


Рис. 5. Схема электрическая принципиальная блока управления.

Шинные формирователи КР580ВА86 представляют собой 8-разрядный параллельный приемопередатчик с тристабильными выходами и используются для реализации различных буферных схем в микропроцессорных системах на базе МП К580ИК80А и К1810ВМ86. На выходах микросхемы КР580ВА86 генерируются не инвертированные выходные данные, а на выходах микросхемы КР580ВА87 - инвертированные.

Коммутатор КЛ1.1 переключает питание регистров DD2 и DD4 (оперативной памяти команд управления) для передачи управления шинным формирователям DD1 и DD3. Индикация управляющих команд осуществляется светодиодным блоком VD1- VD15.

Многоуровневые системы. Если одноуровневая структура АСУТП не обеспечивает необходимого режима функционирования сложного объекта, то систему управления строят как многоуровневую (2-х или 3-хуровневыми) - в виде отдельных подсистем, между которыми установленные отношения соподчинения. Например, наиболее распространенный вариант 3-х уровневой системы имеет схему, которая показана на рис. 6. Функции управления здесь распределенные по уровням. Первый уровень состоит из систем, которые непосредственно управляют ТП. Второй уровень образует две подсистемы расчета и оперативного корректирования режимов технологических операций. Третий уровень обобщает всю информацию и решает задачу расчета и управления для процесса в целом. Учитывая специфику управления технологическими процессами производства комбикормов в условиях хозяйств, функционирование таких систем организуется преимущественно на двух уровнях, как это показано на рис. 7. На первом уровне управление процессом осуществляется с помощью микропроцессорной системы, программирование которой осуществляется с помощью программатора, а на втором уровне установлена ЭВМ, с которой связан оператор.

Схема электрическая принципиальная программатора представлена на рис. 8, а процессора – на рис. 9. Общий вид двухуровневой системы управления приведен на рис. 10. Программатор (рис.8) состоит из периферийного устройства сопряжения, соединяющего интерфейс р1 CENTRONIC с внутренней шиной программатора мультиплексорного типа для адресации шины, регистром сдвига и буфером шины данных. Ключи коммутации, выполненные на базе транзисторов VT1, VT2, VT7 –VT9, VT12, VT13 для режима программирования передают напряжение, установленное для каждого режима программирования. Блок логики для коммутации различных напряжений при программировании построен на базе транзисторов VT3, VT5, VT10,

VT11, VT14 и ряда логических элементов DDI. Преобразователь напряжений для различных режимов программирования имеет трансформатор гальванической развязки TR1 и блок схем эталонных напряжений, выполненных на транзисторах VT19 и VT20 и стабилитронах VD19 и VD20.

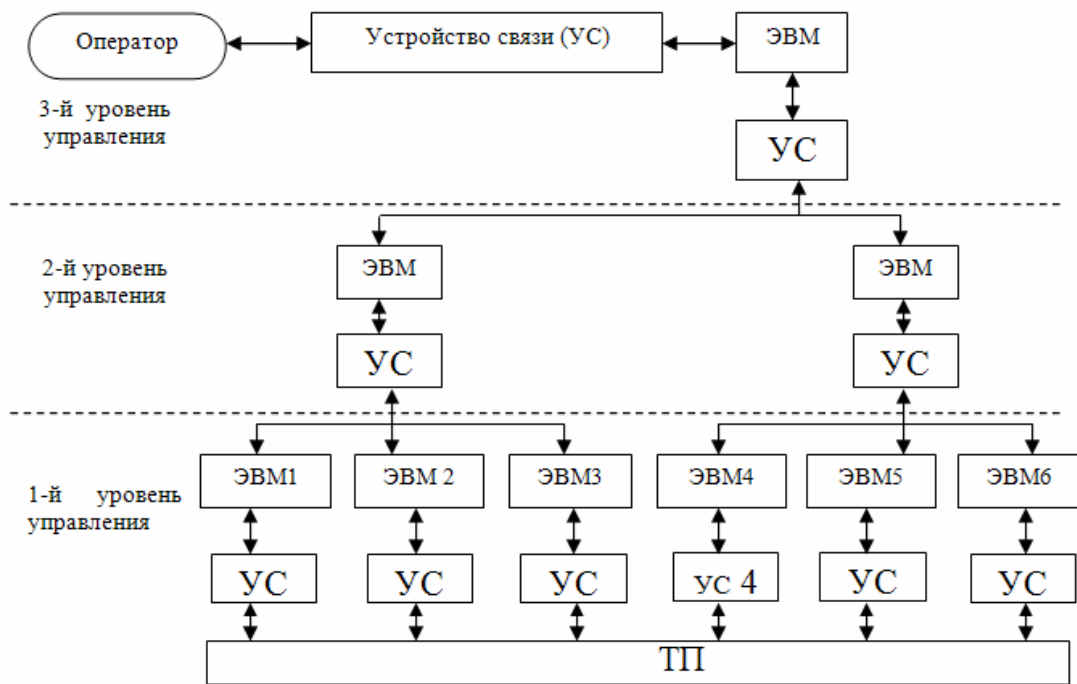


Рис. 6. Многоуровневая иерархическая система.

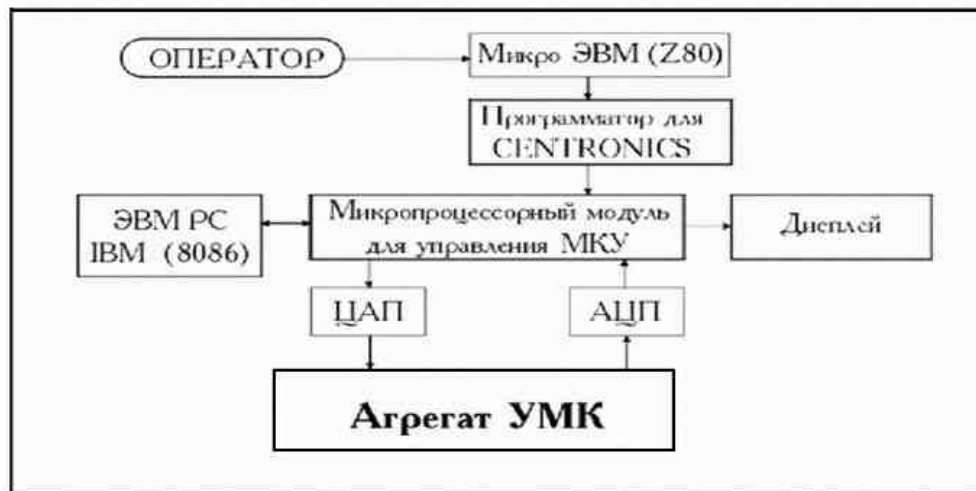


Рис. 7. Схема структурно-функциональная многоуровневой системы.

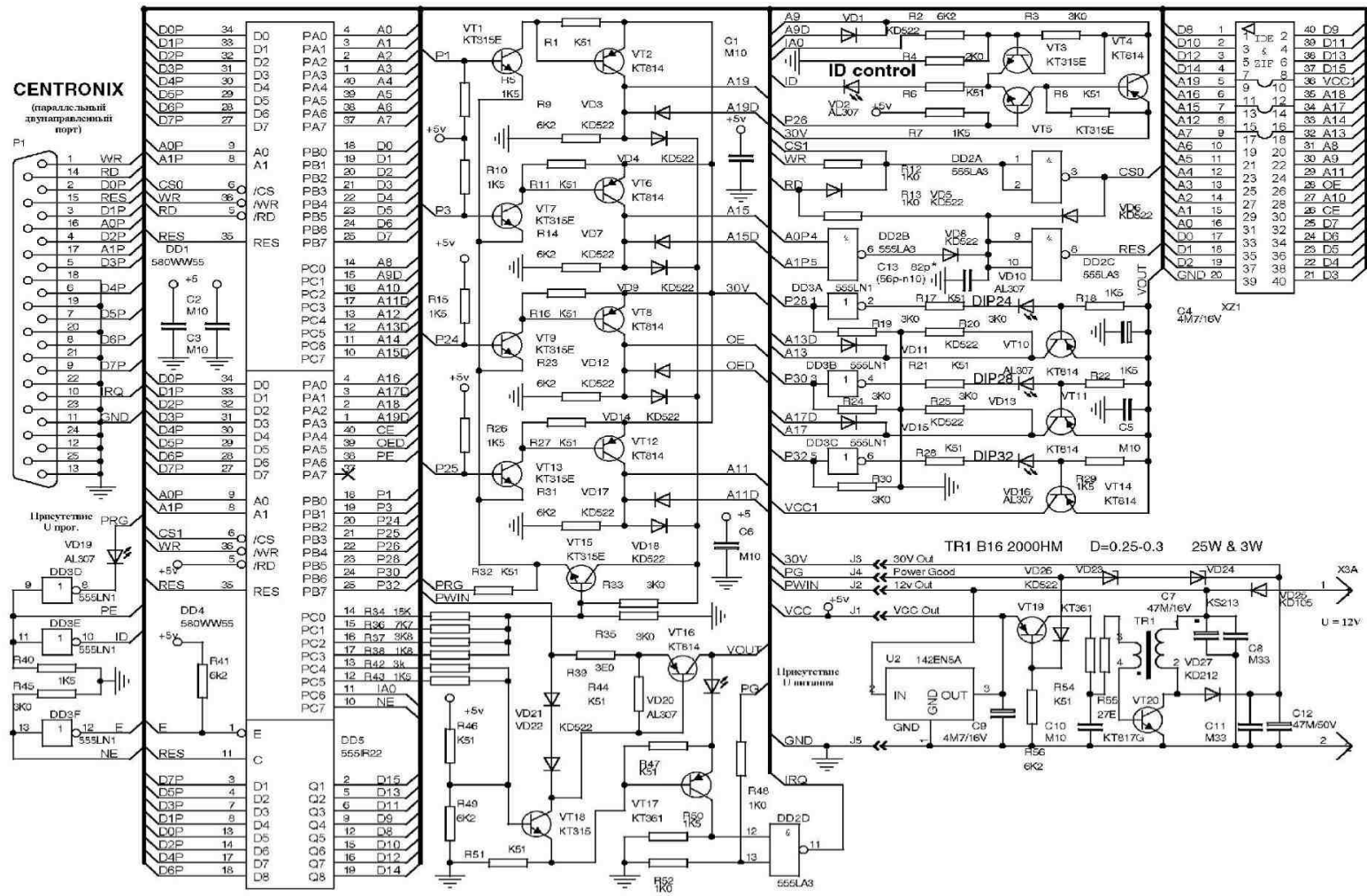


Рис. 8. Схема электрическая принципиальная программатора.

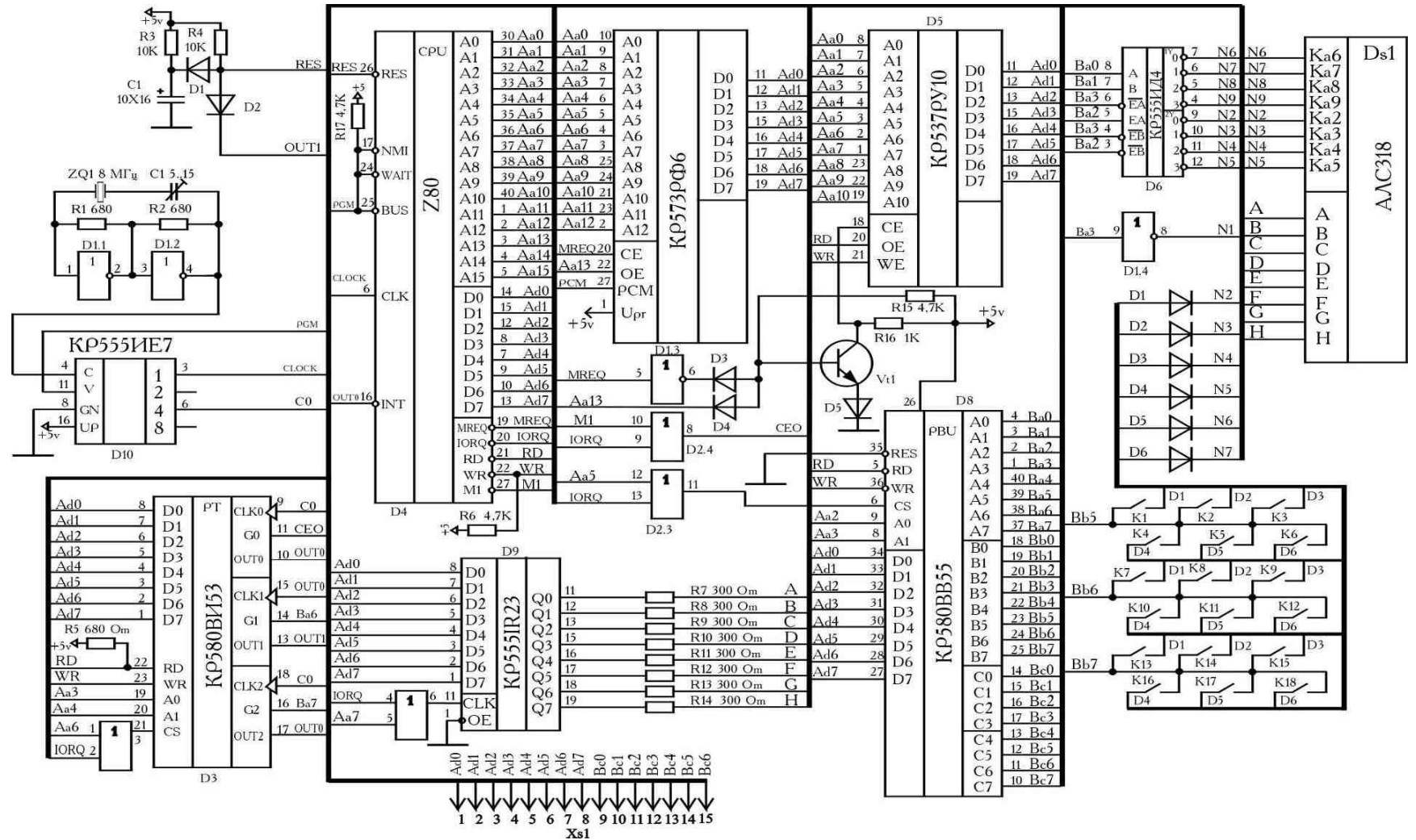


Рис. 9. Схема электрическая принципиальная микропроцессорного модуля.

Процессор (рис.9) включает генератор частот ZQ1 (задающий генератор) с изменяемой емкостью конденсатора С1 и мостовой схемой на базе резисторов R1, R2 и логических элементов D1.1, D1.2, через делитель частоты (микросхема КР555ИЕ7) соединен с процессором D4 (Z80), исполняющим программу, беря команды из ПЗУ с исполняемой программой на базе микросхемы КР573РФ6. Таймер D3 (микросхема КР5551R23), через буфер шины данных D9 (на основе микросхемы КР555R23), соединен с ОЗУ D5 (микросхема КР537РУ10), куда закладывается текущее рабочее состояние процессора, регистры и т.д. Элемент D4 параллельного порта (микросхема КР580ВВ55) обеспечивает связь внутренней шины устройства и периферии. Клавиатура, подключенная к шинам ВВ5- ВВ7. Дисплей отображения информации DS1 выполнен на базе элемента АЛС318.

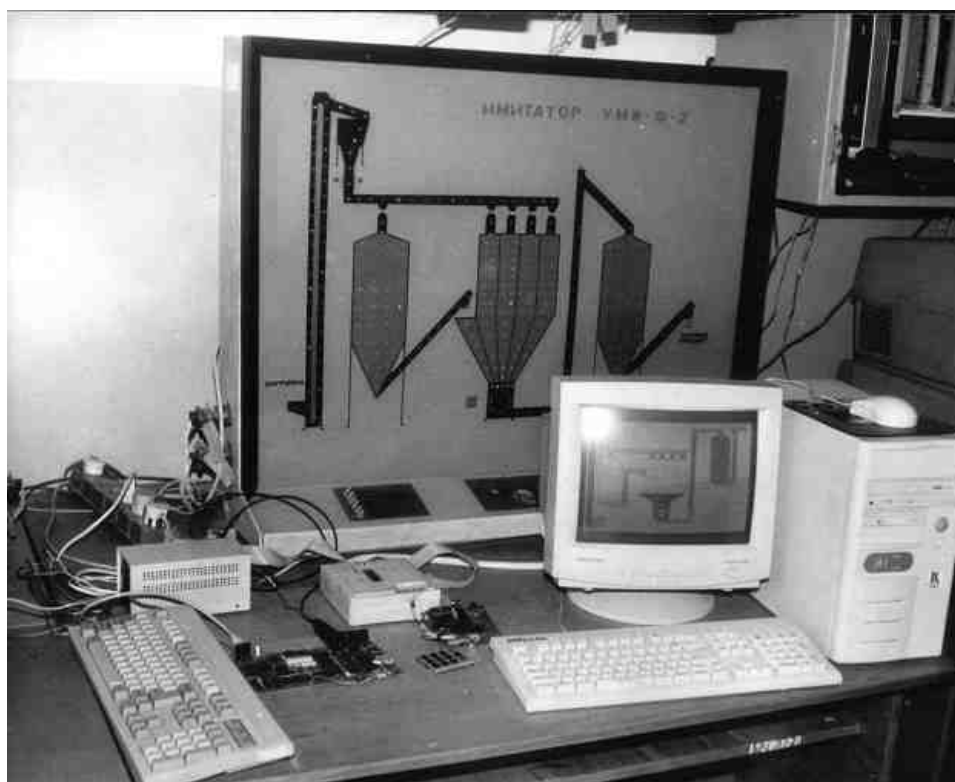


Рис. 10. Двухуровневая система управления электротехнологическим комплексом производства комбикормов в АПК.

Система управления (рис.10) состоит из двух уровней, на первом из которых установлены микропроцессорные устройства, осуществляющие непосредственную обработку данных и управление отдельными операциями электротехнологического комплекса. Второй уровень предполагает наличие головной ЭВИ, синтезирующей управ-

ляющие воздействия и передающей их на первый уровень в виде заданий, а также осуществляющей связь с оператором.

Экспериментальные исследования были направлены на сравнение качественных параметров комбикормов, полученных для трех режимов функционирования линии, а именно:

- нестабилизированного;
- стабилизированного;

Для указанных режимов были выполнены измерения однородности смешивания комбикорма, что показано в табл. 1.

Таблица 1 -

Значения однородности смешивания комбикорма

№ П/п	Режим работы объекта			
	Нестабилизированный		Стабилизированный	
	Выборка 1н	Выборка 2н	Выборка 1с	Выборка 2с
1	74	72	82	79
2	68	74	79	78
3	72	69	84	82
4	71	71	80	84
5	69	66	77	83
6	62	69	79	78
7	59	71	82	79
8	74	63	76	80
9	68	72	78	78
10	69	76	84	80
11	62	70	85	82
12	71	66	80	81
13	76	65	77	76
14	75	69	79	79
15	71	64	82	82
16	66	71	81	83
17	69	73	82	82
18	70	68	78	80
19	72	70	77	78
20	74	75	82	81

Для данных выборок с использованием приложения EXCEL определены средние значения, дисперсии и стандарты (табл. 2).

Таблица 2 -

Результаты обработки числовых выборок

Параметр	Выборка 1н	Выборка 2н	Выборка 1с	Выборка 2с
Среднее	69,6	69,7	80,2	80,25
Дисперсия	20,67	12,85	6,90	4,51
Стандарт	4,55	3,59	2,63	2,12
Число серий	9	11	11	8

Для исследования вариантов работы данного объекта целесообразно применить современный метод экспресс-анализа случайных процессов [4-6], что разрешает определять соответствующие параметры систем по сравнительно малым выборкам. Тем не менее, необходимым условием применения данной методики является независимость измерений для каждой выборки и стационарность процесса [6].

Гипотезу о независимости измерений для стабилизированного режима проверяем по критерию серий [6], для чего буквой "п" и "м" обозначаем соответственно $X_{ni} \geq \bar{X}_n$ и $X_{ni} < \bar{X}_n$. В результате обработки числовых рядов получены значения числа серий для каждой выборки (табл. 2).

Принимая уровень значимости $\alpha = 0.05$, определяем [6] табличное значение интервала принятия гипотезы $r_{1-\alpha/2}$, и $r_{\alpha/2}$:

Где $k=n/2$ (n -число значений, которые наблюдаются).

Подстановкой численных данных находим:

$$R_{10; 0.975} = 7;$$

$$R_{10; 0.25} = 21.$$

Так как значение $r_1=9, 11, 11, 8$ входит в интервал между 7 и 21, то вышеприведенные выборки следует считать независимыми.

Стационарность процесса определяется по критерию Вилкоксона [6]. Для этого формируем из каждых двух выборок, принадлежащих соответственно нестабилизированному и стабилизированному режимам общие числовые ряды. Затем ранжируем столбцы с данными, присваивая каждой строке соответствующий ранг. Следующим шагом является выделение и суммирование рангов X и Z , а также общих рангов объединенных столбцов, откуда видно, что для нашего варианта [5] сумма рангов для каждого объединенного ряда составила 820, а для значений X и Z соответственно 415,5 и 407. А поскольку по критерию Вилкоксона отношение суммы рангов каждой из выделенных последовательностей чисел к сумме рангов соответствующего объединенного ряда должно удовлетворять условию [6]

$$\frac{2}{3} \geq \frac{\sum r_x}{\sum r} \geq \frac{1}{3},$$

то вычислив эти отношения для рассмотренных выше выборок:

$$415,5/820=0,507 \quad \text{и} \quad 407/820=0,496,$$

делаем вывод о подтверждении гипотезы стационарности процесса.

Далее определяем коэффициент эффективности функционирования системы, для чего применяем энтропийный анализ [5]. А так как контролируемый параметр (степень однородности комбикорма) является случайной функцией времени, то его энтропия, которая в теории информации есть мерой неопределенности состояния системы, запишется в виде

$$H(x)_i = \ln(S_x \sqrt{2\pi e}),$$

где s_x - среднеквадратичное отклонение.

С учетом численных значений стандартов s_x получим:

$$H(x)_n = 2,93; \quad H(x)_c = 2,28.$$

А разность энтропий определяет количество информации [5]

$$I(x) = H(x)_n - H(x)_c,$$

где $H(x)_n$ и $H(x)_c$ энтропия соответствующих режимов.

В идеальном случае можно было бы принять $H(x)_c = 0$, что возможно лишь теоретически, а максимальное количество информации в этом случае равнялось бы энтропии для нестабилизированного режима

$$I(x) = H(x)_n.$$

Однако на практике, в частности для нашего случая, $H(x)_c \neq 0$, т.к. Здесь имеют место некомпенсированные возмущения, вызванные свойствами комбикорма как сыпучей среды, которая в совокупности характеризуется энтропией $H(x)_t$, которая составила

$$H(x)_t = 1,2.$$

Тогда максимальное количество информации определится как

$$I(x)_{\max} = H(x)_n - H(x)_t.$$

В свою очередь

$$\eta = \frac{H(x)_n - H(x)_c}{H(x)_n - H(x)_t}.$$

Подставив в предыдущую формулу численные значения соответствующих параметров, получим

$$\eta = \frac{2.93 - 2.28}{2.72 - 1.2} = 0,38.$$

Полученный результат согласуется с допустимыми значениями для данного класса систем [6].

По вышеприведенной методике были также исследованы показатели эффективности системы стабилизации по параметрам, приведенным в табл. 3, причем для тока нагрузки двигателя дробилки и потребления электроэнергии рассчитан коэффициент эффективности функционирования, а изменения потерь исходных компонентов и выхода готовой продукции определены в процентах.

Таблица 3 -

Показатели эффективности системы стабилизации

Параметр	Изменение	Эффективности функционирования
Ток нагрузки двигателя дробилки	Снижение	0,51
Потребление электроэнергии	Снижение	0,42
Потери исходных компонентов, %	Снижение	10
Выход продукции, %	Повышение	8

Вывод. Таким образом, можно заключить, что представленные в статье схемные решения систем управления позволяют обеспечить работу электротехнологических комплексов по производству комбикормов в АПК для всего спектра режимов функционирования в зависимости от распределения функций между оператором и ЭВМ, а также обосновать техническую эффективность принятых решений.

Литература.

1. Автоматизированное управление на комбикормовых предприятиях [Тимашин М.Л., Лугинин А.И., Маноха И.Е., Чоботов В.П.] – м.: колос, 1984. – 239 с
2. Діордієв В.Т. Автоматизація процесів виробництва комбікормів в умовах реформованих господарств АПК: навчальний посібник/ В.Т. Діордієв. – Сімферополь: Доля, 2004. – 138 с.
3. Погорілий Л. Малогабаритні комбікормові агрегати за рубежом / Л. Погорілий, В. Ясенецький // техніка АПК, - 1997.- №4. - С. 6-7.

4. *Діордієв В.Т.* ідентифікація режиму роботи елементів технологічних комплексів виробництва комбікормів [електронний ресурс] / *В.Т. Діордієв, А.О. Кашкарьов* // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь, 2011. – Вип. 1, Т. 1. - Режим доступу: http://www.nbu.gov.ua/e-journals/nvtdau/2011_1/
5. *Диордиев В.Т.* теоретические основы оптимизации энергоэкономических процессов производства комбикормов/ *В.Т. Диордиев* // *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету.* - Мелітополь, 2008. - Вип. 8, Т. 6.- С. 209 – 213.
6. *Жовинский А.Н.* инженерный экспресс-анализ случайных процессов/ *А.Н. Жовинский, В.Н. Жовинский* – М.: Энергия, 1978. – 112 с.

СХЕМНІ РІШЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНИМИ КОМПЛЕКСАМИ ВИРОБНИЦТВА КОМБІКОРМІВ В АПК

Діордієв В.Т.

Анотація – в статті розглянуті схемні рішення та дослідження систем управління для різних режимів функціонування автоматизованих електротехнологічних комплексів виробництва комбікормів в АПК.

THE SCHEMATIC DESIGN AND INVESTIGATIONS FOR CONTROL SYSTEM OF AGRICULTURAL PURPOSE FEED-MIX PRODUCTION AUTOMATED ELECTROTECHNOLOGICAL COMPLEX

V. Diordiev

Summary

The schematic design and investigations for control system of agricultural purpose feed-mix production automated electro-technological complex in various functional regimes are under consideration in the article.



УДК 621.316

ПЕРЕТВОРЕННЯ КОНТУРІВ І ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ СТРУКТУРНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ СИСТЕМ ДРОСЕЛІВ ТА РЕАКТОРІВ

Ставинський Р.А., к.т.н.

Миколаївський державний аграрний університет,

Тел.: (066)128-55-18.

Анотація - показано можливості удосконалення електромагнітних систем індукційних апаратів на основі шестигранних утворювальних контурів перерізів стрижнів магнітопроводів і витків котушок обмоток і подано метод їх структурної оптимізації.

Ключові слова - магнітопровід, обмотка, шестигранні контури, удосконалення.

Постановка проблеми. Значну роль в рішенні задач обмеження нелінійних спотворень і імпульсів струму, стабілізації напруги, а також регулювання потоків реактивної потужності відводиться дроселям і реакторам. Вказані індукційні апарати (ІА) наряду з обертовими і статичними індукційними перетворювачами є масовою продукцією електротехнічної промисловості. У відповідності з сучасними вимогами енергоресурсозбереження задачі подальшого зниження питомої і технологічної матеріалоемності, а також трудоемності виробництва електромеханічних пристроїв, зокрема ІА, є досить важливими і актуальними.

Аналіз попередніх досліджень. Варіанти електромагнітних систем (ЕМС) і виконань ІА з замкненим магнітопроводом повністю відповідають трансформаторам [1, 2]. Розроблені наприкінці ХІХ сторіччя принципи конструктивно-структурні рішення вказаних статичних ЕМС, які стали "традиційними" ("класичними"), залишаються незмінними на протязі більш ніж 100 років, у ХХ сторіччі розвивались на основі досягнень електроматеріалознавства і оптимізаційного проектування та практично досягли межі розвитку [3]. Деяке зниження втрат індукційних електромеханічних пристроїв очікується після розв'язання проблемних питань виробництва і вартості відносно нової аморфної електротехнічної сталі (ЕТС) [2].

Формулювання цілей статті. Метою роботи є аналіз можливості і передумов удосконалення ІА на основі структурних перетворень елементів ЕМС.

Основна частина. Особливістю, яка відрізняє більшість ІА від трансформаторів та обумовлена необхідністю відносної стабільності індуктивності при змінненні струму у широких межах, є наявність у магнітному колі конструктивних стикових зазорів [1, 2]. Немагнітні конструктивні зазори величиною δ_k виконуються між стрижнями і ярмами (рис. 1, а), а також у стрижнях і заповнюються ізоляційними прокладками, зокрема у реакторах встановлюються фарфорові шайби [2]. Виходячи із визначеної особливості, в ЕМС ІА використовуються стикові конструкції витих (стрічково-рулонних) і пластинчато-шихтованих магнітопроводів [2, 3]. Також, в однофазних і трифазних ІА використовуються планарні і просторові ЕМС [2] з варіантами структур, які характеризуються класифікаційними признаками утворюючих поверхонь (УП) стрижнів і обмоткових вікон [4]. "Традиційні" утворюючі контури (УК) елементів ЕМС (рис. 1) складаються плоскими паралельними і циліндричними УП.

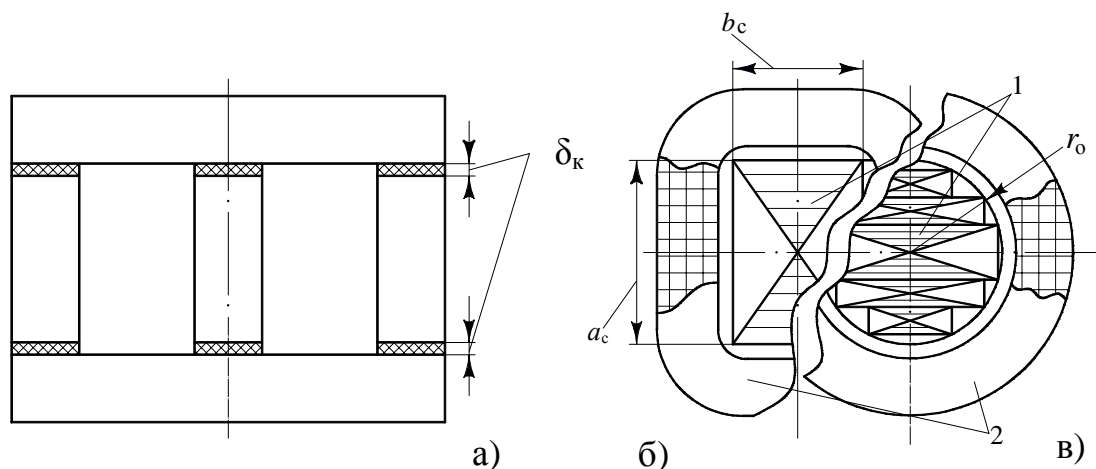


Рис. 1. Структура елементарного шару (а) і традиційні конфігурації перерізів стрижнів 1, а також котушок 2 електромагнітних систем с прямокутними (б) і круговими (в) утворюючими контурами.

Найбільш поширеними при виробництві ІА і трансформаторів в Україні є варіанти планарної ЕМС з традиційними УП. Згідно до [5 – 7] за кордоном і в СРСП (Вірменія, Білорусія) у другій половині минулого століття освоєно виробництво однофазних і трифазних просторових ЕМС (рис. 2). Однак за структурою елементів магнітопроводів і обмоток ЕМС [5, 6] конструктивні схеми (рис. 2) відповідають планарним ЕМС (рис. 1). На основі ЕМС (рис. 2, а) зі стиковим магнітопро-

водом створені кращі (на той час) за питомими показниками матеріалоемності і втрат однофазні трансформатори потужністю 100 МВ·А і 133 МВ·А [5]. Використання комбінованих стрічково(рулонно)-листових і витих магнітопроводів дозволяє знизити матеріалоемність і втрати в сталі трифазних трансформаторів на основі просторових ЕМС (рис. 2, б і в) [6]. Виходячи із вказаної можливості підвищення технічного рівня трансформаторів, уявляється доцільним розширення використання при виробництві ІА просторових ЕМС зі стиковими шихтованими, комбінованими і витими розрізними магнітопроводами.

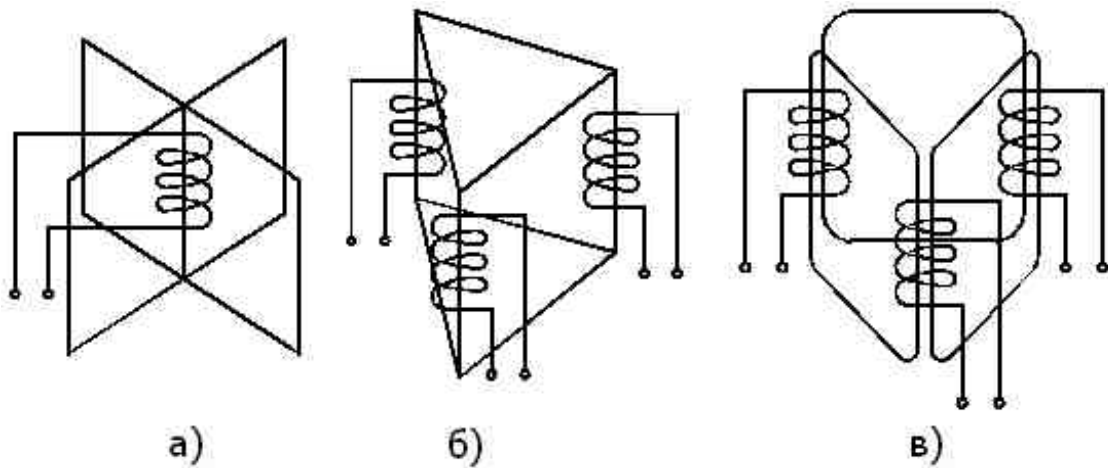


Рис. 2. Конструктивно-структурні схеми симетричних просторових однофазної (а) і трифазної (б і в) статичних електромагнітних систем.

Традиційні структури ЕМС (рис. 1) характеризуються відомими конструктивно-технологічними особливостями. Плоскі паралельні і взаємно-перпендикулярні УП планарних ЕМС забезпечують низьку трудоємність виробництва шихтованих і витих магнітопроводів на основі ідентичності ширини b_c шарів ЕТС, утворюючи прямокутну форму, що визначається розмірами a_c і b_c і підвищену середню довжину витка котушок (рис. 1, б). Знижується надійність виткової ізоляції обмоток у відігнутих на 90° провідниках кутових зон котушок [6]. Циліндричні УП зменшують середню довжину витка до мінімальної кругової, але значно ускладнюють і здорожують технологію виробництва магнітопроводів необхідністю секціонування перерізів стрижнів зі змінням ширини секцій для вписування їх у кругові УК радіуса r_0 (рис. 1, в). Відносно висока дислокація секцій (пакетів) ЕТС в окружності з коефіцієнтом заповнення кругового УК $K_{к0} = 0,927 \dots 0,93$ досягається встановленням 22 – 36 секцій ЕТС різної ширини [6]. При цьому теоретично і експериментально встановлено, що кільцевий ви-

гин провідників при намотуванні кругових витків котушок призведе до зниження електродинамічної стійкості (ЕДС) обмоток [8].

На основі викладеного, традиційні конструкції і структури елементів планарних і просторових ЕМС ІА і трансформаторів не позбавлені серйозних недоліків. Необхідні пошук і розробка нових способів і конструкторсько-технологічних рішень удосконалення індукційних статичних пристроїв [3].

Підвищення технічного рівня одно- і багатофазних ІА можливо способом структурного перетворення ЕМС на основі заміни відомих традиційних УК (рис. 1, б і в) на "нетрадиційні", наприклад шестигранні УК [4, 7].

Технічні рішення (рис. 3 – рис. 5) ЕМС з шестиграними УК дозволяють зменшити середню довжину витка і підвищити надійність (відносно конструкції рис. 1, б), а також знизити трудоемність виробництва магнітопровода і підвищити компактність і ЕДС (відносно конструкції рис. 1, в) однофазних і трифазних індукційних статичних пристроїв. Надійність обмоток з $n \geq 6$ -гранними УК підвищується збільшенням кута вигину провідників $\alpha_{\text{виг}}$ с 90° до $\alpha_{\text{виг}} \geq 120^\circ$, що знижує деформацію ізоляції кутових зон витків.

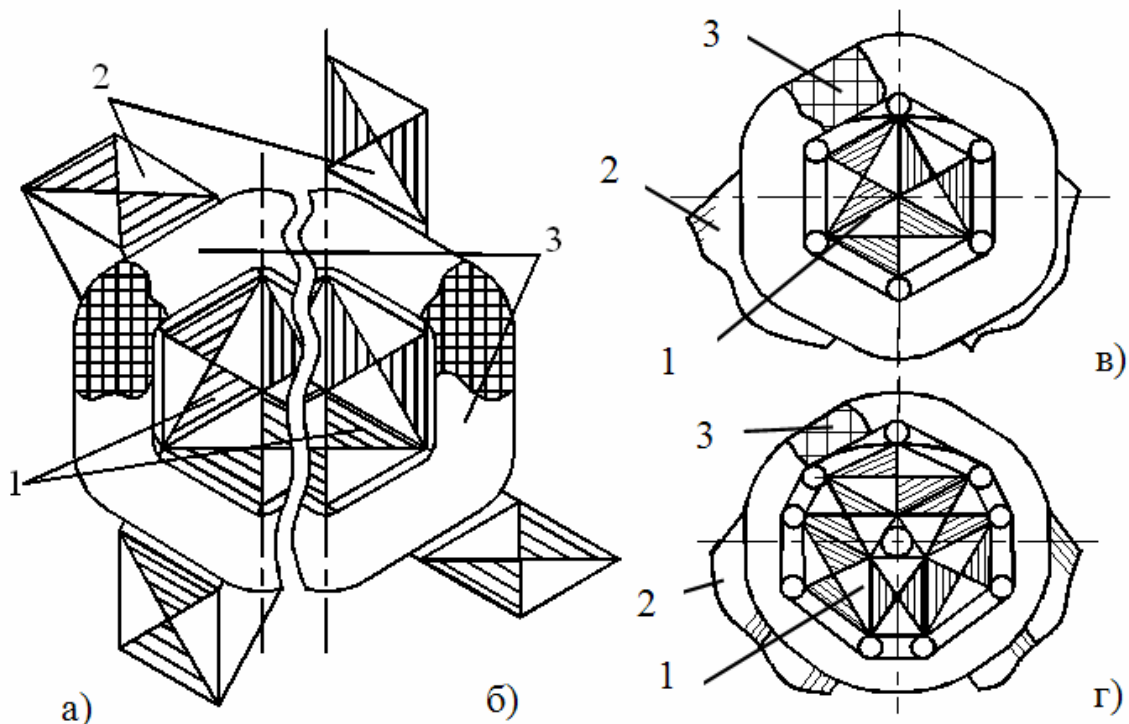


Рис. 3. Конфігурація елементів варіантів однофазних (а, б) і трифазних (б – г) електромагнітних систем (в поперечному перерізі) з багатограними утворюючими контурами котушок обмоток і перерізів стрижнів: 1 – стрижень; 2 – ярмо; 3 – котушка обмотки.

Компактність підвищується забезпеченням максимально високого заповнення шестигранного утворюючого контуру ідентичними прямокутними пластинами (навитими шарами постійної ширини, рис. 3, а) ЕТС. ЕДС підвищується за умовою підсилення ізоляції і встановлення механічних кріплень витків і обмоток в цілому в кутових зонах котушок [7], усуненням остаткових деформацій у контурах витків кругових вигинів провідників [8]. Для максимального підвищення електричної міцності і ЕДС обмотки та вертикальні опорно-ізоляційні прокладки повинні виконуватись з формою поперечного перерізу, яка відповідає внутрішньому $r_{в}$ і зовнішньому $r_{н}$ радіусам скруглень витків (рис.5).

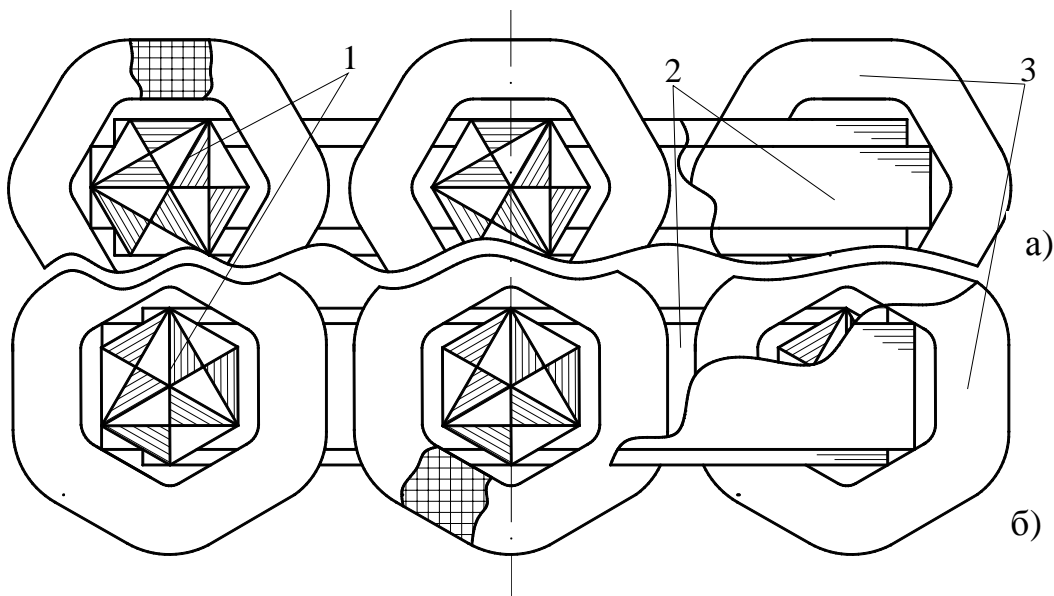


Рис. 4. Варіанти конструктивної схеми трифазної планарної стикової електромагнітної системи з двохплощинними (а) і триплощинними (б) утворюючими поверхнями і шестиграними контурами стрижнів і котушок: 1 – стрижень; 2 – ярмо; 3 – котушка обмотки.

Для підтвердження можливості удосконалення ЕМС на основі технічних рішень (рис. 3, рис. 4) у даній роботі уявляється доцільним визначення коефіцієнту заповнення шарами ЕТС шестигранного УТ $k_{кш}$ стрижнів.

Коефіцієнт $k_{кш}$ визначається на основі схеми поперечного перерізу фазного елемента просторової ЕМС (рис. 5). У вказаній ЕМС число елементарних шарів $n_{эс}$ ЕТС в перерізі стрижня обмежено шістьма гранями b_r

$$n_{эс} = 3ad / (k_{эс} \delta_{эс}) = 1,5\sqrt{3}b_{\Gamma} / (k_{эс} \delta_{эс}), \quad (1)$$

де ad , $k_{эс}$ і $\delta_{эс}$ – відповідно висота утворюючого ромба $aboc$ перерізу стрижня, коефіцієнт заповнення сталлю [5] и товщина елементарного шару ЕТС магнітопровода

$$ad = a \sin(\pi/3) = \sqrt{3}b_{\Gamma} / 2. \quad (2)$$

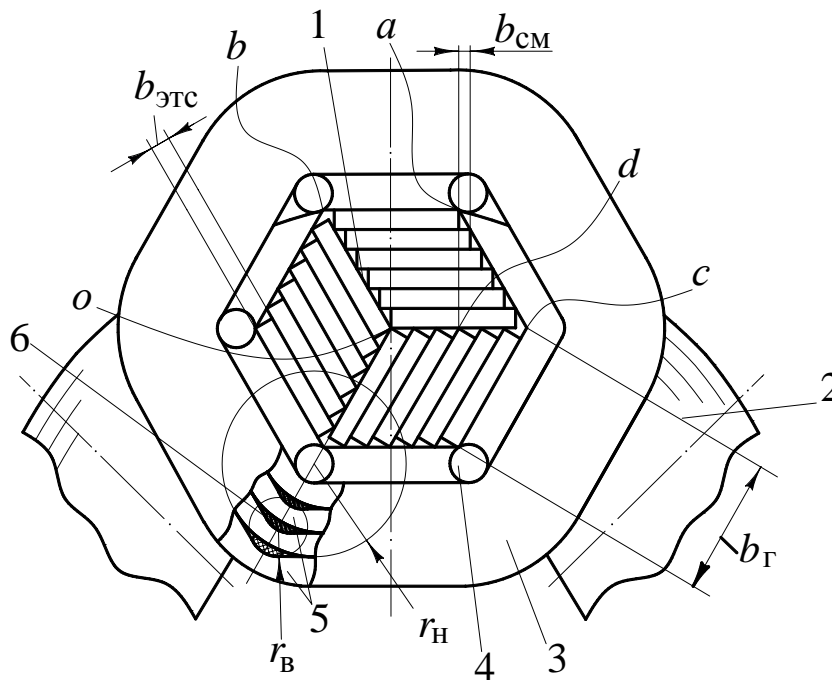


Рис. 5. Особливості структури і конструкції трифазної просторової електромагнітної системи з двохплощинними твірними поверхнями і шестигранними контурами стрижнів і котушок: 1 – стрижень; 2 – ярмо; 3 – котушка обмотки; 4 – опорний ізоляційний елемент; 5 – витковий елемент котушки; 6 – вертикальна ізоляційна прокладка.

Величина зсуву елементарного шару ЕТС у межах ромба $aboc$ визначається співвідношенням

$$b_{см} = k_{эс} \delta_{эс} \operatorname{tg}(\pi/6) = k_{эс} \delta_{эс} / (\sqrt{3}). \quad (3)$$

Частина площі шестигранника, яка незаповнена шарами ЕТС, визначається, з використанням (1) і (3), співвідношенням

$$\Delta S_{ш} = n_{эс} \delta_{эс} b_{см} = 1,5b_{\Gamma} \delta_{эс}. \quad (4)$$

Площа рівностороннього утворюючого шестигранника стрижня визначається, використовуючи (2), співвідношенням

$$S_{ш} = 6oc \cdot ad / 2 = 3b_{\Gamma} ad = 1,5\sqrt{3}b_{\Gamma}^2. \quad (5)$$

Складова площі контуру перерізу стрижня $S_{\text{сш}}$ в шестигранному УК (рис. 5) і коефіцієнт заповнення вказаного контуру перерізом стрижня $k_{\text{кш}}$ визначаються, на основі (4) і (5), виразами:

$$\begin{aligned} S_{\text{сш}} &= S_{\text{ш}} - \Delta S_{\text{ш}} = 1,5\sqrt{3}b_{\text{г}}^2 - 1,5b_{\text{г}}\delta_{\text{этс}} = 1,5b_{\text{г}}(\sqrt{3}b_{\text{г}} - \delta_{\text{этс}}), \\ k_{\text{кш}} &= S_{\text{мш}}/S_{\text{ш}} = (1 - \delta_{\text{этс}})/(\sqrt{3}b_{\text{г}}). \end{aligned} \quad (6)$$

З (6) слідує, що при $\delta_{\text{этс}}=0,35$ мм і $b_{\text{г}}=(0,1\dots 1)$ м, коефіцієнт $k_{\text{кш}}=0,998\dots 0,9998\approx 1$.

В цілому, нетрадиційні конструктивно – структурні рішення ІА можуть відрізнятися варіантами УК стрижнів та котушок обмоток і їх розміщенням відносно координатних осей планарних і просторових аксіальних та радіальних ЕМС. Оцінка результативності структурних перетворень та вибір найкращого варіанта виконання конкретного ІА можливі на основі розв'язання задач структурної оптимізації ЕМС.

Структурна оптимізація ЕМС ІА може бути виконана, аналогічно трансформаторам, методом відносних коефіцієнтів показників технічного рівня [9]. Даний метод полягає в представленні оптимізаційної цільової функції $F_{\text{цфї}}$ у вигляді добутку співмножників

$$F_{\text{цфї}} = \left(\sqrt[4]{\Pi_{\text{идр}}}\right)^3 \cdot K_i \Pi_i, \quad (7)$$

де $\Pi_{\text{идр}}$ – показник вихідних даних і електромагнітних навантажень, які залежать від реактивної потужності, частоти мережі, середнього значення амплітуди індукції в стрижні та густини фазового струму обмотки ІА; K_i – коефіцієнт, який визначається питомими показниками використаних електротехнічних матеріалів; Π_i – співмножник, який є функцією одного із трьох ($i=3$) відносних показників технічного рівня у вигляді відносних коефіцієнтів маси $\Pi_{\text{м}}$, вартості $\Pi_{\text{с}}$ та втрат енергії $\Pi_{\text{п}}$ в ЕМС.

Кожен Π_i , що входить у (7) є функцією коефіцієнта заповнення обмоткового вікна провідниковим матеріалом обмотки (класу напруги) і універсальних основних відносних геометричних керованих змінних відношення λ_0 висоти та ширини обмоткового вікна та відношення $a_{\text{м}}$ діаметрів розрахункових кіл магнітопровода. В деяких ЕМС може використовуватись додаткова третя геометрична змінна центрального кута стрижня $\alpha_{\text{с}}$

$$\Pi_i = f(K_{\text{зо}}, \lambda_0, a_{\text{м}}, \alpha_{\text{с}}).$$

Структурна оптимізація варіантів ЕМС ІА полягає в порівняльному аналізі сукупності екстремальних значень $\Pi_{\text{іmin}}$ при дотриманні принципу електромагнітної еквівалентності. Перший множник (1), що

містить $P_{\text{идр}}$ в структурній оптимізації не використовується та приймається однаковим для порівнюваних ЕМС. Показник $P_{\text{идр}}$ може бути використаний в поетапній параметричній оптимізації ІА конкретного призначення при заданих проектних обмеженнях [9].

Висновки.

1. Заміна прямокутних та кругових УК стрижнів та котушок обмоток на шестигранні УК створює можливість підвищення надійності та компактності, а також зниження матеріалоемності та працевитрат виробництва дроселів та реакторів.

2. Для проектної оцінки ефективності структурних перетворень активної частини необхідна розробка математичних моделей структурної оптимізації та порівняльного аналізу варіантів ЕМС ІА.

Література

1. Расчет трансформаторов и дросселей малой мощности /И. И. Белопольский, Е. И. Каретникова, Л. С. Пикалова. – М.: Энергия, 1973. – 399 с.
2. Силовые трансформаторы. Справочная книга / под ред. С.Д. Лизунова, А. К. Лоханина. – М.: Энергоатомиздат, 2004. – 616 с.
3. Ставинский А. А. Проблема и направления дальнейшей эволюции устройств электромеханики / А. А. Ставинский // Електротехніка і електромеханіка. – 2004. - №1. – с. 57 – 61.
4. Ставинский А.А. Классификация структур и элементов электромагнитных систем электромеханических и индукционных статических преобразователей / А.А. Ставинский, Р.А. Ставинский // Електротехніка і електромеханіка. – 2008. - №2. – с. 53 – 58.
5. Костенко М. П. Электрические машины: [В 2 – х ч. Ч.1. – Машины постоянного тока. Трансформаторы. Учебник для ВУЗов] / М.П. Костенко, Л.М. Пиотровский. – Л. : Энергия, 1972 – 544 с.
6. Тихомиров П. М. Расчет трансформаторов: [Учебное пособие для ВУЗов] / П.М. Тихомиров. – М. : Энергоатомиздат, 1986. – 528 с.
7. Ставинский А. А. Генезис структур и предпосылки усовершенствования трансформаторов и реакторов преобразованием контуров электромагнитных систем (электродинамическая устойчивость и системы со стыковыми магнитопроводами) / А. А. Ставинский // Електротехніка і електромеханіка. – 2011. - №5. – с. 43 – 47.
8. Лазарев В. І. Електродинамічна стійкість силових трансформаторів (теорет. основи; методи розрахунку, засоби забезпечення): автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук : спец. 05.09.01. "Електричні машини і апарати" / В. І. Лазарев. – К.: 2006. – 37 с.

9. Ставинский Р. А. Нетрадиционные технические решения, постановка задачи и метод структурной оптимизации индукционных статических устройств / Р. А. Ставинский // Вісник Кременчуцького державного університету імені М. Остроградського. – Кременчук: КДУ, 2010. вип. 4/2010 (63) 4.2. – с. 91 – 94.

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ КОНТУРОВ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ СТРУКТУРНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ СИСТЕМ ДРОССЕЛЕЙ И РЕАКТОРОВ

Ставинський Р.А.

Аннотация – показаны возможности усовершенствования электромагнитных систем индукционных аппаратов на основе шестигранного образования контуров сечений стержней магнитопроводов и витков катушек обмоток, а также представлен метод их структурной оптимизации.

TRANSFORMATION OF CIRCUIT AND TO SET TARGETS OF STRUCTURAL OPTIMIZATION ELECTROMAGNETIC OF SYSTEMS CHOKES AND REACTORS

R. Stavinski

Summary

Possibilities of improvement of the electromagnetic systems of induction vehicles are shown on the basis of hexahedral formative contours of bars of cores and spools of puttees and the method of their structural optimization is presented.



УДК 621.313.333

ДОСЛІДЖЕННЯ ДОПУСТИМОГО ДОДАТКОВОГО ЗНОСУ ІЗОЛЯЦІЇ ОБМОТКИ АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОДВИГУНА

Гончарова Н.В., аспірант*

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел.: (0619) 42-32-63

Анотація – в статті наведена методика дослідження допустимого додаткового теплового зносу ізоляції обмотки електродвигуна з урахуванням кількості аварійних режимів, що очікується протягом року.

Ключові слова – надійність асинхронного електродвигуна, аварійні режими, ймовірність аварійного режиму електродвигуна, тепловий знос ізоляції.

Постановка проблеми. Щороку в агропромисловому комплексі пошкоджується до 20-25% від загального числа встановлених асинхронних електродвигунів. Це приводить до порушення безперервності технологічних процесів із подальшим браком продукції, витратам на відновлення та ремонт асинхронних двигунів, а також на відновлення нормальних технологічних процесів виробництва. Причини існування проблеми полягають в тому, що асинхронні електродвигуни в сільськогосподарському виробництві експлуатуються в умовах роботи, які відрізняються від нормальних:

- перевантаження на валу зі сторони робочої машини;
- відхилення напруги на зажимах електродвигуна;
- неповнофазний режим;
- погіршення умов охолодження;
- підвищення температури навколишнього середовища;
- відсутність ефективного способу захисту асинхронного електродвигуна від роботи в аварійних режимах.

До того ж, обслуговування електродвигунів знаходиться на дуже низькому рівні. Тому стан надійності електроприводу в умовах сільськогосподарського виробництва поки що є проблематичним.

Аналіз останніх досліджень. Однією з причин виходу з ладу асинхронних електродвигунів є швидкий знос ізоляції, особливо в

© Н.В. Гончарова, аспірант

* Науковий керівник – д.т.н., проф. Овчаров В.В.

аварійних режимах. В [2] розглянуті питання визначення величини допустимого додаткового зносу ізоляції обмотки асинхронного електродвигуна, який приходить на одне теплове перевантаження (аварійний режим). Але в [2] не наведено дослідження ймовірності виникнення аварійних режимів електродвигунів протягом року.

Формулювання цілей статті. Ціллю статті є дослідження допустимого додаткового зносу ізоляції обмотки електродвигуна з урахуванням кількості аварійних режимів, що очікується протягом року. *Основна частина.*

Аварійні режими асинхронних електродвигунів можуть виникати з механічних та електричних причин. До механічних причин належать: заклинювання або перевантаження робочої машини, зачіплювання ротора за статор, перекид підшипникових щитів, пошкодження підшипників та вібрація.

До основних електричних причин належать: обрив однієї фази мережі живлення, перегорання плавкої вставки запобіжника, обрив фази в обмотці статора двигуна, неправильне з'єднання початків і кінців обмотки статора, зниження напруги мережі живлення та ін.

На рисунку 1 наведена крива розподілу частоти аварійних режимів асинхронних двигунів, яка має три характерні ділянки. [1].

Перша ділянка ($0 < t < t_1$) – період приробітку, який починається з виходу асинхронного електродвигуна з цеху заводу ($t = 0$). В цей період розподіл аварійних режимів відбувається за експоненціальним законом та законом Вейбулла. Час t_1 складає приблизно $f(t)$

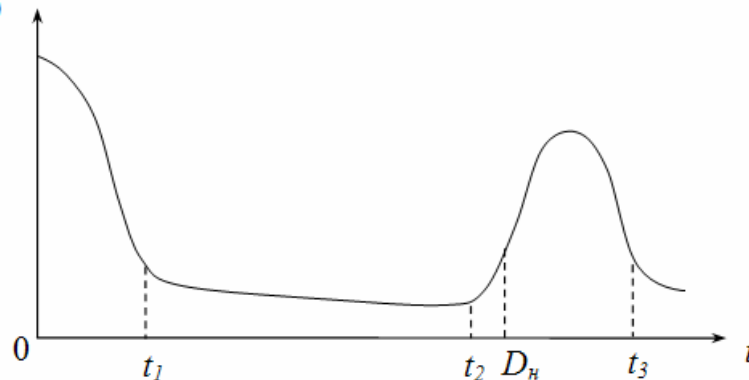


Рис. 1. Теоретична крива розподілу частоти аварійних режимів асинхронних електродвигунів.

Друга ділянка ($t_1 < t < t_2$) – період нормальної експлуатації. Розподіл ймовірності аварійних режимів на цій ділянці звичайно носить характер експоненти.

Третя ділянка ($t_2 < t < t_3$) – період, коли аварійні режими викликаються в основному зносом і старінням елементів електродвигуна. Цій ділянці відповідають експоненціальний та нормальний закони ро-

зподілу аварійних режимів. Ресурс електродвигуна повинен бути розрахований до часу D_n , тобто до початку інтенсивного зносу та старіння елементів конструкції.

Розглянемо детально закономірності виникнення аварійних режимів в період нормальної експлуатації електродвигуна. [1].

Ймовірність безаварійної роботи за час t визначається за експоненціальним законом

$$P(t) = \exp(-\lambda_0 t), \quad (1)$$

де λ_0 – інтенсивність аварійних режимів, год⁻¹; в період нормальної експлуатації для спрощення розрахунків інтенсивність аварійних режимів приймають постійною $\lambda_0 = \text{const}$.

Ймовірність аварійного режиму електродвигуна

$$Q(t) = 1 - P(t) \quad (2)$$

або

$$Q(t) = \frac{n}{N_3}, \quad (3)$$

де n – кількість аварійних режимів за час t ;
 N_3 – загальна кількість асинхронних електродвигунів.

З виразу (3) визначимо кількість аварійних режимів за час t

$$n = Q(t) \cdot N_3 = (1 - P(t)) \cdot N_3 = (1 - \exp(-\lambda_0 t)) \cdot N_3. \quad (4)$$

Частота аварійних режимів

$$f(t) = \lambda_0 \exp(-\lambda_0 t). \quad (5)$$

В аварійних режимах роботи струми, які протікають в обмотках статора асинхронного електродвигуна, перевищують номінальні значення. В результаті чого виникає теплове перевантаження ізоляційної конструкції обмотки й збільшується її тепловий знос.

Визначимо допустимий тепловий знос ізоляції асинхронного двигуна, який приходить на одне теплове перевантаження (аварійний режим).

Допустимий тепловий знос ізоляції протягом року роботи електродвигуна можна знайти наступним чином [2]

$$E_{p.d.} = \frac{D}{T_M}, \quad (6)$$

де D_H – базовий строк служби ізоляції електродвигуна, б·год;
 T_M – моральний строк служби електродвигуна, років.

Фактичний тепловий знос ізоляції протягом року роботи електродвигуна можна знайти за таким виразом [2]

$$E_{p.\phi.} = t \cdot e \left(\frac{1}{\theta_n} - \frac{1}{\theta_\phi} \right), \quad (7)$$

- де t – число годин роботи електродвигуна протягом року, год;
 θ_ϕ – абсолютна еквівалентна середньорічна температура ізоляції обмотки електродвигуна в період нормальної експлуатації, К;
 θ_n – абсолютна номінальна температура ізоляції обмотки електродвигуна, К;
 B – коефіцієнт, який характеризує клас ізоляції, К.

Абсолютна еквівалентна середньорічна температура ізоляції обмотки електродвигуна в період нормальної експлуатації можна знайти як

$$\theta_\phi = \tau_\phi + \vartheta_{сер.\phi} + 273, \quad (8)$$

- де τ_ϕ – еквівалентне середньорічне перевищення температури ізоляції обмотки електродвигуна в період нормальної експлуатації, °С;
 $\vartheta_{сер.\phi}$ – еквівалентна середньорічна температура навколишнього середовища в період нормальної експлуатації, °С.

Еквівалентне середньорічне перевищення температури ізоляції обмотки електродвигуна в період нормальної експлуатації [2]

$$\tau_\phi = \tau_n \frac{a + \kappa_\phi^2}{a + 1 - \alpha \cdot \tau_n (\kappa_\phi^2 - 1)}, \quad (9)$$

- де τ_n – номінальне перевищення температури ізоляції обмотки електродвигуна, °С;
 a – коефіцієнт втрат електродвигуна;
 κ_ϕ – еквівалентний середньорічний коефіцієнт завантаження електродвигуна за струмом в період нормальної експлуатації;
 α – температурний коефіцієнт опору, 1/°С.

Допустимий додатковий тепловий знос ізоляції асинхронного електродвигуна протягом року з урахуванням фактичного теплового зносу дорівнює

$$\Delta E_{p.d.} = E_{p.d.} - E_{p.\phi.} \quad (10)$$

З урахуванням ймовірної кількості теплових перевантажень (аварійних режимів) асинхронних електродвигунів протягом року допустимий додатковий тепловий знос ізоляції на одне теплове перевантаження (аварійний режим) дорівнює

$$E_{\text{дод.}} = \frac{\Delta E_{\text{р.д.}}}{n}, \tag{11}$$

де n – кількість теплових перевантажень (аварійних режимів), що очікуються протягом року; визначається за виразом (4).

Після підстановки в (11) попередніх виразів отримаємо вираз для визначення допустимого теплового зносу ізоляції обмотки електродвигуна, який приходить на одне теплове перевантаження (аварійний режим)

$$E_{\text{дод.}} = \frac{1}{n} \left(\frac{D_H}{T_M} - t \cdot e \left[B \frac{1}{\theta_n} - \frac{1}{\tau_n \frac{a + \kappa_\phi^2}{a + 1 - \alpha \cdot \tau_n (\kappa_\phi^2 - 1)} + \vartheta_{\text{сер.}\phi} + 273} \right] \right), \tag{12}$$

В якості прикладу визначимо допустимий додатковий тепловий знос ізоляції для асинхронних електродвигунів приводу насосних агрегатів насосної станції. Приймаємо $N_3 = 6$ двигунів; $D_H = 20000$ год; $T_M = 20$ років; $t = 4900$ год; $\lambda_0 = 1,828 \cdot 10^{-4}$ год⁻¹; $B = 10200$ К; $\theta_n = 403$ К; $\tau_n = 90$ °С; $a = 0,6$; $\kappa_\phi = 0,9$; $v_{\text{сер.}\phi} = 30$ °С. Підставимо вказані значення в (4) та (12). Кількість теплових перевантажень (аварійних режимів), що очікується протягом року $n = 4$; допустимий додатковий тепловий знос ізоляції обмотки електродвигуна, який приходить на одне теплове перевантаження (аварійний режим) $E_{\text{дод.}} = 2,58$ год.

Висновки. Отримані математичні залежності дозволяють визначати допустимий додатковий тепловий знос ізоляції обмотки асинхронного електродвигуна при аварійних режимах роботи, що надалі

можна використовувати при проектуванні пристрою функціонального діагностування електродвигунів.

Література

1. Кузнецов Н.Л. Надежность электрических машин / Н.Л. Кузнецов. – М.: Издательский дом МЭИ, 2006. – 432 с.
2. Овчаров В.В. Эксплуатационные режимы работы и непрерывная диагностика электрических машин в сельскохозяйственном производстве/ В.В. Овчаров. – К.: Изд-во УСХА, 1990. – 168 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДОПУСТИМОГО ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ИЗНОСА ИЗОЛЯЦИИ ОБМОТКИ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

Н.В. Гончарова

Аннотация

В статье приведенная методика исследования допустимого дополнительного теплового износа изоляции обмотки электродвигателя с учетом количества аварийных режимов, которые ожидаются в течение года.

RESEARCH OF POSSIBLE ADDITIONAL WEAR OF ISOLATION OF PUTTEE OF ASYNCHRONOUS ELECTRIC MOTOR

N. Goncharova

Summary

In the article the method of research of possible additional wear of isolation of puttee of electric motor is resulted taking into account the amount of malfunctions which are expected during a year.



УДК 658:631.152

АЛГОРИТМ ОЦІНКИ ПРОФЕСІЙНОГО РИЗИКУ НА ПІДПРИЄМСТВАХ АПК

Рогач Ю.П., к.т.н.,

Книшов О.Я., к.т.н.,

Лущенко В.Л., к.т.н.,

Головін С.В.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел.: (0619) 42-14-28

Анотація - В статті проаналізовано підходи для оцінки професійних ризиків в агропромисловому комплексі. Для розробки дієвих заходів по зниженню професійного ризику у сільськогосподарському виробництві необхідно розробити алгоритм оцінки професійного ризику.

Ключові слова – професійний ризик, охорона праці, потенційні небезпеки, алгоритм, оцінка.

Постановка проблеми. Проблема розробки заходів для зниження високого рівня виробничого травматизму серед механізаторів сільськогосподарського виробництва та водіїв транспортних засобів АПК належить до складних (комплексних) задач і вимагає проведення спеціальних наукових досліджень.

Аналіз останніх публікацій. Теоретичні та практичні підходи щодо оцінки професійних ризиків наведено у роботах провідних українських [1-3] та зарубіжних вчених [4], присвячених як загальним питанням управління охороною праці, так і питанням соціального захисту працівників, зокрема у формі обов'язкового соціального страхування від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань. Так, восени 2009 р. у м.Люблін (Польща) було проведено представницьку міжнародну конференцію, цілком присвячену проблемі оцінки професійних ризиків у сільськогосподарському виробництві [6]. До останнього часу як показники ризику в сільськогосподарському виробництві розглядали і аналізували лише коефіцієнти частоти та важкості виробничого травматизму.

Нині відсутні показники ризику для основних професій сільськогосподарського виробництва, на механізованих виробничих процесах, не розроблено класифікатор професій за критеріями ризику травмування та захворюваності [7].

Формулювання цілей статті. Метою статті є обґрунтування методології оцінки професійних ризиків та розробка алгоритму для оцінки професійних ризиків, забезпечення надання працівникам встановлених працевохоронним законодавством пільг і компенсацій за небезпечні та шкідливі умови праці.

Основна частина. Широке поширення професійних ризиків в АПК пояснюється, з одного боку, достатньо високим рівнем розвитку сільськогосподарського виробництва в Україні, коли активне застосування високоенергетичної техніки і технології, хімічних і біологічних речовин призвело до того, що практично у всіх сферах життєдіяльності працівники села зазнають впливу шкідливих і небезпечних чинників, ризикуючи здоров'ям, а іноді життям. З іншого боку, ресурс наявної у сільськогосподарських підприємствах техніки практично вичерпано (досяг критичної межі), після 10-річного і більше терміну експлуатації за наших реалій вона морально та фізично застаріла, машинно-тракторний парк зменшився кількісно, не забезпечує своєчасного виконання механізованих робіт, що веде до збільшення професійного ризику. Потреба України в сільськогосподарській техніці величезна (таблиця 1).

Характерною особливістю сільськогосподарського виробництва є те, що більшість робіт виконуються в таких умовах, коли на працюючого діють додаткові виробничі і природні чинники. Це призводить до появи потенційного ризику.

Можна розглядати таку класифікацію ризику:

- суб'єктивний (ризик, наслідки якого неможливо об'єктивно оцінити);
- фінансовий (ризик, прямі наслідки якого заключаються у грошових витратах);
- динамічний (ризик, імовірність і наслідки якого вимірюються в залежності від ситуації);
- фундаментальний (ризик з тотальними наслідками);
- не фінансовий (ризик, наслідки якого можуть бути лише збитки або зберігання існуючого положення);
- статичний (практично не змінний у часі ризик – ризик пожежі);
- частний (ризик з локальними наслідками);
- спекулятивний (ризик, одним із наслідків якого може бути вигода).

Таблиця 1 –
Потреби України в основній техніці для виробництва сільськогосподарської продукції протягом 10 років

Найменування техніки	Технологічна потреба, один.
Трактори	420000
Комбайни зернозбиральні	112000
Комбайни кукурудзозбиральні	11200
Приставки до зернозбиральних комбайнів для збирання кукурудзи і соняшника	33380
Жниварки валкові	36200
Комбайни кормозбиральні	47700
Ґрунтообробні машини	257830
Сівалки зернові, комбіновані, бурячні, для кукурудзи і соняшника	180700
Машини для внесення твердих мінеральних та органічних добрив	92600
Машини для хімічного захисту рослин штангові, усього	33130
Корене- і гичкозбиральні машини	33700
Машини для очищення зерна і насіння	50800
Зерноавантажувачі, навантажувачі універсальні	57600
Стогочладачі і преспідбирачі	8300
Автомобілі вантажні	300000

Ризик, в основному, оцінюють імовірнісною характеристикою, але можуть використовувати і частоту реалізації ризику.

В охороні праці розглядаються такі види ризику:

- технічний ризик – імовірність відмови технічних засобів з наслідками визначеного рівня (класу) за визначений період функціонування небезпечного виробничого об'єкту;
- індивідуальний ризик – частота ураження окремої людини в результаті дії досліджуємих чинників безпеки аварії;
- потенційний територіальний ризик (або потенційний ризик) – частота реалізації вражаючих чинників аварії в даній точці території;
- колективний ризик (груповий) – це ризик появи безпеки того чи іншого виду для колективу.

У зв'язку з цим можна розглядати такі основні функції ризику:

- 1) захисна – проявляється у тому, що для підприємства ризик це

нормальне становище, тому треба розробляти раціональне відношення до проявів потенційних небезпек;

- 2) аналітична – наявність ризику передбачає необхідність вибору одного із можливих варіантів правильного рішення;
- 3) інноваційна – проявляється в стимулюванні пошуків нетрадиційних рішень проблем;
- 4) регулятивна – має антагоністичний характер і виступає у двох формах: конструктивній і деструктивній.

Специфіка роботи у сільськогосподарській сфері викликає необхідність розробки чіткого алгоритму аналізу професійного ризику, який має єдину основу з оцінкою інших технічних ризиків. Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) визначає професійний ризик як математичну концепцію, яка відбиває очікуємо важкість і частоту несприятливих реакцій організму людини на дану експозицію шкідливого чинника виробничого середовища.

З урахуванням цього можна розробити алгоритм оцінки ризику, в результаті якого ризик признається сприятливим чи несприятливим, остаточний ризик – сприятливим.

Відповідно до законодавства України роботодавець зобов'язаний інформувати працівників про потенційні ризики на виробництві. Тому, процедури ідентифікації ризику, основані на глибинному знанні технології робіт і процесів, дозволяють виявити джерела ризику, усі види небезпек на робочому місці і забезпечити, в подальшому, якісний аналіз впливу небезпечних і шкідливих виробничих чинників в даному виробничому процесі. Процедура ідентифікації ризику закінчується складанням переліку і стислим розкриттям небезпек з урахуванням того, що джерелом небезпеки може бути як об'єкт, так і діяльність. У новій версії OHSAS 18001-2007 поведінка, особисті та інші людські чинники також включені в якості елементів, які розглядаються при ідентифікації небезпек і розробці засобів контролю.

Алгоритм аналізу професійного ризику для захисту персоналу від нещасних випадків і професійних захворювань на робочому місці може бути представлений наступним чином:

- ідентифікація небезпек (виявлення шкідливих і небезпечних чинників робочого середовища і трудових процесів);
- визначення можливих причин, які призводять до небажаних подій;
- оцінка ризику (імовірність дії ризику, визначення масштабу наслідків небажаної події з урахуванням можливої важкості інциденту і шкоди здоров'ю людини, висновки про приємність або неприємність ризику);

- вибір і оцінка засобів захисту від кожного виду небезпеки;
- оцінка остаточного ризику після впровадження засобів захисту;
- оцінка системи захисту життя і здоров'я працівників, в цілому, у відповідності з класами умов праці.

Висновок. Методологічні підходи системного аналізу виробничих небезпек для оцінки професійного ризику з урахуванням умов виконання сільськогосподарських і інших видів робіт та запропонований алгоритм оцінки професійного ризику повинні стати основою розроблення дієвих заходів для збереження життя і здоров'я працівників агропромислового комплексу.

Література

1. *Лехман С.Д.* Система управління професійним ризиком на сільськогосподарському підприємстві / *С.Д. Лехман* // Збірник наукових праць 3-ї Міжнародної науково-технічної конференції «Моторизація і енергетика рільництва». - Люблін (Польща), 2001. - С. 9-12.
2. *Панкратова Н.Д.* Концептуальные основы системного анализа рисков в динамике управления безопасностью сложных систем : Ч. II. Общая задача системного анализа рисков и стратегия ее решения / *Н.Д. Панкратова, Б.И. Курилин* // Проблемы управления и информатики. - 2001. - № 2.- С. 108-126.
3. *Рекомендації* щодо підвищення ефективності управління ризиками виникнення нещасних випадків та професійних захворювань на рівні підприємства, галузі, держави. - К.: Основа, 2004. - 15 с.
4. *Андріянова М.А.* Управление риском эксплуатации потенциально опасных объектов: Автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. техн. наук: 05.13.06/ *М.А. Андріянова*. - Тула, 1999.-23с.
5. *Войналович О.В.* Підходи щодо створення методології оцінки ризику травмування працівників на механізованих процесах в АПК / *О.В. Войналович, М.М. Мотрич* // Електротехніка і механіка. 2007. - № 1. – С. 93-101.
6. *Войналович О.В.* Концепція розроблення системи відстеження потенційних небезпек в АПК / *Войналович О.В., Шеремет В.О., Железняк М.О.* // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. - К., 2010. - Вип. 144. - С 100-106.
7. *Гогіташвілі Г.Г.* Оцінювання професійного ризику в галузях сільськогосподарського виробництва України / *Г.Г. Гогіташвілі, В.Ф. Камінський, В.М. Лапін, О.В. Войналович* // Вісник аграрної науки, 2010. - № 8. - С. 53-55.

**АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО
РИСКА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ
АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА**

Рогач Ю.П., Кнышов А.Я., Луценков В.Л., Головин С.В.

Аннотация - в статье проведен анализ подходов к оценке профессиональных рисков в агропромышленном комплексе. Для разработки действенных мероприятий по снижению профессионального риска в сельскохозяйственном производстве необходимо разработать алгоритм оценки профессионального риска.

**ALGORITHM OF THE ESTIMATION OF PROFESSIONAL
RISK AT THE AGRICULTURE ENTERPRISES**

J. Rogach, A. Knyshov, V. Lushchenkov, S. Golovin

Summary

In article the analysis of approaches to an estimation of professional risks in agriculture is carried out. In agricultural production it is necessary to develop algorithm of an estimation of professional risk for working out of effective actions for professional risk decrease.



УДК 631.158

МЕТОДОЛОГІЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ДЛЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ НЕБЕЗПЕК І ОЦІНКИ РИЗИКУ НА ПІДПРИЄМСТВАХ АПК

Рогач Ю.П., к.т.н.,

Книшов О.Я., к.т.н.,

Луценков В.Л., к.т.н.,

Головін С.В., інженер.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел.: (0619) 42-14-28

Анотація - в статті проаналізовано підходи для оцінки професійних ризиків в агропромисловому комплексі. Для розробки дієвих заходів щодо зниженню професійного ризику у сільськогосподарському виробництві необхідно розробити методи ідентифікації небезпек і оцінки ризику.

Ключові слова – професійний ризик, охорона праці, потенційні небезпеки, ідентифікація, оцінка.

Постановка проблеми. Людська практика свідчить, що будь-яка діяльність є потенційно небезпечною. Для людини завжди існує ризик небезпеки. Ризик можна уявити як поєднання ймовірності події з певними небажаними наслідками: вихід з ладу обладнання, травмування, захворювання, загибель людей, матеріальні втрати тощо. Варто зазначити, що кількість ризиків небезпек щодо загибелі людей як у всьому світі, так і в Україні зростає.

На сьогодні розроблена й існує концепція прийнятого (допустимого) ризику, сутність якої полягає у прагненні забезпечити такий ступінь безпеки, який сприймає суспільство у цей час.

Тому необхідні заходи щодо вдосконалення управління системою безпеки на основі аналізу і оцінки ризику. Досвід розвинутих країн свідчить, що такий метод дозволяє передбачати і здійснювати ефективні запобіжні заходи щодо ймовірних можливих небезпек.

Аналіз публікацій. Теоретичні та практичні підходи оцінки професійних ризиків наведено у роботах провідних українських [1-3] та зарубіжних вчених [4], присвячених питанням управління охороною

праці і питанням соціального захисту працівників, зокрема у формі обов'язкового соціального страхування від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань. Восени 2009 р. у м.Люблін (Польща) було проведено представницьку міжнародну конференцію, цілком присвячену проблемі оцінки професійних ризиків у сільськогосподарському виробництві [6]. До останнього часу як показники ризику в сільськогосподарському виробництві розглядали і аналізували лише коефіцієнти частоти та важкості виробничого травматизму.

Нині відсутні показники ризику для основних професій сільськогосподарського виробництва, на механізованих виробничих процесах, не розроблено класифікатор професій за критеріями ризику травмування та захворюваності [7].

Формулювання цілей статті. Метою статті є обґрунтування методології оцінки професійних ризиків та ідентифікації небезпек для оцінки професійних ризиків, забезпечення надання працівникам встановлених працезохоронним законодавством пільг і компенсацій за небезпечні та шкідливі умови праці.

Основна частина. Одним із критеріїв ефективності діючої системи управління охороною здоров'я працівників і виробничою безпекою є її відповідність вимогам специфікації OHSAS 18001:2007. Але вказаний документ регламентує лише загальні вимоги до збудованих систем охорони праці і виробничої безпеки на підприємствах, надаючи право вибору конкретних і найбільш доцільних шляхів їх реалізації за колективами, які впроваджують ці системи.

Підприємства повинні встановлювати, впроваджувати та дотримуватися процедури для постійної ідентифікації небезпек, оцінки ризику і вибору необхідних засобів контролю.

Ідентифікація небезпек - розпізнавання образу небезпек, встановлення можливих причин, простору, тимчасових координат, вірогідності прояву величини і наслідків небезпеки. З метою пізнання природи можливої небезпеки, необхідно знати її зовнішнє вираження, форму її прояву: або це землетрус, або виверження вулкану, або шквальний вітер, або дорожньо-транспортна подія і так далі. Окрім цього, необхідно встановити причину небезпеки, тобто, що саме лежало в її основі: людська халатність, явище природи, умисна дія людини, а, можливо - низька, застаріла надійність агрегатів на міцність.

Процедура ідентифікації небезпек і оцінки ризику враховують:

- звичайні і особливі режими діяльності;
- діяльність усіх осіб, які мають доступ до робочого місця, у тому числі і відряджених, які можуть працювати на даному виробництві;
- реакції поведінки, можливості і інші людські чинники;

- ідентифіковані небезпеки, виникаючі позаробочим середовищем, та негативно впливаючі на здоров'я і безпеку на робочому місці;
- небезпеки, які утворюються поблизу робочого місця і які пов'язані з профілактикою діяльності даного підприємства;
- інфраструктура, обладнання і матеріали на робочому місці;
- передбачаємі зміни в організації виробничого процесу.

В процесі ідентифікації виявляються: номенклатура та імовірність появи небезпек, просторова локалізація (координати), можливі збитки та інші параметри, необхідні для вирішування конкретної задачі. Головне в ідентифікації полягає у встановленні можливих причин появи небезпеки.

Ризик в охороні праці – кількісна характеристика небезпеки, яка визначається частотою реалізації небезпек: це відношення числа негативних наслідків (число смертельних випадків, число випадків захворювання, інвалідності тощо, які викликані дією на людину конкретної небезпеки (n)) до їх можливої кількості за визначений період (N)

$$R = \frac{N(t)}{Q(f)}, \quad (1)$$

де $N(t)$ – кількісний показник частоти небажаних випадків в одиницю часу (t);

$Q(f)$ – число об'єктів ризику, які підвержені визначеному чиннику ризику (f).

Методологія організації ідентифікації небезпек і оцінки ризику повинна: визначатися з урахуванням масштабу, характеру і тривалості процесів, забезпечивши попереджувальний, а не реактивний підхід; забезпечити ідентифікацію, встановлення пріоритетів і документування ризиків, а також впровадження відповідного контролю.

При визначенні методів контролю, або змін в діючих методах, треба прагнути до зниження ризиків у відповідності з ієрархією: усунення ризику; заміна; інженерні засоби контролю; сигналізація (попереджувальні знаки або адміністративний контроль); засоби індивідуального захисту.

Методика ідентифікації небезпеки і оцінки ризику травматизму, професійних захворювань і порушень умов праці на робочих місцях (при проведенні робочих операцій), аварій і інцидентів повинна забезпечувати:

- напівкількісний підхід до оцінки і управління ризиком (у порівнянні з часто практикуємим засобом фіксації результатів атестації робочих місць за умовами праці: атестований, не атестований, умовно атестований – остання категорія має явно суб'єктивний підтекст);

- можливість імовірностної оцінки, урахування не тільки небезпечних і шкідливих чинників виробничого середовища, але й передісторія травматизму (професійних захворювань) на підприємстві;
- можливість прийняття аргументованого рішення по вибору коректуючих і попереджувальних заходів, визначенню кількісно вимірюваних цілей і задач з охорони праці.

Висновок. Таким чином, застосування методики оцінки ризику небезпек дає можливість обґрунтувати раціональні заходи, які дозволяють знизити природні, техногенні, соціальні ризики до мінімально можливого рівня.

Література

1. Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов : РД03-418-04. (действует с 1.10.2001). – М.: Госгортехнадзор России. – 2002. – 18 с.
2. Критерії оцінки виробничих небезпек / В.Л.Луценков, Д.А.Бутко та ін. – Сімферополь: Бізнес-Інформ, 1996. – 224 с.

МЕТОДОЛОГИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ОПАСНОСТЕЙ И ОЦЕНКИ РИСКОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

Рогач Ю.П., Кнышов А.Я., Луценков В.Л., Головин С.В.

Аннотация - в статье проанализировано подходы для оценки профессиональных рисков в агропромышленном комплексе. Для разработки действенных мероприятий по снижению профессионального риска в сельскохозяйственном производстве необходимо разработать методы идентификации опасностей и оценки рисков.

METHODOLOGY OF THE ORGANIZATION FOR IDENTIFICATION OF DANGERS AND THE ESTIMATION OF RISKS IN AGROINDUSTRIAL

J. Rogach, A.Knyshov, V. Lushchenkov, S.Golovin

Summary

In article it is analysed approaches for an estimation of professional risks in agriculture. In agricultural production it is necessary to develop methods of identification of dangers for working out of effective actions for professional risk decrease and an estimation of risks.



УДК 658.011.56

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТІ РОЗПОДІЛУ ПИТОМИХ ВИТРАТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА ПІДПРИЄМСТВАХ ОЧИЩЕННЯ ТА ПЕРЕРОБКИ ХЛІБНИХ КУЛЬТУР

Постнікова М.В., к.т.н.,

Карпова О.П., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел.: (0619) 42-23-41

Анотація – визначення закономірності розподілу питомих витрат електроенергії на підприємствах очищення та переробки хлібних культур.

Ключові слова – енергозбереження, раціональне використання електроенергії, електропривід.

Постановка проблеми. Реалізації програми енергозбереження в сільськогосподарському виробництві приділяється велика увага. Один із шляхів енергозбереження при очищенні зерна на зернопунктах, а також при помелу зерна на млинах – розробка науково-обґрунтованих питомих норм витрати електроенергії, впровадження яких дозволить економити 8-10% електроенергії.

Аналіз останніх досліджень. Математично-статистичний метод нормування електроенергії [1, 2] дозволяє науково обґрунтувати точність запропонованої норми, дати імовірну оцінку можливих відхилень величини питомих витрат електроенергії. Питомі витрати електроенергії можна вважати випадковою змінною величиною, так як вона залежить від багатьох основних та побічних імовірно випадкових факторів. Правильно оцінити вплив випадковостей можна, якщо використовувати теорію імовірності і математичну статистику [3].

Мета [З] статті. Визначити вид розподілення питомих витрат електроенергії на підприємствах очищення та переробки хлібних культур.

Основні матеріали дослідження. Одним з важливих етапів математично-статистичного методу є визначення виду розподілу питомих витрат електроенергії. На основі аналізу факторів, які формують питомі витрати електроенергії, попередньо обирають певний закон

його розподілу. Наприклад, питомі витрати електроенергії, які представлені як результат впливу суми великої кількості незалежно діючих випадкових факторів, для багатьох технологічних процесів розподіляється за нормальним законом [1].

При нормальному розподілі щільність імовірності питомих витрат електроенергії буде

$$\varphi_n(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}}, \quad (1)$$

а функція розподілу

$$F_n(x) = 0,5 + \frac{1}{2} \Phi\left(\frac{x-a}{\sigma}\right). \quad (2)$$

В даному випадку величина a (математичне сподівання) і σ (середньоквадратичне відхилення) є параметрами розподілу.

Після обрання закону розподілу та визначення параметрів теоретичного розподілу, необхідно перевірити відповідність емпіричних даних передбачуваному теоретичному розподілу в генеральній сукупності. Вирішують це питання за допомогою критерію в середній величині питомих витрат електроенергії на підприємствах переробки та зберігання хлібних культур впливає велика кількість факторів. Одні з них є основними, які контролюються, другі – другорядними, випадковими, які мають імовірний характер. Як правило, всі фактори діють незалежно один від одного, а питомі витрати є підсумком сумарного впливу цих факторів, багато з них не грають суттєвої ролі в їх формуванні. Це дозволяє зробити апріорне припущення про нормальний розподіл на підприємствах очищення та переробки хлібних культур питомих витрат електроенергії, тому що вони обумовлені великою кількістю незалежно діючих причин [1].

Для встановлення закону розподілу питомих витрат електроенергії на зерноочисних агрегатах ЗАВ-20 були використані дані спостережень з обробки пшениці.

Отриманий ряд, де $y = W_{\text{пит.}}$, з відповідними частотами значень і проведених обчислень показаний в таблиці 1.

Зробивши апріорне припущення про нормальність розподілу, можна довести відповідність емпіричного розподілу теоретичному нормальному. Для того щоб побудувати криву нормального розподілу, скористаємося наступною формулою [1]

$$F(t) = \frac{Nk}{\sigma} \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{t^2}{2}}, \tag{3}$$

де N – число проведених досліджень, дорівнює сумі частот емпіричного розподілу $\sum m$;

k – величина інтервалу подрібнення емпіричного ряду розподілу;

σ – середньоквадратичне відхилення ряду;

t – нормоване відхилення: $t = \frac{y - \bar{y}}{\sigma}$.

Таблиця 1 –

Розподілення частот сукупності спостережень питомої витрати електроенергії

y	m	ym	y^2	y^2m	$y - \bar{y}$	$t = \frac{y - \bar{y}}{\sigma}$	$f(t)$	m''	m'
0,8	1	0,8	0,64	0,64	-1,0833	-2,2359	0,0332	1,02	1
1,3	6	7,8	1,69	10,14	-0,5833	-1,2039	0,1942	6,01	6
1,8	13	23,4	3,24	42,12	-0,0833	-0,1719	0,3932	12,17	12
2,3	7	16,1	5,29	37,03	0,4167	0,8600	0,2756	8,53	9
2,8	3	8,4	7,84	23,52	0,9167	1,8920	0,0669	2,07	2
\sum_1^n	30	56,5	18,7	113,45					

Продовження таблиці 1

y	$m - m'$	$(m - m')^2$	$\frac{(m - m')^2}{m'}$	M	M'	$M - M'$	P	q	$\frac{(m - m')^2}{m' q}$
0,8	0	0	0	1	1	0	0,033	0,967	0
1,3	0	0	0	7	7	0	0,2	0,8	0
1,8	1	1	0,0833	20	19	1	0,4	0,6	0,138
2,3	-2	4	0,4444	27	28	-1	0,3	0,7	0,634
2,8	1	1	0,5	30	30	0	0,066	0,934	0,535
\sum_1^n			1,0277						1,307

Величина $f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{t^2}{2}}$ табульована і знаходиться за математичними таблицями [4].

Визначаємо параметри розподілу:

- середньозважену емпіричного ряду $\hat{y} = \frac{\sum ym}{\sum m} = \frac{56,5}{30} = 1,8833$;

- дисперсію емпіричного ряду

$$\sigma^2 = \frac{\sum y^2 m}{\sum m} - \bar{y}^2 = \frac{113,45}{30} - (1,8833)^2 = 0,2349, \sqrt{0,2349} = 0,4847.$$

У формулі (3) множник $\frac{Nk}{\sigma} = \frac{30 \cdot 0,5}{0,4847} \approx 31$.

За значеннями емпіричних m та теоретичних m' частот і питомих витрат електроенергії у побудовані криві емпіричного та теоретичного нормального розподілу, які представлені на рисунку 1.

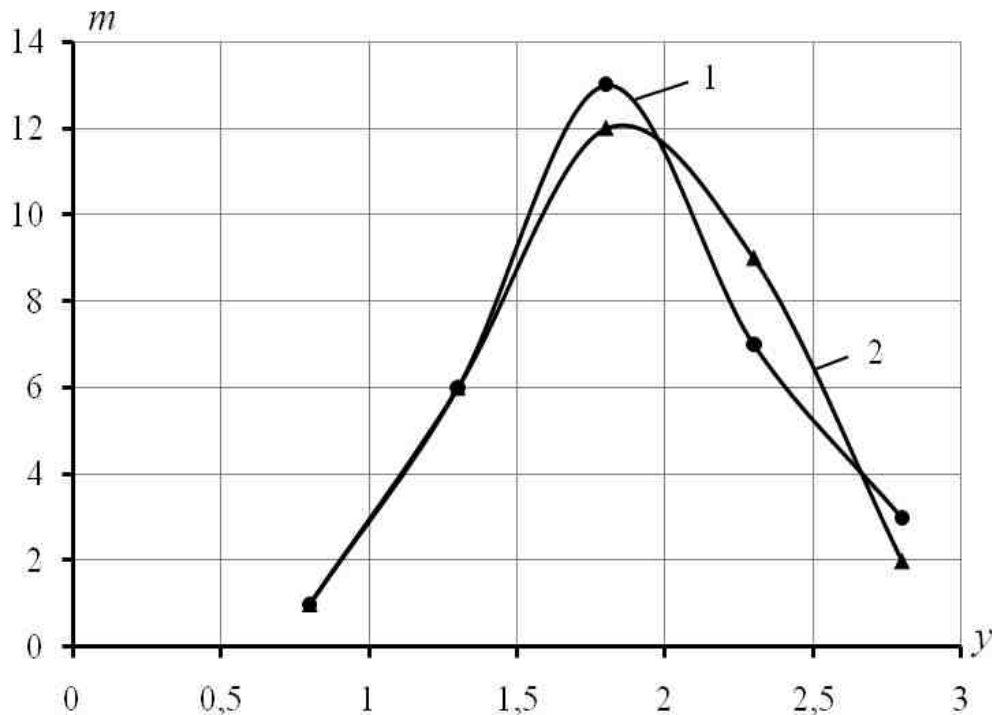


Рис. 1. Емпіричний і теоретичний розподіл питомих витрат електроенергії на зернопунктах: 1 – емпірична крива; 2 – теоретична крива.

Проведемо об'єктивну оцінку наближеності емпіричного розподілу до теоретичного нормального, використовуючи критерії згоди Колмогорова, Пірсона, Романовського та Ястремського [4].

Критерій згоди Пірсона заснований на визначенні величини χ^2 , яка розраховується як сума квадратів різниць емпіричних та теоретичних частот, віднесених до теоретичних частот, тобто

$$\chi^2 = \sum \frac{(m - m')^2}{m'}, \quad (4)$$

де m – емпіричні частоти;
 m' – теоретичні частоти.

Для знаходження теоретичного закону розподілу використовували в емпіричному розподілі величини \hat{y} , σ та $\sum m$ (три параметри). Тому число ступенів свободи, які необхідно визначити при використанні критерію Пірсона, буде [1]

$$k = n - S, \quad (5)$$

де n – число груп після об'єднання малочисельних груп;
 S – число параметрів, знайдених за допомогою емпіричного розподілу.

В нашому випадку $k = 5 - 3 = 2$. При

$$\chi^2 = \sum \frac{(m - m')^2}{m'} = 1,0277$$

та $k = 2$, $P(\chi^2 \geq 1,0277) = 0,6 > 0,05$ [4].

При імовірностях, значно відмінних від нуля, розбіжність між теоретичними та емпіричними частотами слід вважати випадковою. Вказана імовірність не є дуже великою, але її не можна вважати і малою. Отже, розбіжність між теоретичними та емпіричними частотами можна вважати випадковою, а розподіл – підкорюється закону нор-мального розподілу.

Критерій академіка А.Н.Колмогорова встановлює наближеність теоретичних та емпіричних частот шляхом порівняння їх інтегральних розподілів та визначається виходячи з D-максимальної верхньої межі абсолютного значення різниці їх накопичених частот, віднесеного до квадрату кореня з числа спостережень N [4]

$$\lambda = \frac{D}{\sqrt{N}}, \quad (6)$$

де D – максимальна межа різниці: накопичених теоретичних частот (M'), накопичених емпіричних частот (M).

В нашому випадку $N = 30$, $D = (M - M')_{\max} = 1$,

$$\lambda = \frac{1}{\sqrt{30}} = 0,182.$$

Якщо $P(\lambda)$ – величина значна (більше ніж 0,05), то розбіжність між теоретичними та емпіричними частотами може бути випадковою і розподіли добре відповідають один одному. Значенню $\lambda = 0,182$ відповідає імовірність $P(\lambda) = 0,9999 > 0,05$ [4], тому розбіжність між емпіричним та теоретичним нормальним розподілом треба вважати частково випадковою.

За В.І.Романовським, якщо його критерій рівний

$$\frac{\chi^2 - k}{\sqrt{2k}} < 3$$

[4], розбіжність між емпіричним та теоретичним розподілом слід вважати несуттєвою. Підставляємо замість χ^2 та k їх значення, отримуємо

$$\frac{\chi^2 - k}{\sqrt{2k}} = \frac{1,0277 - 2}{\sqrt{2 \cdot 2}} = 0,487 < 3.$$

Це значення достатньо менше трьох, тому розбіжність між теоретичними та емпіричними частотами можна вважати несуттєвою і, таким чином, теоретичний розподіл достатньо добре відтворює емпіричний.

Критерій Б.С. Ястремського в загальному вигляді можна записати наступним виразом [4]:

$$I \leq 3\sqrt{2n + 4\theta}, \quad (7)$$

$$I = \sum_1^n \frac{(m - m')^2}{m' \cdot q} - n, \quad (8)$$

де m – емпіричні частоти;
 m' – теоретичні частоти;
 n – число груп.

Для числа груп, менших 20, $\theta = 0,6$ [4].

В нашому випадку $I = |1,307 - 5| = 3,693$;

$$1,307 - 5 \leq 3 \cdot \sqrt{2 \cdot 5 + 4 \cdot 0,6} ;$$

$$3,693 < 10,56 ,$$

що свідчить про нормальний розподіл досліджуваної сукупності.

Аналогічні дослідження були проведені на борошномельних підприємствах. За значеннями емпіричних m та теоретичних m' частот і питомих витрат електроенергії у побудовані криві емпіричного 1 та теоретичного 2 нормального розподілу, які представлені на рисунку 2.

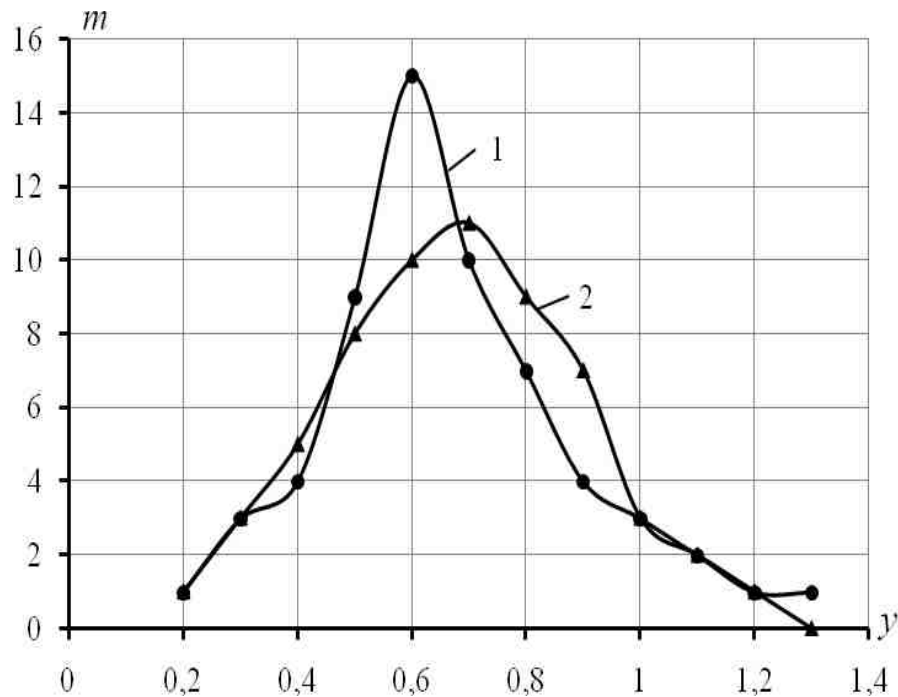


Рис. 2. Розподіл питомих витрат енергії на борошномельному підприємстві: 1 – емпірична крива; 2 – теоретична крива.

Висновок. Усі чотири критерії згоди з достатньою мірою достовірності підтвердили нормальний закон розподілення питомих витрат електроенергії на підприємствах очищення та переробки хлібних культур.

Література

1. Ястребов П.П. Использование и нормирование электроэнергии в процессах переработки и хранения хлебных культур / П.П. Ястребов. – М.: Колос, 1973. – 312 с.
2. Карпова А.П. Исследование влияния технических и технологических факторов на электропотребление при подработке зерна на юге СССР: автореф. дис., канд. техн. наук / А.П. Карпова. – К., 1981. – 21 с.
3. Венцель Е.С. Теория вероятностей / Е.С. Венцель. – М.: Наука, 1969. – 576 с.
4. Венецкий И.Г. Основы теории вероятностей и математической статистики / И.Г. Венецкий, Г.С. Кильдишев. – М.: Издательство «Статистика», 1968. – 360 с.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ УДЕЛЬНЫХ РАСХОДОВ
ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ОЧИСТКИ И
ПЕРЕРАБОТКИ ХЛЕБНЫХ КУЛЬТУР**

Постникова М.В., Карпова А.П.

Аннотация – определены закономерности распределения удельных расходов электроэнергии на предприятиях очистки и переработки хлебных культур.

**STUDY TO REGULARITIES OF THE SHARING
THE SPECIFIC EXPENSES TO ELECTRIC ENERGY
ON ENTERPRISE PEELINGS AND CONVERSIONS
OF THE BREAD CULTURES**

M. Postnikova, A. Karpova

Summary

Is determined regularities of the sharing the specific expenses to electric energy on enterprise peelings and conversions of the bread cultures.

УДК 62.83

АНАЛІЗ МОЖЛИВОГО ВПЛИВУ ВІТРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ НА ПРОПУСКНУ СПРОМОЖНІСТЬ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ

Лисенко О.В., к.т.н.

Таврійського державного агротехнологічного університету

Тел.: (0619) 42-11-74

Анотація - у статті проведений аналіз впливу вітроелектростанцій на пропускну спроможність електричних мереж. Показана залежність пропускну спроможності від потужності, що виробляється вітроелектростанцією. Проаналізована схема заміщення повітряної лінії та отримана залежність напруги в точці підключення вітроелектростанції від параметрів мережі та потужності, що споживається.

Ключові слова - вітроенергетика, розподільча мережа, пропускна спроможність, напруга.

Постановка проблеми. Світове співтовариство живе в цей час прогресуючої енергетичної кризи - росту енергоспоживання й вичерпання традиційних джерел енергії. Разом з тим у результаті інтенсивного використання непоновлюваних джерел енергії для опалення, транспортних засобів, будівельно-дорожніх машин, сільськогосподарських агрегатів і різних побутових пристроїв утворюється величезна кількість забруднюючих речовин – оксидів вуглецю, сірки, азоту. Усе це сприяє підвищенню температури земної й водної поверхні, викликає забруднення навколишнього середовища, випадання кислотних дощів, а також стимулює інтенсивне танення льодів, підвищення рівня океанів, затоплення величезних територій суши, зародження циклонів і ураганів, що охоплюють цілі континенти. Ці явища ведуть до широкомасштабного руйнування сільськогосподарських угідь, зникненню лісів і тваринного миру, підвищеному розмноженню шкідливих комах, зростанню частоти посух, лісових пожеж, заливних дощів, повеней і т.п. Тому, сьогодні актуальна розробка альтернативних рішень використання енергії нетрадиційних джерел, зокрема енергії вітру [1].

нити традиційні джерела. Запаси енергії вітру більш ніж у сто раз перевищують запаси гідроенергії всіх рік планети. [1]

Темпи росту кількості та потужності вітроелектростанцій, що підключаються до мереж, випереджають на сьогоднішній день будь-який інший вид виробництва електроенергії. Щорічні темпи росту становлять порядку 20 - 30%. За останні десять років ця величина потроїлася. Всесвітня енергетична рада заявила, що чи навряд яка-небудь інша технологія росте з такою швидкістю. [2]

Мета досліджень. Питання інтеграції з енергосистемою на сьогоднішній день виходить на перший план, тому що потужності встановлених у ряді країн вітроелектростанцій досить великі і їх роздільна робота перешкоджає подальшому розвитку вітроенергетики. При сумісній роботі з мережею основними проблемами залишаються надійність мережі та нестабільність вироблюваної потужності вітроелектростанціями. [2]

По перше, енергосистема повинна забезпечувати електропостачання винятково в балансі з попитом. При цьому середня величина навантаження має не тільки щоденні й сезонні коливання, але й випадкові коливання через непередбачені випадкові навантаження. Для компенсації цих коливань, з метою додаткової генерації потужностей необхідна можливість регулювання вироблюваної потужності або наявність додаткового резерву потужності. Генератори в електричній системі мають різні експлуатаційні характеристики, деякі з них, такі як гідро або теплові електростанції є більш гнучкими в плані реагування на коливання навантаження. Енергія ж вітру може частково ускладнити проблеми регулювання попиту й виробітку електроенергії через її природню нестабільність. Надійність електропостачання в розподільних мережах тем менше, чим менше напруга мережі. Для ліній напругою 35 кВ перерви в електропостачання становлять не більш декількох хвилин у рік, а для ліній 0.4 кВ, особливо в сільській місцевості, час перерви в електропостачанні може становити до декількох годин.

На рис. 1 представлена розподільна мережа з навантаженням. При цьому до точки мережі В підключені споживач і вітроелектростанція, що віддає вироблену потужність безпосередньо в мережу.

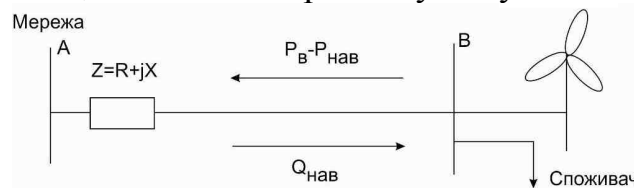


Рис. 1. Схема розподільної мережі, з підключеною вітроелектростанцією.

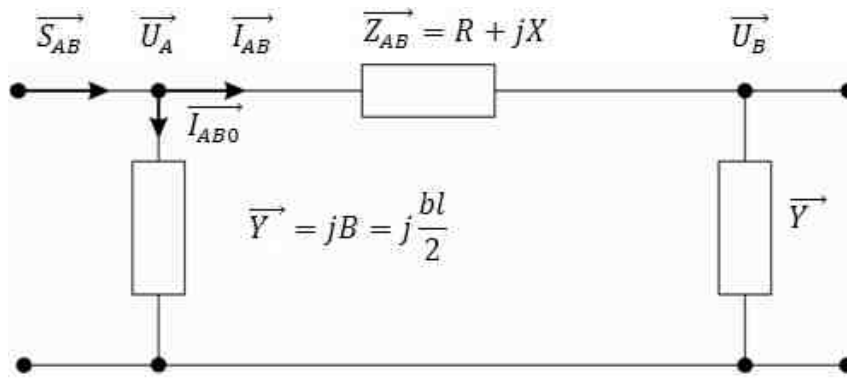


Рис. 2. Схема заміщення розподільної мережі.

Якщо розподільна мережа являє собою повітряну лінію електропередачі напругою 10 кВ, то згідно схеми заміщення (рис.2) активна та реактивна потужність на ділянці А-В буде визначатися згідно виразу (1-2) [3]:

$$P_{AB} = \frac{U_A^2}{Z^2} P \frac{U_A U_B}{Z^2} (X \sin \theta_{AB} - R \cos \theta_{AB}), \tag{1}$$

$$U = -BU_A^2 + \frac{U_A^2}{Z^2} X - \frac{U_A U_B}{Z^2} (R \sin \theta_{AB} + X \cos \theta_{AB}) \tag{2}$$

- де P_{AB} - активна потужність на ділянці А-В, Вт;
- Q_{AB} - реактивна потужність на ділянці А-В, вар;
- U_A - напруга в точці А, В;
- U_B - напруга в точці В, В;
- R – активний опір лінії, Ом;
- X – реактивний опір лінії, Ом;
- B – ємнісна провідність лінії, См;

Тоді, величина напруги в точці підключення вітроелектростанції буде визначатися за виразом

$$U_A^2 = -\frac{a_4}{2a_3} \pm \sqrt{\left(\frac{a_4}{2a_3}\right)^2 - \frac{1}{a_3}(a_1^2 + a_2^2)} \tag{3}$$

- де $a_1 = -aX$
- $a_2 = -a + R$
- $a_3 = (1 - XB)^2 + R^2 B^2$
- $a_4 = 2 - U_B^2 + 2UB$

$$U_a = \pm \sqrt{U_a^2}, \tag{4}$$

Висновки. У такий спосіб, підключення нових вітроелектростанцій, до існуючих розподільних мереж може привести до зниження напруги в точці підключення через обмежену пропускну здатність роз-

подільної мережі за умови, що вітроелектростанція розташована в районі сильних вітрів.

Література

1. *Величко С.А.* Ветроэнергетика: состояние и перспективы / *С.А. Величко, А.С.Болтенков* // Интернет-журнал “Наше будущее” – Режим доступа: <http://uneworld.ucoz.com>

2. International energy technology collaboration and climate change mitigation Case Study 5: Wind Power Integration into Electricity Systems, *Debra Justus*, Organisation for Economic Cooperation and Development, 2005

3. *Marevosyan J.* Wind power in areas with limited transmission capacity // Wind power in power systems. Edited by T. Ackerman – John Wiley & Sons, Ltd, 2005

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОГО ВЛИЯНИЯ ВЕТРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ НА ПРОПУСКНУЮ СПОСОБНОСТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Лысенко О.В.

Аннотация – в статье проведен анализ влияния ветроэлектростанций на пропускную способность электрических сетей. Показана зависимость пропускной способности от мощности, которая генерируется ветроэлектростанцией. Проанализирована схема замещения воздушной линии и получена зависимость напряжения в точке подключения ветроэлектростанции от параметров сети и мощности, которая потребляется.

ANALYZED THE LIKELY IMPACT WIND POWER PLANT THROUGHPUT OF ELECTRICAL NETWORKS

O. Lysenko

Summary

The article is analyzed the impact of wind power capacity of power grids. Dependence of throughput on the power produced by wind power is shown. Circuit of transmission line is analyzed and voltage dependence of wind farm connection point on the network is.

УДК 631.3

УЗГОДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОБ'ЄКТІВ З ПОТЕНЦІАЛОМ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ СТОСОВНО ЗАХІДНОГО РЕГІОНУ УКРАЇНИ

Боярчук В.М., к.т.н.,

Сиротюк В.М., к.т.н.,

Сиротюк С.В., к.т.н.,

Гальчак В.П., к.ф.-м.н.

Львівський національний аграрний університет

Тел.: (032) 22-42-958

Анотація – розглядається питання відповідності отримання енергії з відновлюваних джерел з потребою об'єктів, обґрунтовано необхідність оптимізації структури системи та коефіцієнта заміщення.

Ключові слова - енергетичні потреби, енергозабезпечення об'єктів, місцевий енергетичний потенціал, комбінована енергетична система, рівень заміщення, акумулювання енергії.

Постановка проблеми. Внаслідок вичерпності запасів викопних енергетичних копалин і загострення екологічних проблем, використання відновлюваних джерел енергії набуває все більшої актуальності. Використання їх в комбінованих системах енергозабезпечення виробничих і побутових об'єктів є найбільш перспективним і ефективним внаслідок взаємної компенсації нерегулярності надходження кожного виду зокрема. Однак, використання відновлюваних джерел енергії в комбінованих системах потребує диференційованого підходу до узгодження структури системи з технологічними потребами та технічно доступними енергетичним потенціалом.

Аналіз останніх досліджень. Аналіз літературних джерел [1-4] свідчить про суттєву нерівномірність розподілу в просторі і в часі надходжень відновлюваних джерел енергії, зокрема, енергії вітру та сонця. На даний час методика обґрунтування параметрів комбінованих систем енергозабезпечення об'єктів з врахуванням регіональних особливостей природних ресурсів недостатньо розроблена і не знайшла

свого широкого відображення у наукових публікаціях. Існують окремі спроби реалізації поєднання вітрових і сонячних енергетичних систем [5-7], обґрунтування структури яких, очевидно, здійснено без врахування регіональних кліматичних особливостей і режиму використання енергії споживачем.

Формулювання цілей статті. Обґрунтування структури комбінованих систем енергозабезпечення необхідно здійснювати базуючись на територіальних значеннях природних ресурсів. При встановленні, для потреб енергозабезпечення об'єктів, окремих засобів використання відновлюваних джерел енергії рекомендується здійснювати дослідження наявних природних ресурсів конкретного виду для заданої місцевості. Це суттєво збільшує тривалість здійснення проектно-пошукових робіт та реалізації проекту загалом. Для ефективного використання технічних засобів для енергозабезпечення об'єктів за наявних природних ресурсів необхідно обґрунтувати раціональну структуру комбінованої системи та узгодити їх енергетичні параметри та режими роботи. Крім того, слід проводити моніторинг обсягів та режимів споживання енергії споживачем, як головний чинник у функції якого здійснюється обґрунтування структури та енергетичних параметрів структурних елементів комбінованої системи.

Основна частина. Як свідчать дані літературних джерел щодо регіонального наявного природного потенціалу вітрової і сонячної енергії [1-4] існує чітка тенденція сезонної нерівномірності та циклічної закономірності надходження енергії, однак кількісна її характеристика має суттєву відмінність по досліджуваних регіонах. Нами проведено розрахунок технічно доступного енергетичного потенціалу вітрової та сонячної енергії, що припадає на 1 м² сприймаючої поверхні західного регіону України (рис.1, 2).

Для обґрунтування структури системи енергозабезпечення необхідно здійснити аналіз динаміки потреби в різних видах енергії для характерних об'єктів споживання, узгодивши їх з реальною нерівномірністю надходження. Зокрема, дослідження засвідчили стабільну закономірність підвищення рівня енергетичного потенціалу вітру у зимовий період року, в той час як максимум надходження сонячної енергії відповідає літньому.

Для з'ясування можливості повної або часткової компенсації нерівномірності надходження енергії вітру та сонця нами здійснено суміщення в часі графіків їх енергетичного потенціалу для досліджуваних регіонів (рис.3).

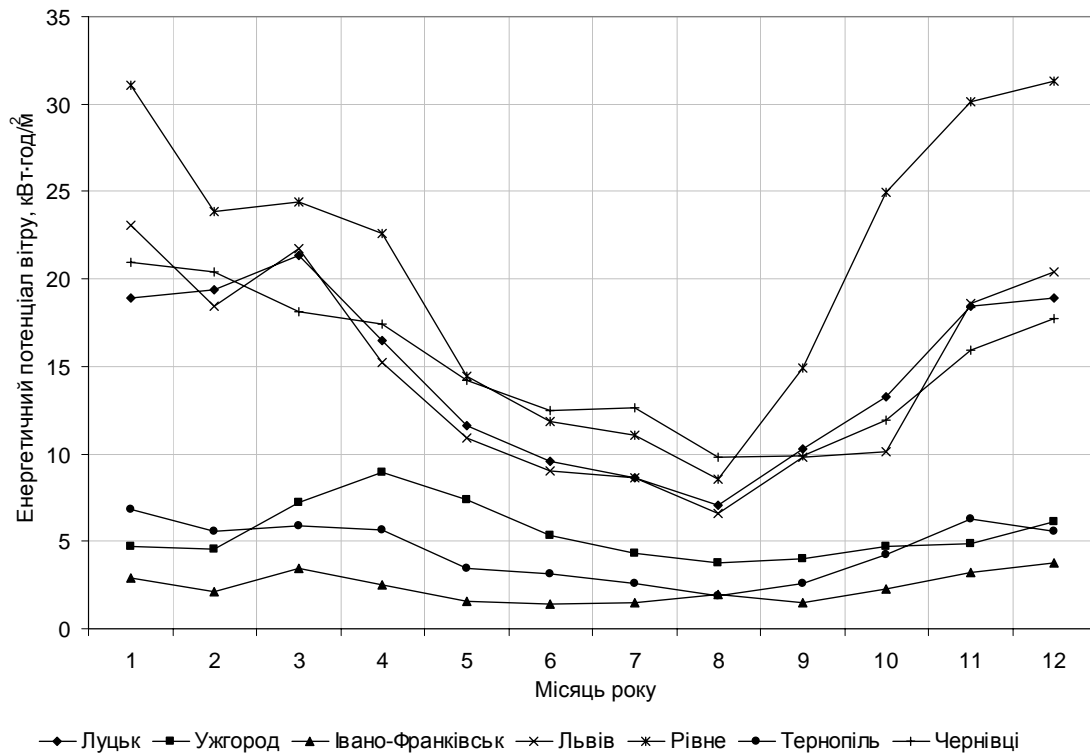


Рис. 1. Сезонний енергетичний потенціал вітрової енергії для західного регіону України.

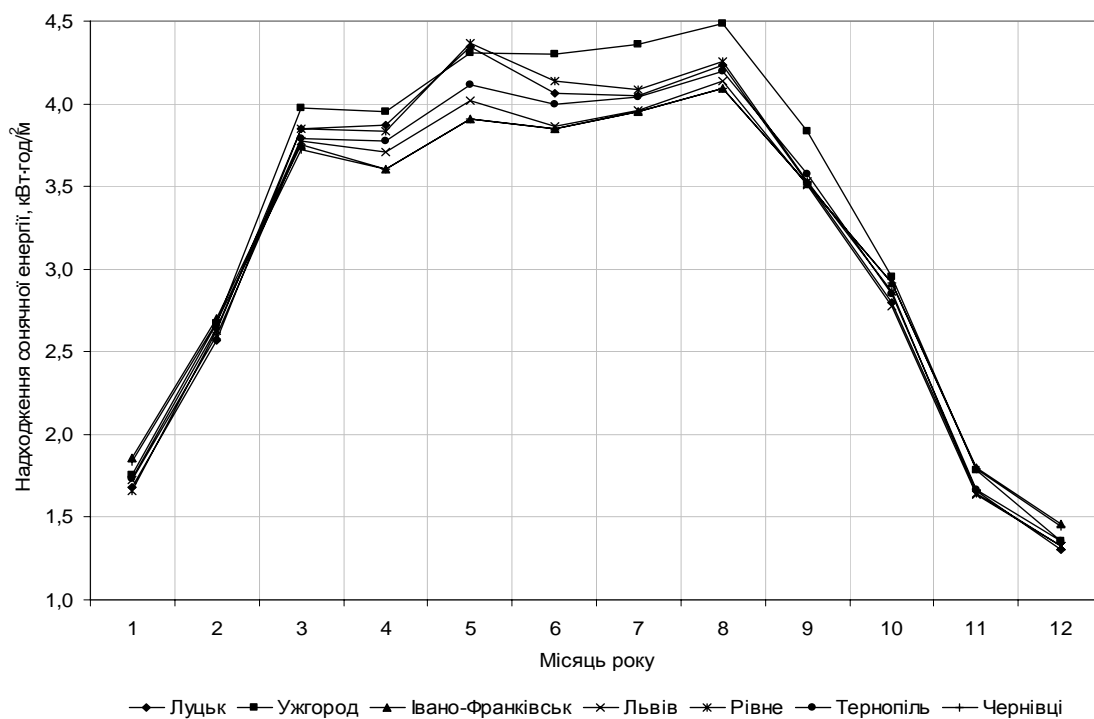


Рис. 2. Сезонний енергетичний потенціал сонячної енергії для західного регіону України.

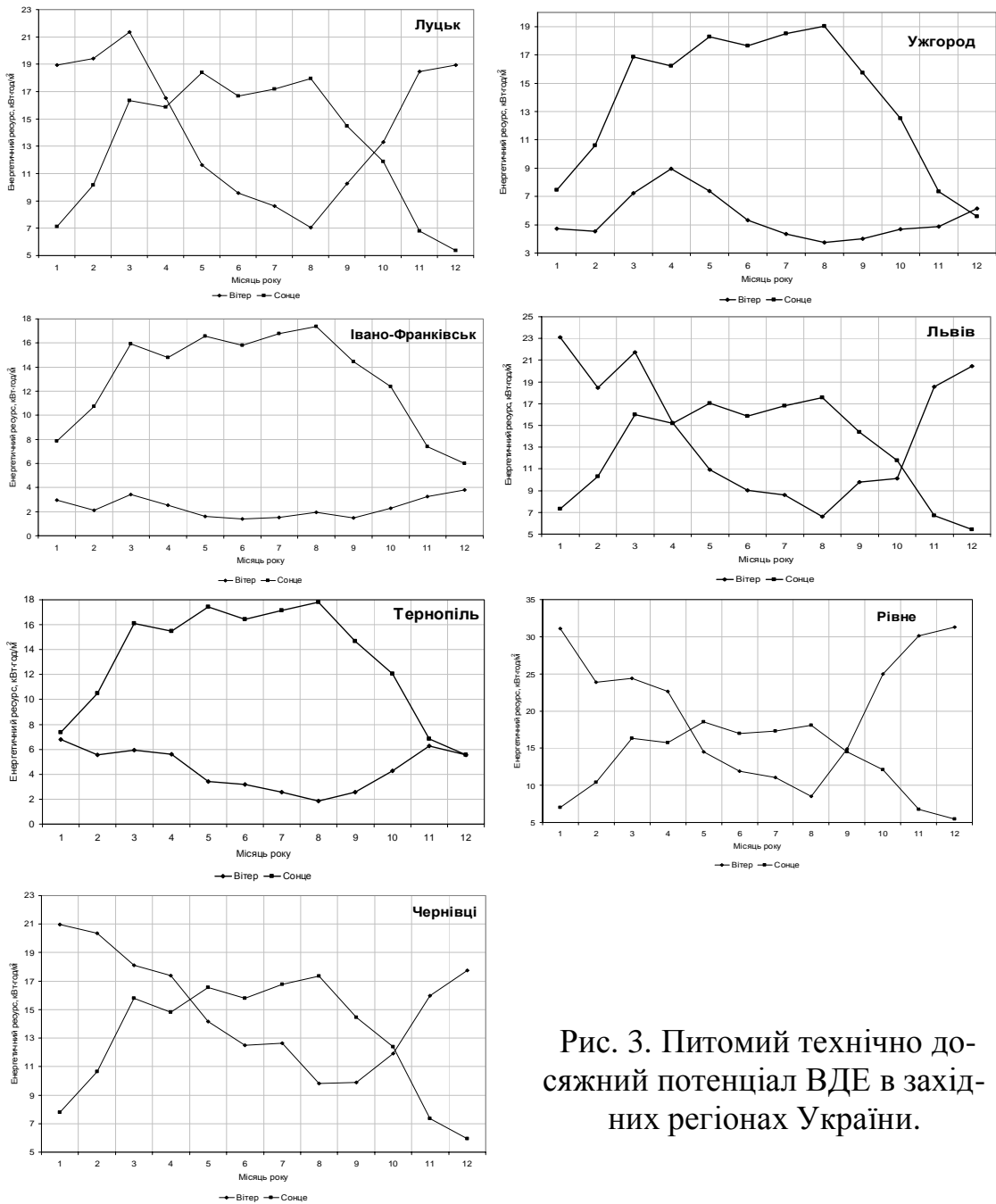


Рис. 3. Питомий технічно до-сяжний потенціал ВДЕ в захід-них регіонах України.

Залежності сезонного надходження енергії, які подані на рис. 3, свідчать про доцільність створення комбінованих систем використання енергії вітру та сонця для більшості регіонів, що забезпечить повну або часткову компенсацію нерівномірності надходження кожного джерела зокрема.

З даних, поданих на рис.3, видно, що співвідношення кількісних показників надходження енергії вітру та сонця для різних регіонів суттєво відрізняється. Відповідно співвідношення рівнів заміщення кожного виду енергії в системі для різних регіонів також буде різною.

Таким чином, повинні бути різними і технічні та технологічні параметри енергетичного обладнання комбінованої системи.

Річний теоретичний рівень заміщення потреби в енергії споживача може бути поданий залежністю

$$K_3 = \frac{\int_0^T (q_i(t)S_i + q_j(t)S_j) dt}{\int_0^T (W_i(t) + W_j(t)) dt}, \quad (1)$$

де Δt – проміжок часу, год.;

$q_i(t)$, $q_j(t)$ – поточне значення питомої інтенсивності надходження вітрової та сонячної енергії, відповідно, кВт·год./м²;

S_i , S_j – площа сприймаючої поверхні вітрової та сонячної енергетичної установок, відповідно, м²;

$W_i(t)$, $W_j(t)$ – поточне значення потужності споживачів, які використовують енергію, вироблену вітровою та сонячною енергетичними установками, відповідно, кВт;

T – річна тривалість часу, год.

Структура комбінованої системи значною мірою буде залежати від вибору критеріїв оптимальності, якими можуть бути ступінь заміщення енергії в річному балансі та в енергетично напружений період, собівартість одиниці отриманої енергії, балансова вартість системи та термін її окупності тощо.

Нами здійснено обґрунтування раціональної структури системи комплексного енергозабезпечення об'єктів для метеорологічних умов м. Львова за критерієм максимального річного рівня заміщення традиційних енергоносіїв засобами відновлюваної енергетики, в якій кількість продукування енергії від сонячної фотоелектричної системи становитиме 60%, а на вітроелектричну установку припадатиме 40% (рис. 4).

Цей графік відображає лише відповідність річного балансу енергій. Однак, тут та у формулі (1) не враховано узгодження поточних потреб з рівнями надходження енергії. Рівень неузгодженості цих показників може бути компенсований застосуванням акумуляторів енергії. Причому, кількість акумульованої енергії залежатиме як від рівня неузгодженості, так і періоду гарантованого енергозабезпечення. Кількість накопичення енергії в акумуляторній батареї може бути відображено залежністю

$$Q_{ак} = Q_o + \int_0^{T_{рез}} \{W_{ij}(t) - [q_i(t)S_i + q_j(t)S_j]\} dt, \quad (2)$$

де Q_o – початкове значення кількості акумуляторної енергії, В·А·год.

$T_{рез}$ – тривалість резервування енергії, год.

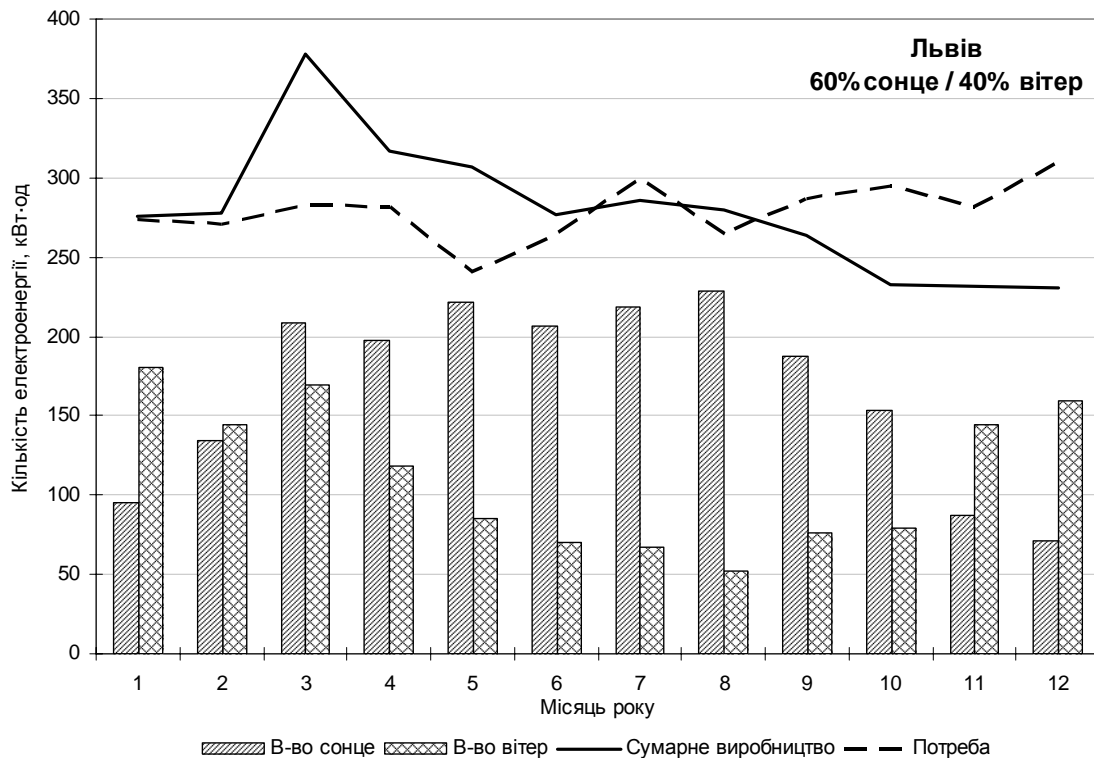


Рис. 4. Баланс потреби та виробництва енергії ВДЕ для умов м. Львова.

Період резервування енергії з одного боку зумовлений технологічним процесом, а з другого – періодом нерегулярності надходження енергії. Тому ємність акумуляторної батареї повинна бути узгоджена з цими обмеженнями.

Позитивний енергетичний баланс в періоді гарантованого енергозабезпечення свідчить про достатнє надходження енергії та ємність системи акумулявання. У протилежному випадку необхідно застосувати резервне джерело енергії для підтримання енергетичного балансу.

Висновки. Забезпечення повної компенсації нерегулярності надходження відновлюваних джерел енергії може бути досягнуто застосуванням акумуляторної батареї великої ємності, що не узгоджується з економічною доцільністю.

Слід також зауважити, що в формулі (1) не враховано нижній поріг рівня можливого сприйняття енергії, який залежить від типу сприймаючого енергію пристрою, способу перетворення енергії і типу акумулюючого пристрою. Так, для вітрової турбіни розрізняють швидкість вітру зрушування, початку генерування енергії, початку сприйняття енергії акумулюючим пристроєм, досягнення номінальних показників енергії та номінального режиму роботи, а також максимально допустимої швидкості вітру. Для фотоелектричних панелей рівень світлового потоку також повинен диференціюватись на такий, при якому досягається напруга рівна напрузі акумулюючого пристрою, робоча напруга та допустимий струм і струм, що перевищує допустиме значення для акумуляторної батареї.

У випадку недосягнення нижніх меж параметрів електричної енергії її використання є неможливим, і ця частка енергії втрачається. У випадку досягнення верхніх допустимих значень параметрів електричної енергії регулювальні засоби обмежують потужність перетворювальних пристроїв. Таким чином, також втрачається частка енергетичного потенціалу.

Частка енергетичного потенціалу також може бути втрачена внаслідок невідповідності ємності акумуляторної батареї умовам потреби споживача. Тобто, при досягненні повного рівня зарядженості акумуляторної батареї необхідно обмежувати сприйняття енергії для запобігання її руйнування.

Це зумовлює необхідність чіткого узгодження параметрів між структурними елементами системи.

Література

1. *Кінаш Р.І.* Вітрове навантаження і вітроенергетичні ресурси в Україні / *Кінаш Р.І., Бурнаєв О.М.* – Львів: Видавництво науково-технічної літератури, 1998. –1152с.
2. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3: Многолетние данные. Части 1-6. Вып.10, Украинская ССР, Книга 1. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 195 с.
3. *Корчемний М.* Енергозбереження в агропромисловому комплексі / *Корчемний М., Федорейко В., Щербань В.* – Тернопіль: Підручники і посібники, 2001. - 984с.
4. Atmospheric Science Data Center [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://eosweb.larc.nasa.gov> .
5. Офіційна сторінка ПП «Аванте» [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://avante.com.ua> .

6. Как используют энергию ветра и солнца в Украине: практический пример. *Дмитрий Голуб* [energy.ua] специально для rypok.biz. http://rynok.biz/a/2009/04/22/Kak_ispolzujut_jenergiju_ve2?readcomment=1#comment.

7. Досвід впровадження “вітро-сонячних” енергосистем в Україні. "Електротема" № 23 (31) 9-21 грудня 2003 року. <http://www.proelectro.info/ru/content/detail/3140>.

СОГЛАСОВАНИЕ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ОБЪЕКТОВ С ПОТЕНЦИАЛОМ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОГО РЕГИОНА УКРАИНЫ

Боярчук В.М., Сиротюк В.М., Сиротюк С.В., Гальчак В.П.

Аннотация - рассматриваются вопросы соответствия получения энергии из возобновляемых источников с потребностью объектов, обоснована необходимость оптимизации структуры системы и коэффициента замещения.

CONCORDANCE OF POWER PROVIDING OF OBJECTS WITH POTENTIAL OF RENEWABLE ENERGY SOURCES IN RELATION TO WESTERN REGION OF UKRAINE

V. Bojarchuk, V. Syrotyuk., S. Syrotyuk., V. Halchak

Summary

The question of concordance of receipt of energy is considered from renewable sources with a consumer need, grounded necessity of optimization of structure of the system and level of substitution.



УДК 631.3

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ БИОГАЗА ИЗ ОТХОДОВ И СЫРЬЯ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Крайнов Ю.Е., аспирант*

Вандышева М.С., инженер

Нижегородский государственный инженерно-экономический институт, г. Зерноград (Российская Федерация)

Тел.: (83166)-415-50

Аннотация - рассматривается использование эффекта кавитации для подготовки субстрата – материала для получения биогаза из отходов и сырья сельскохозяйственного производства во вновь разработанной биогазовой установке, в которой применён также вновь созданный гидродинамический теплогенератор-деструктор.

Ключевые слова - технология, биогазовая установка, субстрат, отходы, гидродинамический теплогенератор-деструктор, эффект кавитации.

Постановка проблемы. При наличии трудностей с традиционными видами топлива (уголь, нефтепродукты и т. п.), если у вас есть навоз КРС или свиней, птичий помет, пивоваренная дробина, сыворотка, барда, отходы бойни с мясокомбинатов, пищевые остатки и биомусор из коммунальных служб - то вы обладатель ценного сырья для биогазовой установки.

Биогазовая установка – это элемент современного, безотходного производства во многих областях сельского хозяйства и пищевой промышленности.

Основа любой биогазовой установки – биореактор. К его конструкции предъявляются достаточно жесткие требования. Так, корпус должен быть прочным при абсолютной герметичности стенок. Обязательны хорошая теплоизоляция стенок и их способность надежно противостоять коррозии. При этом должна быть предусмотрена возможность загрузки и опорожнения реактора, а также доступ к его внутреннему пространству для обслуживания.

© Крайнов Ю.Е., аспирант; Вандышева М.С., инженер

* Научный руководитель: Оболенский Н.В., д.т.н., профессор

Анализ последних исследований. В 80-е годы разрабатывалось около 60 разновидностей биогазовых технологий. [1]. Для их реализации имеются проекты индивидуальных установок, рассчитанные на небольшие фермерские хозяйства, а также проекты промышленных установок. На рис. 1 показана предложенная авторами конструктивно-технологическая схема установки для выработки

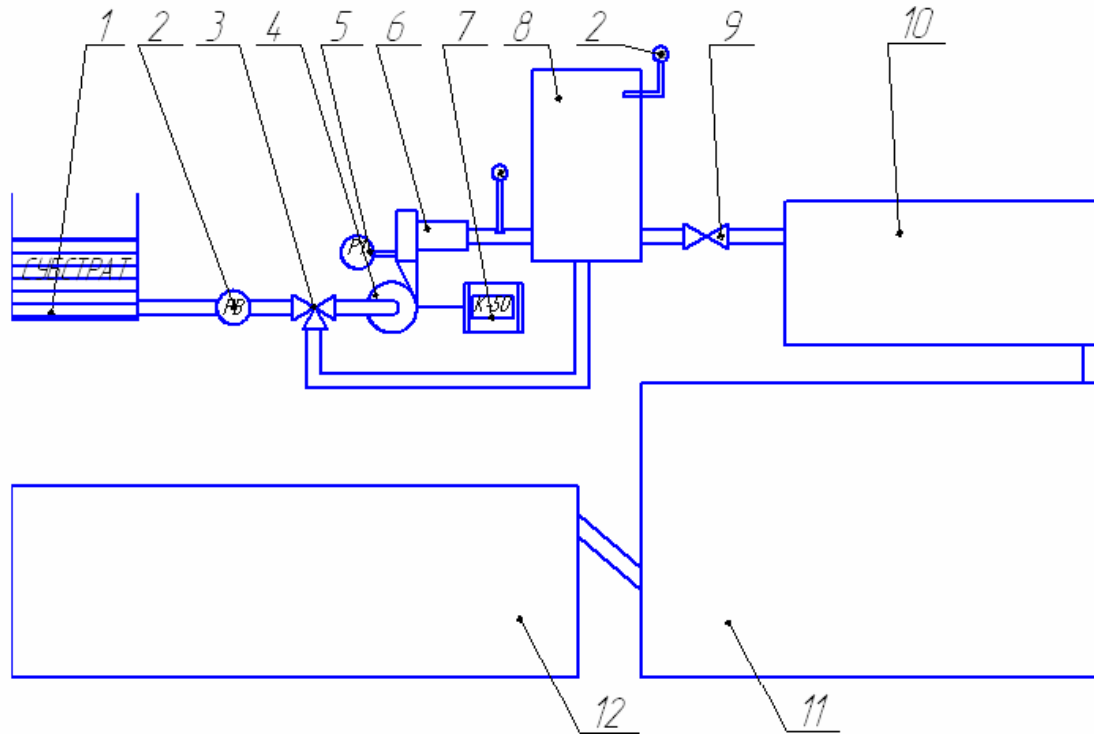


Рис. 1. Конструктивно-технологическая схема установки для выработки биогаза.

Установка содержит (рис. 1): 1 – бункер загрузочный; 2 – расходомер; 3 – трехходовой кран; 4 – центробежный насос; 5 – манометр; 6 – теплогенератор-деструктор; 7 – комплект измерительный К-50; 8 – резервуар; 9 – вентиль; 10 – подготовительный реактор; 11 – метантенк; 12 – емкость для выгрузки.

Формулирование целей статьи. Изучить возможность использования теплогенератора-деструктора в технологической схеме производства биогаза.

Основная часть. Биогаз является продуктом обмена веществ бактерий, образующимся вследствие разложения ими органического субстрата.

Биомасса (отходы или зеленая масса) подается в загрузочный бункер, где происходит её перемешивание. От качества приготовления субстрата зависит не только эффективность, но и возможность работы биогазовой установки. Технология подготовки биомассы сво-

дится к измельчению отходов для качественного улучшения её структуры и повышения однородности. Измельчение биомассы улучшает структуру и однородность исходного сырья.

Для нормального протекания брожения необходима слабощелочная реакция среды ($pH = 6,7 \dots 7,6$). Расщепление органики на отдельные составляющие и превращение в метан может проходить лишь во влажной среде, поскольку бактерии могут перерабатывать вещества только в растворенном виде. В этой связи брожение твердых субстратов должно происходить с добавлением воды.

Из загрузочного бункера измельченная биомасса насосом прокачивается через теплогенератор-деструктор в резервуар, из которого самотеком доставляется в биореактор, где посредством шнека происходит равномерное перемешивание массы, а также ее перемещение в метантенк.

Биореактор является газонепроницаемым, полностью герметичным резервуаром, теплоизолированным слоем утеплителя. Внутри биореактора поддерживается фиксированная температура, необходимая для жизнедеятельности микроорганизмов. Подогрев биореактора осуществляется теплой водой. Система подогрева - это сеть трубок, находящихся на внутренней стенке поверхности биореактора, в котором происходит образование газа из субстратов[2].

Кроме газа на выходе из биореактора получают ещё и биоудобрения (компостированный и жидкий субстрат).

Для эффективной работы установки, производящей биогаз, кроме строго анаэробной среды, необходимо соблюдать ряд требований. Основным из которых является подготовка продукта к брожению. С этой целью разработан гидродинамический теплогенератор-деструктор биомассы[3], рис.2.

Теплогенератор-деструктор содержит крышку 1, улитку 2 (показан набор сменных улиток), вихревую цилиндрическую камеру 3, представляющую собой трубу с обеих торцов оснащённую фланцами 4, резонатор 5, выходной патрубком с фланцем - 6.

Специально спроектированный теплогенератор-деструктор позволяет создавать в его полости эффект кавитации, разрушительная сила которой используется для придания исходному сырью однородной и гомогенной консистенции.

Под воздействием направленной и управляемой кавитации в биологическом сырье рвутся сложные связи волокон органических веществ на молекулярном уровне. Как следствие этого процесса, дисперсность биологического сырья значительно увеличивается, и его частицы уменьшаются в размерах. Таким образом, штаммам бактерий,

участвующих в процессе образования биогаза, создаются более благоприятные условия для разложения биогенных материалов благодаря разрушению неоднородности их структуры и, соответственно, увеличения площади покрытия бактериями биологического сырья.

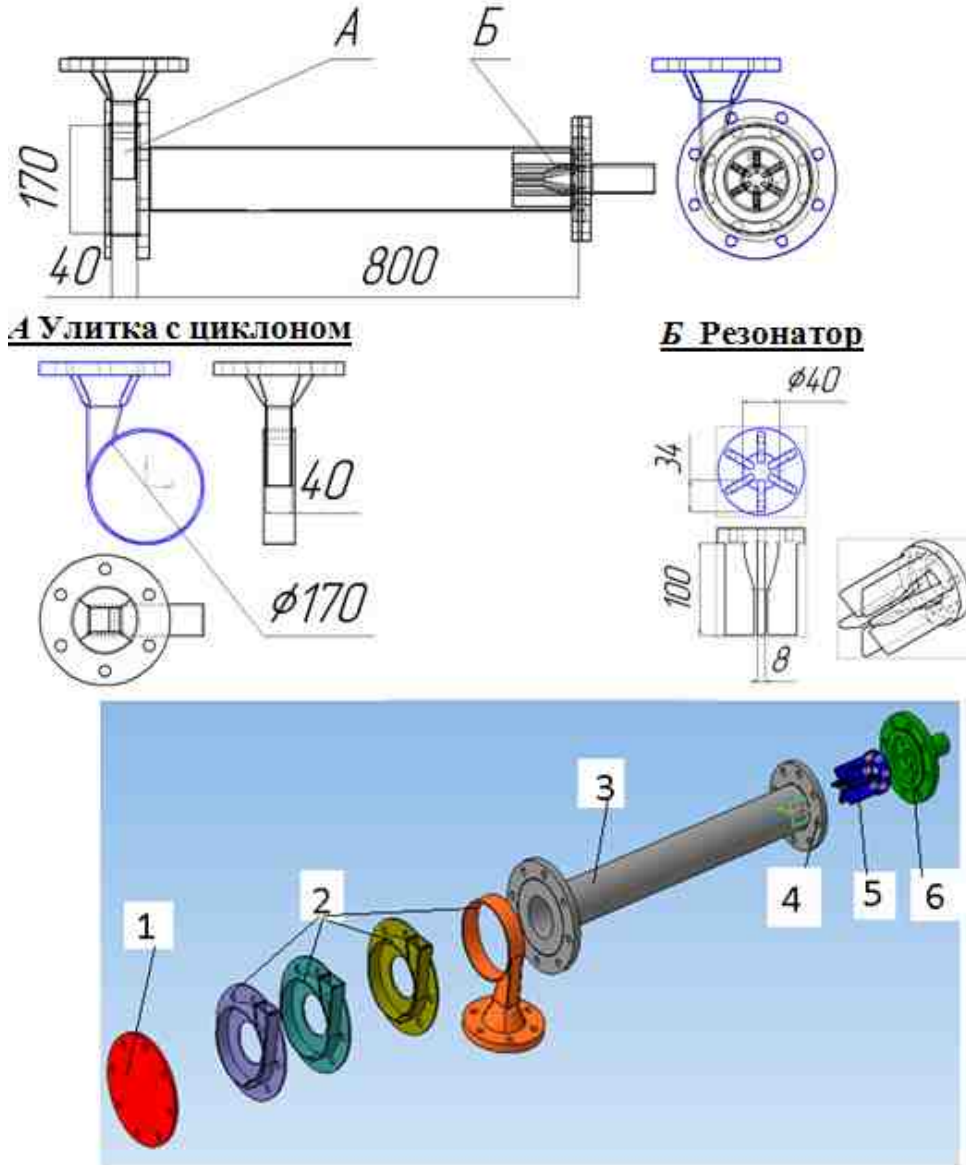


Рис. 2. Гидродинамический теплогенератор-деструктор.

Работа теплогенератора-деструктора заключается в том, что среда (вода, биомасса) нагнетается насосом в улитку, обеспечивающую тангенциальный ввод потока холодной жидкости в пристеночную область цилиндрической вихревой камеры. В вихревой камере тангенциально введенный поток закручивается, ускоряется и, вращаясь, движется вдоль камеры по направлению к выходному патрубку, перед которым затормаживается специальным устройством и поступает наружу потребителю через выходной патрубок.

Для оптимизации геометрических параметров основных узлов, разработана имитационная модель теплогенератора-деструктора и, сначала, выполнена конструкционная часть имитационной модели с использованием пакета SolidWorks 2010 for Windows для ПЭВМ на основании оптимальных геометрических параметров, определенных при спланированных многофакторных экспериментах. Затем выполнено решение полученной математической модели методом граничных условий и ее визуализация в прикладном пакете CosmosFloWorks. Имитационная модель подтвердила адекватность расчетных данных математической модели, в том числе, зависимость нагрева жидкости от давления на входе в теплогенератор-деструктор.

Теплогенератор-деструктор позволяет получать биогаз и, кроме того, осуществлять исследование удельного энергопотребления для нагрева 1 кг воды на 1 °С (Вт · ч/кг·°С).

Определение удельного энергопотребления осуществлялось на основании экспериментальных данных по уравнению [4]

$$W_{y\partial} = W/(G_{\phi} \cdot \Delta t),$$

где W – количество электроэнергии, потреблённой электродвигателями насосов в течение часа, Вт · ч;

G_{ϕ} – количество воды, нагретой в течение часа, кг;

Δt – разность между температурой воды на входе в теплогенератор при $\tau = 1$ ч (t_{κ}) и при $\tau = 0$ (t_{μ}), °С.

Выводы. Результаты определения удельного энергопотребления, из которого следует, что наименьшее энергопотреблением имеют тепло генераторы, оснащённые рассекателями потока, а так же наименьшей удельной мощностью обладает теплогенератор-деструктор, с улиткой, имеющей удлиненный сектор (Аппарат) источник широкого ассортимента товарной продукции:

- тепловой энергии – от сжигания биогаза;
 - электрической энергии - 1 м³ биогаза позволяет выработать 2...3 кВт электроэнергии;
 - газ-топливо для автотранспорта;
 - высококачественные удобрения - экологически чистые, лишённые нитратов, семян сорняков, болезнетворной микрофлоры. (Расход этих удобрений для обработки 1 га земли в 10...20 раз меньше, чем необработанного навоза, при повышении урожайности на 30...40%)
- Биогазовая установка избавляет от экологических проблем – поскольку предотвращает выброс метана в атмосферу, сокращает или позволяет отказаться от применения химических удобрений.

Биогаз, полученный в собственной ферме или подворье, если не полностью, то хотя бы частично может обеспечить потребности сельских жителей, владельцев дачных и садовых участков в топливе и электроэнергии.

Литература

1. *Баадер В.* Биогаз: теория и практика. (Пер. с нем. и предисловие М.И. Серебряного)/ *Баадер В., Доне Е., Бренндерфер М.* – М.: Колос. 1982. – 148 с.
2. *Ковалев Н.Г.* Проектирование систем утилизации навоза на комплексах / *Н.Г. Ковалев, И.К. Глазков* – М.: Агропромиздат. 1989. – 360с. *Оболенский Н.В.* Гидродинамический источник теплоты / *Н.В. Оболенский, Ю.Е. Крайнов* // «Механизация и Электрификация сельского хозяйства». – 2012. – № 1 – С. 24,25.
4. *Осокин, В.Л.* Результаты экспериментально-теоретических исследований по разработке стенда испытаний подогревателей воды / *В.Л. Осокин* – Княгинино: НГИЭИ, 2011. – 142 с.

ТЕХНОЛОГІЯ ОТРИМАННЯ БІОГАЗУ З ВІДХОДІВ ТА СИРОВИНИ У СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Крайнов Ю.Є., Вандишева М.С.

Анотація – розглядається використання ефекту кавітації для підготовки субстрату – матеріалу для отримання біогазу з відходів та сировини сільськогосподарського виробництва у розробленій біогазовій установці, в якій використано знов створений гідродинамічний теплогенератор-деструктор.

TECHNOLOGY FOR PRODUCTION OF BIOGAS FROM BIOGARBAGE AND RAW MATERIALS IN AGRICULTURE

Yu. Kraynov, M. Vandysheva

Summary

Use of effect of cavitations for production of biogas from biogarbage in again developed biogas installation in which it is applied also again created hydrodynamic heatsource-destruktork is considered.

УДК 633.844 : 631.354.2 (477.7)

ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ОПТИМАЛЬНОГО СПОСОБУ ТА РЕЖИМІВ КОМБАЙНОВОГО ЗБИРАННЯ НАСІННЯ ГІРЧИЦІ САРЕПТСЬКОЇ В УМОВАХ СУХОГО СТЕПУ

Жуйков О.Г. к.с.-г.н.

Херсонський державний аграрний університет

Тел.: (0552) 23-6026

Анотація - в статті наведені результати досліджень способу комбайнового збирання, робочої швидкості руху комбайнового агрегату та частоти обертання молотильного барабану за однофазного способу збирання, впливу зазначених факторів на насіннєву продуктивність культури, рівень непродуктивних втрат насіння та його пошкодження при обмолоті.

Ключові слова - гірчиця сарептська, спосіб комбайнового збирання, робоча швидкість, частота обертання, насіннєва продуктивність, втрати, пошкодження насіння.

Постановка проблеми. Не зважаючи на ту обставину, що практика вирощування гірчиці сарептської (сизої) в Україні сягає більше ніж 60 років, для більшості вітчизняних сільгосптоваровиробників вона і на сьогодні залишається нетрадиційною культурою з багатьма «білими плямами» в технології вирощування. Проте погодні умови цього року довели, що за вкрай несприятливого стану озимого ріпакового клину через екстремальні умови перезимівлі та значну ґрунтову та повітряну посуху у квітні-травні, альтернатива для пересіву посівних площ озимого ріпаку, що випали, майже відсутня. Серед культур сівозмін Півдня України, які б повноцінно замінили недоотримані об'єми ріпакової сировини, дали змогу провести сівбу у найбільш ранні строки з метою максимально повного використання осінньо-зимових запасів ґрунтової вологи, характеризувалися нетривалим вегетаційним періодом, що б давало змогу використовувати їх як відмінний попередник для ведучої культури зони – озимої пшениці, мали високий рівень екологічної пластичності і гарні показники якості сировини, придатної для харчового використання, лише гірчиця сарептська */Brassica juncea Zhern./* відповідає зазначеним вимогам.

Аналіз останніх досліджень. Нажаль, технології вирощування даної культури майже не приділялася увага науковців і більшість агроприймів у технології її виробництва застосовувалися за аналогією озимого ріпаку, не враховуючи морфологічних і біологічних особливостей культури. І якщо останнім часом, враховуючи значний інтерес з боку практиків агровиробництва до культури, інтенсивно вивчаються окремі технологічні аспекти її вирощування, то відомості щодо проблеми механізованого збирання гірчиці сизої в сучасній науковій літературі взагалі відсутні.

Формулювання цілей статті. До основних задач наших досліджень входило встановлення способу комбайнового збирання насіння гірчиці сарептської і оптимальних режимів роботи елементів комбайнового агрегату. Завдання реалізувалося шляхом проведення однофакторних польових дослідів у ФГ «АЛВІС» Білозерського району Херсонської області, с. Киселівка. Загальна площа дослідної ділянки становила 1 га, облікова – 1000 м², збиральна техніка, що використовувалася у досліді – зернозбиральний комбайн КЗС-9 «Славутич» з пристроєм ПСТ-10, втрати за комбайном обліковувалися способом розстилання по ширині захвату брезенту і подальшого зважування. Врожайність насіння гірчиці сарептської перераховувалася на кондиційні параметри – вологість 10%, чистота 100%. Визначення параметрів вологості, чистоти, травмування насіння відбувалося шляхом відбору проб із бункеру комбайну з подальшим формуванням середнього зразку масою 100 г.

Основна частина. Чи не найбільш дискусійним питанням у збиральному блоці технології вирощування культури є вибір способу комбайнового збирання, при цьому точка зору науковців дуже часто різниться діаметрально. Зважаючи на невизначеність та відсутність загальної думки за даним принциповим аспектом технології виробництва культури, нами були проведені дослідження щодо ефективності різних способів комбайнового збирання гірчиці сарептської (табл. 1).

У порівнянні з ідеальними умовами, що були змодельовані у варіанті трьохфазного способу комбайнового збирання культури, застосування однофазного (прямого) способу у порівнянні з двофазним (роздільним) характеризувалося більшою ефективністю і забезпечувало більшу врожайність кондиційного насіння гірчиці сарептської за роки проведення досліджень.

Таблиця 1 –
Вплив способу комбайнового збирання на врожайність кондиційного насіння гірчиці сарептської сорту Мрія (ФГ «АЛВІС», Білозерський район Херсонської області, середнє за 2009-2011 рр.)

Спосіб комбайнового збирання	Урожайність, ц/га	+- до контролю	
		ц/га	%
Трьохфазний – контроль*	12,9	-	-
Однофазний	12,3	-0,6	-4,7
Двохфазний	10,8	-1,8	-13,9
НІР ₀₅ , ц/га		0,47	

Примітка*: за трьохфазного способу збирання сноповий матеріал відбирався на дослідній ділянці, доправлявся і обмолочувався в стаціонарних умовах

Нижче нами наведені результати експериментальних даних щодо визначення режимів роботи комбайнового агрегату за прямого способу механізованого збирання насіння гірчиці сарептської як такого, що характеризувався більшою ефективністю у порівнянні з роздільним способом. Зважаючи на зростаючу енергонасиченість сільськогосподарського виробництва і збільшення питомої ваги у вітчизняному МТП потужних, швидкісних комбайнових агрегатів, нами була досліджена оптимальна швидкість зернозбирального комбайну при збиранні культури (табл. 2).

Таблиця 2 –
Визначення оптимальної швидкості руху зернозбирального комбайну при прямому комбайнуванні гірчиці сарептської сорту Мрія (ФГ «АЛВІС», Білозерський район Херсонської області, середнє за 2009-2011 рр.)

Швидкість руху, км/год.	Урожайність насіння, ц/га	+- до контролю	
		ц/га	%
0 (стаціонарний обмолот – контроль)	12,9	-	-
5	12,2	-0,7	-5,4
6	12,2	-0,7	-5,4
7	12,1	-0,8	-6,6
8	12,0	-0,9	-7,5
9	11,2	-1,7	-15,2
10	10,8	-2,1	-19,4
11	10,3	-2,6	-25,2
12	10,0	-2,9	-29,0
НІР ₀₅ , ц/га		0,57	

Загалом, відмічена стала тенденція, згідно якої із збільшенням швидкості руху агрегату відсоток непродуктивних втрат насіння гірчиці сарептської зростає. Особливо критичних значень цей процес набуває за робочої швидкості агрегату 8 км/год. і вище (рис. 1).

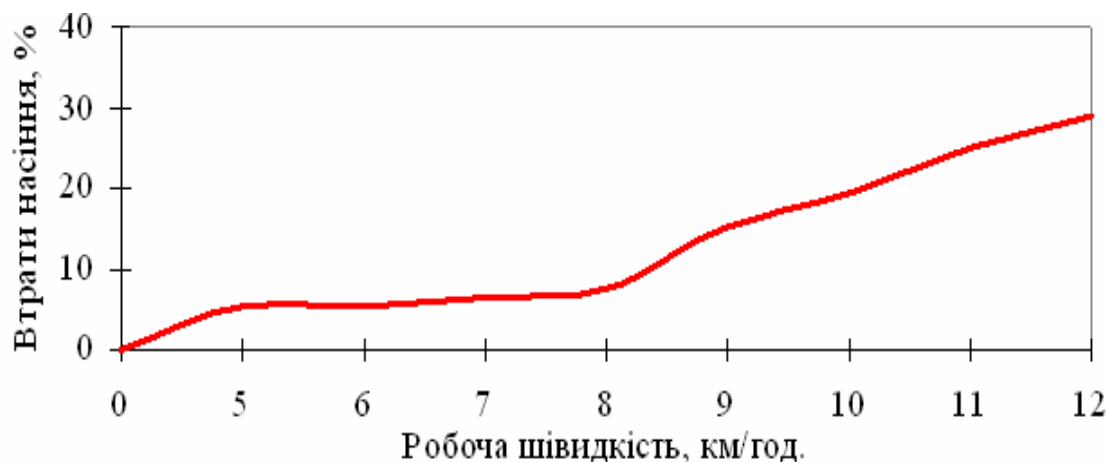


Рис. 1. Залежність непродуктивних втрат насіння від швидкості руху комбайнового агрегату при прямому збиранні гірчиці сарептської (ФГ «АЛВІС» середнє за 2009-2011 рр.)

Через ту обставину, що близько 60% товарного насіння гірчиці сарептської експортується за межі України, а закордонними трейдерами висуваються дуже жорсткі вимоги до кондиційних показників товарної партії – крім традиційних вологості та чистоти, до уваги береться відсоток дробленого насіння, що зумовлює вміст в насінні ефірної алілової олії, яка швидко втрачається через мікропошкодження насінневої оболонки, нами був проаналізований вплив режимів роботи молотильного апарату зернозбирального комбайну на показник травмування насіння гірчиці сарептської (табл. 3).

За роки проведення досліджень, встановлено, що оптимальним режимом роботи молотильного апарату зернозбирального комбайну при обмолоті насіння гірчиці сарептської є робота із частотою обертання 600 об/хв. Режим роботи із меншою частотою характеризувався неповним обмолотом рослинної маси і, як наслідок, недостатнім рівнем сепарування насіння, що негативно позначалося на насінневій продуктивності гірчиці сарептської. Із збільшенням частоти обертання молотильного барабану доказового зростання врожайності культури в досліді не зафіксовано, проте спостерігалось значне зростання питомої маси механічно пошкодженого (сколите, дроблене) насіння в бункерній масі.

Таблиця 3 –
Вплив швидкості обертання молотильного барабану на якість обмолоту і пошкодження насіння гірчиці сарептської сорту Мрія (ФГ «АЛВІС», Білозерський район Херсонської обл., середнє за 2009-2011 рр.)

Частота обертання молотильного барабану, об/хв.	Урожайність насіння, ц/га	+- до контролю		Кількість пошкодженого насіння, %
		ц/га	%	
Лабораторний обмолот – контроль	12,9	-	-	0,2
400	11,3	-1,6	-12,4	0,5
500	11,7	-1,2	-9,3	0,6
600	12,2	-0,7	-5,4	0,7
700	12,2	-0,7	-5,4	0,7
800	12,1	-0,8	-6,2	1,3
900	12,0	-0,9	-7,0	1,9
1000	11,8	-1,1	-8,5	2,2
НІР ₀₅ , ц/га		0,61		

Висновки. Отримані результати експериментальних досліджень дозволяють рекомендувати сільгосптоваровиробникам Півдня України, що спеціалізуються на виробництві товарного насіння гірчиці сарептської, застосовувати прямий однофазний спосіб комбайнового збирання культури за максимальної робочої швидкості комбайнового агрегату 8 км/год. і частоті обертання молотильного барабану 600 об/хв.

Перспективи подальших досліджень. Надалі планується дослідити режими роботи комбайнового агрегату за роздільного (двофазного) способу збирання гірчиці сарептської і аспекти механізованого збирання інших видів гірчиці (білої, чорної).

Література

1. Вывалько И.Г. Технические культуры /И.Г. Вывалько. – Киев: издательство Украинской академии сельскохозяйственных наук, 1960. – 119 с.
2. Кононович Г.А. Возделывание масличных культур на семена / Г.А. Кононович // Масличные культуры. – 1985. - №6. – С. 27 – 28.

3. *Лещенко А.К.* Олійні та ефіроолійні культури / А.К. Лешенко. – К. – 1996. – 205 с.
4. *Малахов Г.Н.* Совершенствование технологии возделывания горчицы, рапса и рыжика в условиях Западной Сибири : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора с.-г. наук : спец. 06.01.09 «Рослинництво» / Г.Н. Малахов. – Новосибирск, 1991. – 29 с.

ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО СПОСОБА И РЕЖИМОВ КОМБАЙНОВОЙ УБОРКИ СЕМЯН ГОРЧИЦЫ САРЕПТСКОЙ В УСЛОВИЯХ СУХОЙ СТЕПИ

Жуйков А.Г.

Аннотация - в статье приведены результаты исследований способа комбайновой уборки, рабочей скорости движения комбайнового агрегата и частоты вращения молотильного аппарата при однофазном способе уборки, влияния указанных факторов на семенную продуктивность культуры, уровень непродуктивных потерь семян и их повреждения при обмолоте.

RATIONALE OF THE BEST WAY TO HARVESTING AND REGIMES MUSTARD SEEDS IN A DRY STEPPE WITH COMBINE-HARVESTERS.

O. Zhuykov

Summary

The results of research methods, of the working speed of the machine and harvester speed threshing machine with a single-phase method of harvest. the influence of these factors on seed production of culture, the level of unproductive losses of seeds and their damage during threshing.



УДК 621.316.11

ПОБУДОВА СТРУКТУРИ МЕРЕЖ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВ АПК, ЩО МІСТЯТЬ ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНІ УСТАНОВКИ

Заболотний А.П., к.т.н.,

Федоша Д.В., аспірант*

Даус Ю.В., аспірант*

Данильченко Д.О.

Запорізький національний технічний університет

Тел.: (061) 7698280

Анотація – запропоновано застосувати метод еквіпотенціальних поверхонь для побудови оптимальної, з точки зору втрат електричної енергії, структури систем електропостачання, що містять вітроенергетичні установки.

Ключові слова - вітроенергетичні установки, структура систем електропостачання, метод еквіпотенціальних поверхонь, втрати електричної енергії.

Постановка проблеми. В даний час спостерігається постійне зростання частки «малої» генерації в енергобалансі підприємств АПК. Це пов'язано з широким впровадженням відновлюваних джерел електроенергії, і зокрема, вітроенергетичних установок (ВЕУ).

На сьогоднішній день малі (потужністю до 20 кВт) ВЕУ в основному використовуються як автономні та резервні системи енергозабезпечення. Однак, останнім часом, все більш широко стали вводитися в експлуатацію об'єкти з комплексним використанням декількох малих вітроелектростанцій, які виробляють уже промислові обсяги електроенергії як для власних цілей з можливістю мережевого підключення, так і для продажу електроенергії в мережу або іншим споживачам.

Аналіз останніх досліджень. За даними дослідження, проведеного Українською вітроенергетичною асоціацією (УВЕА) [1], за роки незалежності України (1991-2009 р.р.) в країні встановлено близько 1170 вітроагрегатів потужністю кожен до 10 кВт. Сумарна встановле-

© А.П. Заболотний, к.т.н.; Д.В. Федоша, аспірант; Ю.В. Даус, аспірант; Д.О.Данильченко

Науковий керівник - Заболотний А.П., к.т.н., доц..

на потужність працюючих в Україні ВЕУ малої потужності сягає 12 МВт, що складає 13% від сумарної встановленої потужності всіх встановлених вітрогенераторів в країні.

Тільки в 2009 році в Україні було інстальовані понад 250 вітрових установок потужністю від 300 Вт до 20 кВт, сумарна встановлена потужність яких становила 450 кВт.

У 2010 році сумарна встановлена потужність склала вже 600 кВт, і в порівнянні з попереднім роком кількість реалізованих проєктів зростає на 27%. При чому, вітрогенератори малої потужності українського виробництва склали в одиницях 39% і за потужністю 49% частки українського ринку, а імпортовані 57% і 51% відповідно, що характеризує прагнення українського ринку споживачів до вітрогенераторів вітчизняного виробництва, при чому, більшість з яких підключається до електричних мереж [1].

На жаль, на сьогоднішній день існують труднощі з практичним підключенням об'єктів вітроенергетики в загальні енергетичні мережі, відсутні механізми отримання «зелених тарифів» виробниками електроенергії від малої вітрогенерації, відсутня державна підтримка як виробників малих ВЕУ, так і тих, хто застосовує малі ВЕУ для виробництва електроенергії, висока ціна супутнього обладнання.

Крім того, збільшення частки ВЕУ в загальному обсязі генерованої електроенергії створює ряд загальносистемних технічних проблем [2]:

- ускладнення диспетчерського управління електроенергетичною системою;
- ускладнення системи релейного захисту та автоматики, а також протиаварійного управління;
- кожна ВЕУ має свої динамічні характеристики і можливості управління, що призводить до необхідності вирішення проблем електромагнітної сумісності;
- збільшення струмів короткого замикання, що призводить до заміни комутаційних апаратів, зміни налаштувань захистів та ін.;

Але основна проблема неузгодженого приєднання розрізаних ВЕУ до мережі - це складність управління і прогнозування режимів роботи енергосистеми, пов'язані з виникненням перетоків потужності по мережі.

Тенденції зростання тарифів на електричну енергію обумовлюють значне збільшення складової вартості втрат електроенергії в мережах при її передачі і розподілі. Особливої актуальності це набуває в мережах електропостачання підприємств АПК, що обумовлено їх протяжністю, розгалуженістю та використанням низьких класів напруги.

Зменшення складової вартості втрат електроенергії можливо лише шляхом оптимізації структури під час реконструкції існуючих мереж електропостачання.

Ключовим завданням при формуванні оптимальної структури мережі електропостачання є задача визначення кількості джерел живлення і розподіл за ними приймачів електроенергії, а також обладнання проміжних вузлів навантаження (рівнів розподільчої мережі) з урахуванням розрізаних ВЕУ.

Основні підходи при вирішенні завдань побудови оптимальної структури мережі електропостачання базуються на використанні оціночних та оптимізаційних моделей [3]. Перші служать для визначення техніко-економічних показників для заданого проектувальником варіанту мережі. Другі - для визначення оптимального варіанту конфігурації мережі в межах прийнятих проектувальником припущень відповідно до прийнятого критерієм оптимальності. При цьому в оптимізаційних моделях необхідно враховувати дискретність деяких величин (перетин проводів та кабелів, потужність і кількість трансформаторів, кількість приєднань до РП і т.д.).

Аналіз існуючих підходів до формування структури систем електропостачання показав, що існує метод, здатний вирішувати вище перераховані завдання одночасного - метод еквіпотенціальних поверхонь [4].

Формування цілей статті. Пропонується застосувати метод еквіпотенціальних поверхонь з метою одержання оптимальної структури мережі електропостачання, що містить ВЕУ з точки зору втрат електричної енергії та мінімізації капітальних вкладень на її побудову.

Основна частина. Суть методу еквіпотенціальних контурів полягає в проведенні аналогії між навантаженням приймачів (P_i), розташованих в точках $(x_i; y_i)$, і потенціалами деяких джерел енергії, розташованих в тих же точках. Потенціали цих джерел дорівнюють навантаженням приймачів. При віддаленні від точки розташування приймача потенціал від джерела, розташованого в тій самій точці, зменшуватиметься і в деяких віддалених точках потенціал буде близький до нуля. Сукупність усіх потенціалів джерел енергії утворює потенційну поверхню, яку можна описати потенційною функцією

$$П(x, y) = \sum_{i=1}^n P_i \cdot e^{-1 \cdot \alpha_{\Delta P_i} [(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2]}, \quad (1)$$

де $\alpha_{\Delta P_i}$ – коефіцієнт, який враховує втрати потужності від джерела живлення до приймача

$$\alpha_{\Delta P_i} = \frac{P_i^2 \cdot \rho}{U^2 \cdot F(P_i)}, \quad (2)$$

де: ρ – питомий опір матеріалу провідника;
 $F(P_i)$ - переріз провідника визначається як функція від переданої потужності;
 U_i - напруга;
 P_i - потужність приймача.

Використання запропонованого коефіцієнта $\alpha_{\Delta P_i}$ (вираз (2)) дає можливість відразу оцінити ступінь майбутніх втрат в провідниковому матеріалі при визначенні центру електричних навантажень. Крім того запропоновано використання замість екіпотенціальних контурів, як критерію, "потенційний" і "технічний" критерії формування вузлів навантаження (критерії відбору).

Функція (1) є основою для "потенційного" критерію відбору, за яким на потенційній поверхні, яку утворює функція, визначається точка максимуму потенціалу. Ця точка надалі виступає в ролі центру електричних навантажень. Приймачі, які будуть отримувати живлення від цього центру електричних навантажень за "потенційним" критерієм визначаються як приймачі, які брали участь у формуванні максимуму функції (1). Ці приймачі зараховуються до "потенційної" групи.

Аналогічну поверхню можна побудувати і для ВЕУ, де P_i приймає значення рівне величині енергії, що генерується таким джерелом енергії, але зі знаком мінус.

Накладення цих двох поверхонь призводить до зміни координат максимуму, тим самим уточнюються координати установки джерела живлення.

«Потенційна група» є закінченим структурним елементом майбутньої розподільчої мережі, але той факт, що при формуванні "потенційної" групи були враховані лише розташування приймачів відносно один одного і очікувані втрати електричної енергії в розподільчій мережі, не дає можливості запровадити "потенційну" групу в майбутню розподільчу мережу, так як крім врахованих факторів ще необхідно провести узгодження майбутньої "потенційної" групи з можливим конструктивним виконанням вузла навантаження.

Для вирішення цього завдання використовується "технічний" критерій. "Технічний" критерій відбору виконує функцію узгодження приймачів "потенційної" групи з можливим конструктивним виконанням її джерела живлення. Критерій діє на основі принципу надлишковості "потенційної" групи по відношенню до граничних

умов "технічного" критерію. На основі взаємодії "потенційного" і "технічного" критеріїв відбору складається алгоритм методу.

Принцип роботи алгоритму базується на утворенні зворотних зв'язків, які охоплюють обидва критерії і створюють умови для становлення алгоритму як самоорганізуючої моделі побудови структури мережі.

Розглядаючи критерії відбору як граничні умови функціонування моделі, запропонований підхід дає можливість закладення в них дискретності конструктивних умов виконання структури мережі, яка містить ВЕУ, і чим повніше перенесені ці умови в критерії відбору, тим більше можливостей побудувати оптимальну структуру такої мережі [5].

Таким чином, побудову структури системи електропостачання, що містить ВЕУ, можна представити у вигляді наступного алгоритму.

На першому етапі будується потенційна поверхня для електроприймачів в режимі споживання.

На другому етапі будується поверхня для режиму, в яких ВЕУ виробляють електроенергію в мережу.

Потім проводиться накладення цих поверхонь і на сумарній поверхні виділяється максимум функції, в координатах якого і буде розташоване джерело живлення.

Важливим моментом у визначенні цих координат є облік зон заборони прокладки ліній і установки джерел живлення. Для цього можливо використовувати методи розпізнавання образів, відповідно до яких передбачено розбиття простору об'єкта, на області, які не перетинаються, кожна з яких відповідає відображенню одного і того ж класу, до якого допустимо елементарний математичний опис [6].

На наступному етапі проводиться відбір електроприймачів за «потенційним» критерієм, а потім за «технічним» з урахуванням дискретності конструктивного виконання елементів.

Згідно з "потенційним" критерієм відбору на потенційній поверхні, визначається точка максимуму потенціалу. Ця точка надалі виступає в ролі центру електричних навантажень. Приймачі, які будуть отримувати живлення від цього центру електричних навантажень зараховують до "потенційної" групи.

"Технічний" критерій відбору виконує функцію узгодження приймачів "потенційної" групи з можливим конструктивним виконанням її вузла живлення.

В результаті відбору електроприймачів за вищевказаними критеріями формується група електроприймачів першого джерела жив-

лення, що виключається з подальшого розгляду при формуванні структури мережі.

Після цього, знову будуються дві (якщо залишилися ВЕУ), або одна (якщо всі ВЕУ приєднані до джерел живлення) потенційні поверхні і здійснюється формування групи електроприймачів другого джерела живлення.

У результаті циклічної дії (до тих пір, поки всі електроприймачі не отримають своє джерело живлення) формується радіальна структура системи електропостачання, після чого здійснюється перевірка можливості організації проміжних джерел живлення.

На останньому етапі проводиться оцінка можливості (за критеріями мінімуму капітальних витрат і втрат електроенергії) заміни окремих ділянок радіальної мережі на магістральні ділянки. Таким чином, метод порівняльної оцінки передбачає аналіз локальної ділянки структури мережі з визначенням ряду технічно доцільних варіантів її виконання та подальше порівняння цих варіантів між собою.

Блок схема алгоритму побудови структури мереж електропостачання, що містять ВЕУ, подано на рисунку 1.

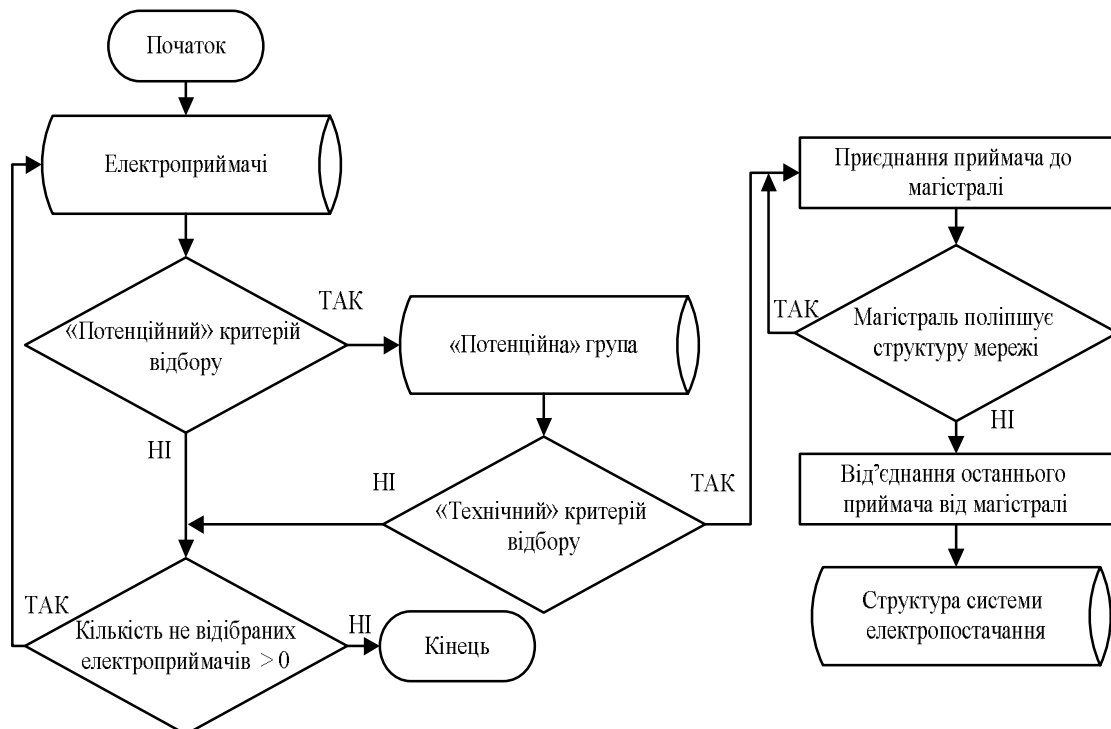


Рис. 1. Блок схема алгоритму побудови структури мереж електропостачання що містять ВЕУ.

Запропонований алгоритм був реалізований програмно за допомогою мови програмування Python і пакета математичного обчислення SciPy.

Використання даного алгоритму дозволяє побудувати інженерні методики для попереднього розрахунку структури розподільних мереж, що містять ВЕУ, оцінити потенціал вже існуючих мереж, проводити оцінку ефективності їх роботи при реконфігурації, а також провести оцінку капіталовкладень при реконструкції частини мережі [7].

Висновки. На основі спільного використання оціночних та оптимізаційних моделей запропонований метод дає можливість побудувати оптимальну структуру мережі електропостачання підприємств АПК, що містить ВЕУ, за замкнутою схемою, що дозволить суттєво зменшити експлуатаційні витрати необхідні для підтримки потрібного рівня надійності мережі і підвищити пропускну здатність існуючих мереж в 1,3-1,5 разів без додаткових витрат на підвищення перерізу проводів та кабелів.

Література

1. Звіт Української вітроенергетичної асоціації «Вітроенергетика 2010». Київ, 2011– с.19.
2. *Воропай Н.И.* Распределенная генерация в электроэнергетических системах / *Н.И. Воропай* // Малая энергетика: труды Международной научно-практической конференции. – 2005. – с. 13-21.
3. *Электротехнический справочник. Общие вопросы. Электротехнические материалы/ [В. Г. Герасимова, Грудинского П.Г., Жукова Л.А. и др.] ; под ред. В. Г. Герасимова. — [9-е изд.] — стер. в 3-х томах. — М: Энергия, 2003.. — 520 с.*
4. *Заболотный А.П.* Формирование структуры распределительной сети методом потенциальных контуров и возможности его усовершенствования / *Заболотный А.П., Федоша Д.В., Криворученко Н.Л., Яценко О.О.*//Електротехніка та електроенергетика. – 2008. - № 2. – С. 71 - 74.
5. *Заболотный А.П.* Построение оптимальной структуры сетей электроснабжения предприятий АПК / *А.П. Заболотный, Д.В. Федоша, В.С. Мамбаева* // Сборник научных трудов международной научно-практической конференции «Проблемы энергообеспечения предприятий АПК и сельских территорий». - Санкт Петербург: СПбГАУ, 2008. – С. 42 – 46.
6. *Качан Ю.Г.* О возможности распознавания топологии оптимальной системы электроснабжения / *Ю.Г. Качан, В.В. Дьяченко* // Гірнична електромеханіка та автоматика – 2007. - № 78. – С.3-5.

7. *Заболотний А.П.* Оптимізація структури мереж електропостачання підприємств АПК / *А.П.Заболотний, О.І. Байша, В.С. Мамбаєва, Д.В. Федоша* // Матеріали міжнародної науково – технічної конференції «Проблеми енергозбереження в агропромисловій та природоохоронній сферах». – Київ: НУБІП, - 2010. – С. 43-50.

ПОСТРОЕНИЕ СТРУКТУРЫ СЕТЕЙ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ АПК, КОТОРЫЕ СОДЕРЖАТ ВЕТРОЭНЕР- ГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ

Заболотний А.П., Федоша Д.В., Даус Ю.В., Данильченко Д.О.

Аннотация – предложено применить метод эквипотенциальных поверхностей для построения оптимальной, с точки зрения потерь электрической энергии, структуры систем электрообеспечения, которые содержат ветроэнергетические установки.

CONSTRUCTION OF AGRICULTURE CONSUMERS POWER SUPPLY NETWORK STRUCTURE, CONTAINING WIND POWER SET

A. Zabolotniy, D. Fedosha, J. Daus, D. Danylchenko

Summary

There is suggested to apply equipotential surfaces method to the energy losses optimal structure designing of power supply system, containing wind power set.



УДК 621.316.925

УСТРОЙСТВО ЗАЩИТЫ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

Гетманенко В.М., к.т.н.,

Иваница М.А.

ФГБОУ ВПО Азово-Черноморская государственная агроинженерная академия, г. Зерноград (Российская Федерация)

Тел.: (86359) 41-3-65

Аннотация – рассмотрены вопросы появления несимметричных режимов работы асинхронных электродвигателей. Предложено устройство защиты на основе фильтра напряжения обратной последовательности.

Ключевые слова - асинхронный электродвигатель, несимметрия питающего напряжения, перегрузка, обрыв фазы, фильтр напряжения обратной последовательности.

Постановка проблемы. В современных условиях электроснабжения на работу электрооборудования негативное влияние оказывает недостаточное качество электрической энергии и аварийные режимы работы сети.

Анализ повреждений асинхронных электродвигателей показывает, что основной причиной их выхода из строя является разрушение изоляции из-за перегрева [1]. Температура нагрева обмоток зависит от теплотехнических характеристик электродвигателя и параметров окружающей среды. Требуется некоторое время, прежде чем статор и ротор нагреются до предельной температуры. Поэтому нет необходимости в том, чтобы защита реагировала на каждое превышение тока. Она должна отключать машину только в тех случаях, когда возникает опасность быстрого износа изоляции. В отдельных случаях допустим даже нагрев свыше нормированного значения, если такие перегрузки не вызывают заметного снижения общего срока службы машины.

Анализ последних исследований. Одним из наиболее опасных и частых аварийных режимов в сельском хозяйстве являются несимметричные и неполнофазные режимы. Несимметричные и неполнофазные

режимы работы асинхронных двигателей возникают в следующих случаях:

- 1) при искажении симметрии напряжений сети;
- 2) при несимметрии сопротивлений в цепях статора и ротора;
- 3) при несимметричной схеме соединения обмоток электродвигателя;
- 4) при неравномерном распределении нагрузки по фазам за счет однофазных потребителей;
- 5) при обрыве одной из фаз.

Аппараты защиты в силовых цепях электропривода имеют важное значение для сохранности электродвигателей, так как даже современные устройства не всегда защищают электродвигатели от перегрузки, заклинивания вала или потери фазы.

При несимметричном режиме работы появляются составляющие тока и напряжения нулевой и обратной последовательности. На этом явлении основаны фильтровые защиты.

Формулировка целей статьи. Для электродвигателей опасным является наличие составляющих токов и напряжений обратной последовательности. Поэтому целесообразно рассмотреть применение устройства защиты от несимметрии питающего напряжения с использованием фильтра напряжения обратной последовательности (ФНОП) [2].

Основная часть. ФНОП обычно изготавливают активно-ёмкостными с тремя входами А, В, С и двумя выходами m и n (рисунок 1) [3].

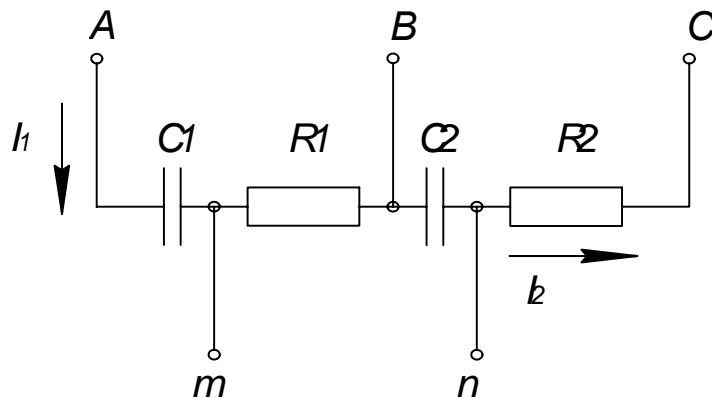


Рис. 1. Схема электрическая принципиальная ФНОП.

Параметры элементов ФНОП выбирают таким образом, что точки m и n совпадали на топографической диаграмме напряжений (рисунок 2).

Это происходит в том случае, если:

$$\frac{U_{C2}}{U_{R2}} = \frac{X_{C2}}{R_2} = \sqrt{3} \tag{1}$$

$$R_2 = \frac{X_{C2}}{\sqrt{3}} = \frac{X_{C1}}{\sqrt{3}} \tag{2}$$

$$R_1 = \sqrt{3} \cdot X_{C1} \tag{3}$$

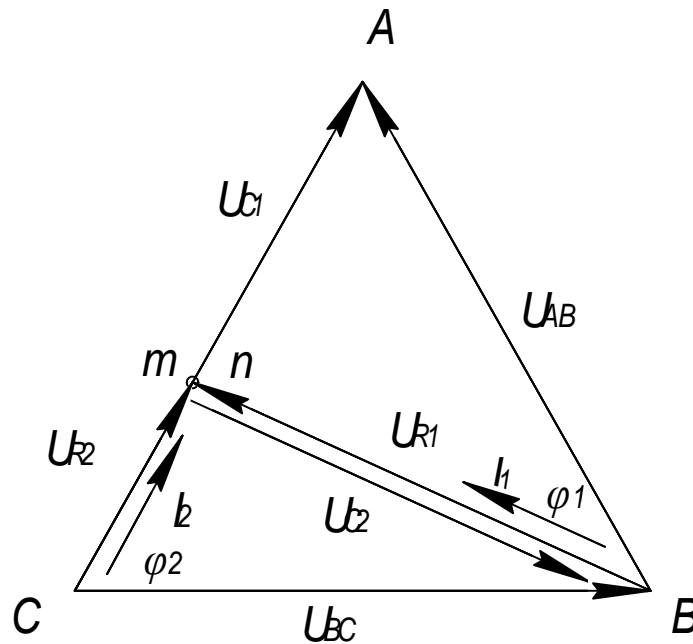


Рис. 2. Топографическая диаграмма напряжений и токов ФНОП.

В плечах ФНОП Е1 вместо одного применим два последовательно соединенных резистора и в сумме равных ему. Один из резисторов в плечах фильтра будем шунтировать контактами токовых реле (рисунок 3).

Если резисторы R1 или R2 выполнить в виде двух последовательно соединенных резисторов, то при перегрузке и срабатывании токовых реле произойдет шунтирование одного из них, что приведет к разбалансу ФНОП Е1, появлению на его выходе напряжения, вызывающего срабатывание реагирующего органа [4]. Работоспособность устройства позволяет проверить кнопка SB3.

При обрыве фазы питающей сети за местом присоединения ФНОП увеличивается ток в обмотке двигателя и срабатывает токовое реле, вызывающее срабатывание устройства защиты. Шунтирование резистора ФНОП можно осуществить, например, с помощью герконового или токового реле РТ-40. Таким образом, в одном устройстве можно совместить защиту от несимметрии питающего напряжения (в том числе и обрыва фазы) и перегрузки по току.

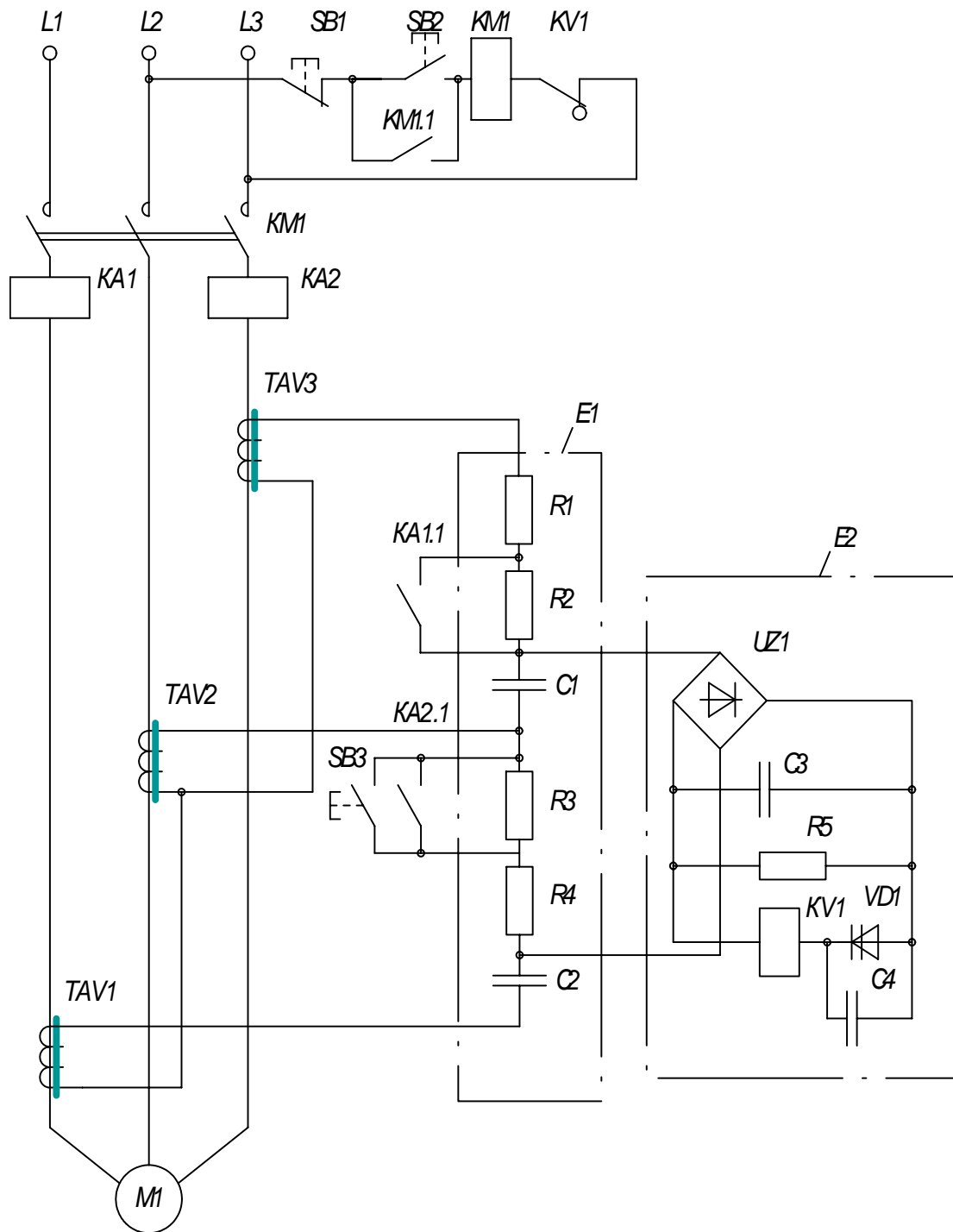


Рис. 3. Устройство защиты трехфазного электродвигателя от несимметрии питающего напряжения и обрыва фазы.

В реальности элементы фильтра, такие как конденсаторы C1, C2, резисторы R1, R2, R3, R4 имеют разброс параметров, поэтому на выходе фильтра всегда присутствует напряжение небаланса 0...20 В. Для исключения этого явления в реагирующем элементе E2 напряжение включения динистора VD1 всегда должно быть больше напряже-

ния небаланса фильтра (рисунок 3). Для надежного срабатывания реле необходимо, чтобы ток разряда конденсатора $C3$ через реле был больше тока срабатывания в течение определенного времени, которое называют временем срабатывания реле. Когда напряжение на накопительном конденсаторе $C3$ достигает напряжения открытия динистора $VD1$, при его открытии конденсатор $C3$ разряжается на катушку указательного реле $KV1$. Реле разомкнет свои контакты в цепи магнитного пускателя и отключит электродвигатель.

Отсюда следует, что динистор выполняет роль ключа, поэтому составим схему коммутации (рисунок 4).

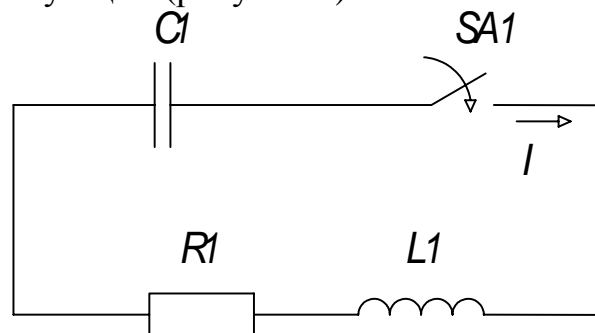


Рис. 4. Схема коммутации.

Так как обмотка реле представляет собой последовательно соединенные активное и индуктивное сопротивление, то при разрядке конденсатора возникает переходный процесс [5].

Для расчёта составим характеристическое уравнение:

$$Z_{AB} = R + j\omega L + \frac{1}{j\omega C} > 0;$$

$$R + PL + \frac{1}{PC} = 0;$$

$$P^2 LC + PCR + 1 = 0.$$

При решении этого уравнения, его корни имеют вид:

$$P_{1,2} = \frac{-CR \pm \sqrt{C^2 R^2 - 4LC}}{2LC}.$$

В зависимости от знака дискриминанта значение тока через реле определяют по формулам (4) или (5):

$$i = \frac{U_C}{L(P_2 - P_1)} \cdot e^{P_1 t} - \frac{U_C}{L(P_2 - P_1)} \cdot e^{P_2 t}; \tag{4}$$

$$i = -\frac{2U_c \cdot C}{\sqrt{4LC - R^2C^2}} \cdot e^{-\frac{R}{2L}t} \cdot \sin\left(\frac{\sqrt{4LC - R^2C^2}}{2LC}t\right). \quad (5)$$

По расчётным соотношениям токов (4) и (5) был произведен расчёт в программе Microsoft Excel.

Расчет производился для некоторых типов реле РУ 1-11 (на различные токи срабатывания) с целью выбора оптимального значения емкости накопительного конденсатора СЗ и напряжения включения динистора $U_{ВКЛ}$. По результатам расчёта строим график $I=f(t)$ и определим время срабатывания конкретного реле, которое должно быть не менее 0,05 секунды. Один из графиков представлен на рисунке 5.

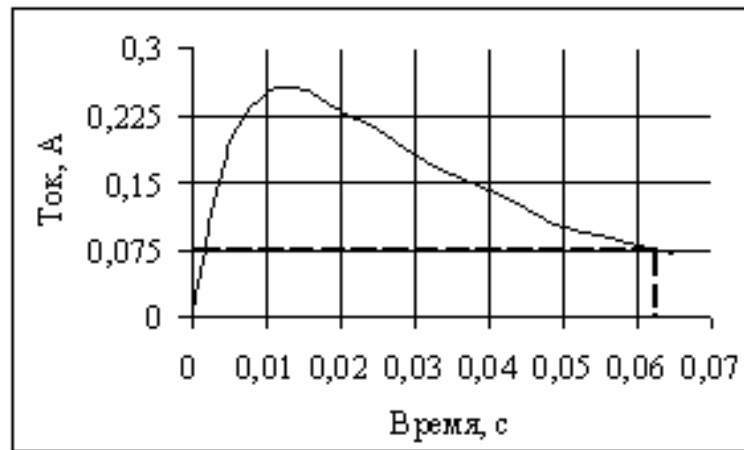


Рис. 5. График зависимости тока от времени при $U_c=40В$, $C=330$ мкФ для реле РУ 1-11 с $I_{сраб.}=0,075А$.

Из графика видно что, время срабатывания больше 0,05 секунды, поэтому реле надежно срабатывает.

Выводы.

1. Схема защиты с использованием фильтра напряжения обратной последовательности содержит минимальное количество элементов, имеет высокое быстродействие и, следовательно, более высокую надёжность по сравнению с другими защитами.

2. Использование трансформаторов, преобразующих ток в напряжение, для питания ФНОП позволяет устройству чувствовать обрыв фазы питающей сети за местом его присоединения.

3. Применение в плечах фильтра двух последовательно соединенных резисторов, один из которых шунтируется контактом токового реле или контактом кнопки, позволяет совместить защиту от несимметрии с защитой по току и проверять работоспособность устройства.

Литература

1. Грундулис А.О. Защита электродвигателей в сельском хозяйстве [Текст] / А.О. Грундулис // - М.: Колос, 1982. - 140 с.
2. Чернобровов Н.В. Релейная защита / Н.В. Чернобровов. – М.: Энергия, 1974, 680 с.
3. Алексеев Б.А. Фильтры симметричных составляющих и их применение в схемах релейной защиты [Текст] / Б.А. Алексеев. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2003. – 88 с.
4. Устройство для защиты трехфазного электродвигателя от неполнофазного режима / Гетманенко В.М., Иваніца М.А. // Азово-Черномор. гос. агроинж. акад. Патент на изобретение РФ №2400004.
5. Теоретические основы электротехники [Текст] / Горубнов А.Н. , Кабанов И.Д. , Кравцов А.В. , Редько И.Я. . – М.; 1998. – 491 с.

ПРИСТРІЙ ЗАХИСТУ АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОДВИГУНА

Гетманенко В.М., Іваніца М.А.

Анотація - розглянуті питання виникнення несиметричних режимів роботи асинхронних електродвигунів. Запропонований пристрій захисту на основі фільтра напруги зворотної послідовності.

THE DEVICE OF PROTECTION OF THE ASYNCHRONOUS ELECTRIC MOTOR

V. Getmanenko, M. Ivanitsa

Summary

Questions of occurrence of asymmetrical operating modes of asynchronous electric motors are considered. The device of protection on the basis of the filter of pressure of return sequence is offered.



УДК 631.544.4:628.938

ОПТИЧЕСКИЕ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПЕРЕМЕННОГО СВЕТОВОГО ПОЛЯ

Степанчук Г.В. к.т.н.,

Ключка Е.П. к.т.н.,

Петренко Э.Э.

ФГБОУ ВПО «Азово-Черноморская государственная агроинженерная академия», г. Зерноград, Россия

Тел.: (86359) 41-3-65

Аннотация - оптическая электротехнология переменного светового поля одно из перспективных направлений энергосбережения. В понятие биотехнической системы должны входить: светотехническое оборудование (источники излучения), техническое оборудование (при помощи которого меняются параметры светового поля), различные по конструкции стеллажи и биологический объект. В методике расчета облучательных установок переменного светового поля необходимо учитывать пространственное и поверхностное распределение энергии оптического излучения.

Ключевые слова - энергосбережение, оптические электротехнологии, переменное световое поле, биотехнические системы.

Постановка проблемы. В настоящее время, главный вопрос, принимающий все большую актуальность – это энергосбережение, что подразумевает профессиональные методы и технологии эффективного использования энергии оптического излучения. В отрасли тепличного растениеводства из-за наличия биологических объектов в энергетической системе потребления методы энергосбережения разработаны недостаточно. Это объясняется тем, что процессы облучения характеризуются малой долей полезно используемой энергии, несмотря на существенную величину электроэнергии, направленной в тепличном растениеводстве для этих целей. Поэтому поиск возможностей экономии электроэнергии в технологическом процессе выращивания тепличных растений с использованием энергии оптического излучения представляет собой весьма важную практическую цель.

Для ее решения необходимы соответствующие теоретические подходы.

Анализ последних исследований. Энергию оптического излучения в тепличном производстве нельзя заменить никаким другим технологическим или агротехнологическим приемами. Но, оптическую электротехнологию стараются применить там, где она повышает количество, качество, сокращает сроки вегетации выращиваемой тепличной продукции, снижает энергоемкость технологического процесса, увеличивает производительность труда и экономически себя оправдывает. Поэтому на протяжении всей истории развития тепличного растениеводства, и светокультуры как науки, происходило непрерывное совершенствование технологий, направленных на облучаемый биологический объект, а именно растение. Технические средства в совокупности с биологическим объектом образуют биотехническую систему.

Объектом исследования является биотехническая система тепличного производства с использованием оптической электротехнологии переменных световых полей. Отличительной особенностью данной электротехнологии – энергия электромагнитного излучения, проходящая в технологическом процессе несколько этапов преобразования:

- генерация оптического излучения в источнике излучения;
- использование технического средства (или приема), меняющего параметры светового поля в определенном временном и пространственном промежутке;
- перераспределение оптического излучения в пространстве;
- перераспределение оптического излучения на технологической поверхности – различные по конструкции стеллажи;
- задание необходимого закона изменения потока во времени (по интенсивности излучения, по спектральному составу, по длительности и т.д.) с целью обеспечения полезной реакции приемника облучения.

Созданная нами классификация облучательных установок, используемых в оптической электротехнологии переменного светового поля, отражает основные аспекты построения технологических схем облучения (рис. 1). Комбинации значений каждого из признаков приводят к синтезу конкретных типов технологических схем облучения.

Как видно из многообразия возможных создаваемых технологических схем, применение переменных световых полей для облучения светокультуры, как научное направление далеко не исчерпано. Большая часть идей даже недавнего прошлого еще не реализована, а тем более идеи нового поколения. С одной стороны, анализируя состояние

развития промышленного тепличного растениеводства, выявлено – используется один и тот же технологический способ выращивания – а именно в горизонтальной плоскости один стеллаж, над которым создается «светящийся потолок» из стационарных ламп. Это достаточно простое техническое решение, которое сводится к выбору источника излучения (по спектру, по интенсивности). С другой стороны, существует огромное количество научных исследований, технических разработок, которые способствуют повышению продуктивности фотосинтеза растений и снижению энергоемкости, которые не внедряются и не используются достаточно широко.

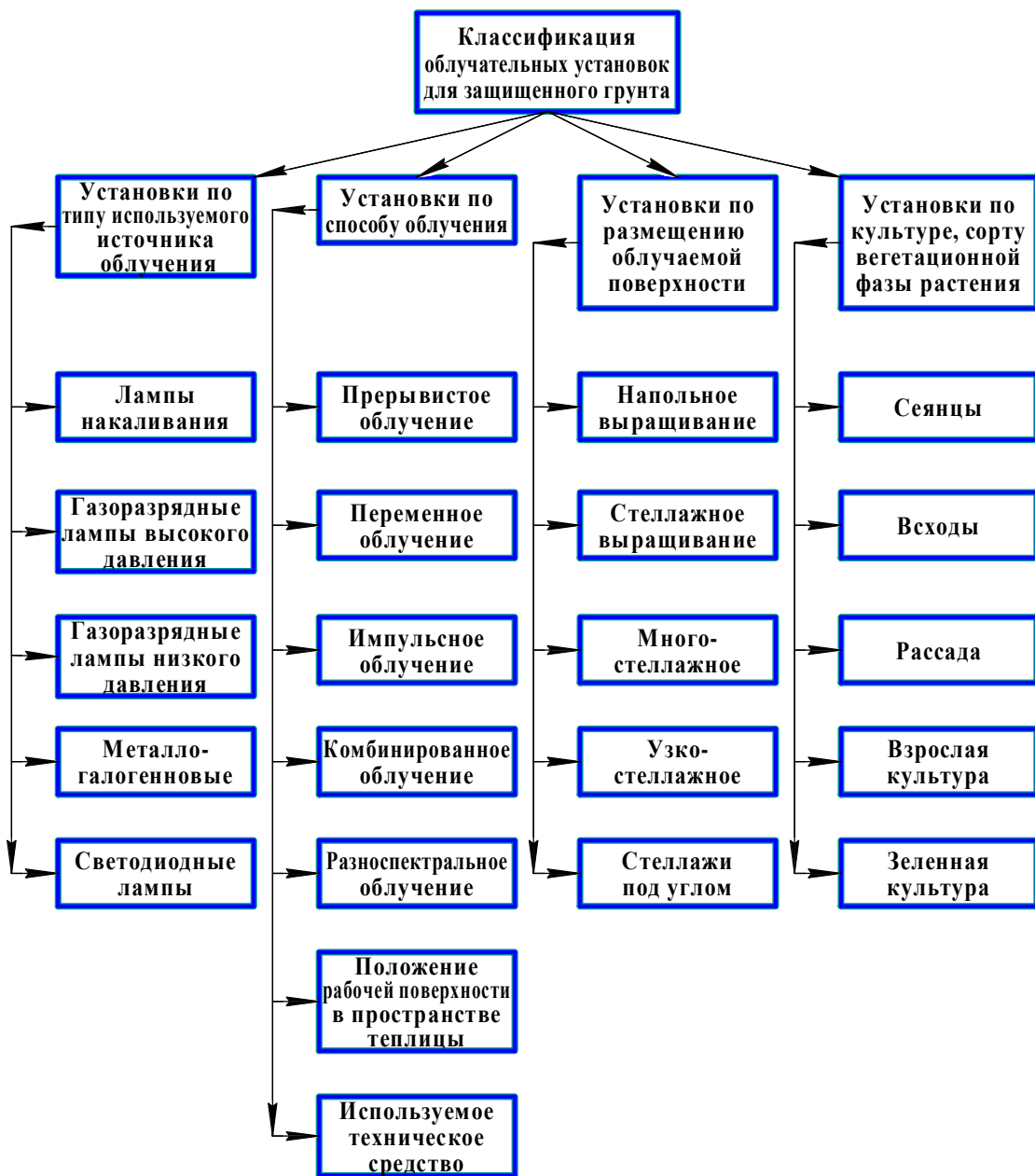


Рис. 1. Классификация облучательных установок.

Формулирование цели статьи. Поэтому **в задачу данной статьи** входит выявить особенности, которые влияют на внедрение новых оптических электротехнологий переменного светового поля.

Основная часть.

Первая особенность.

Фактически способ облучения биообъекта определяет параметры переменного светового поля:

- интенсивность (сила излучения)
- спектральный состав (качество излучения)
- длительность воздействия (количество дней, часов в сутки)
- периодичность (ритм облучения – в часах, в минутах)
- импульсность (скважность – в секундах)
- направленность (градиент воздействия)
- скорость изменения параметров.

Отсутствует единый подход (метод) расчета облучательных установок, которые создают переменное световое поле. Эффективность таких установок определяется по реакции растения на созданные световые условия.

Вторая особенность.

Предмет воздействия переменным световым полем является биологический объект. С функциональной стороны фотобиологические реакции можно подразделить на собственно физиологические и деструктивно-модифицирующие [1]. Первые делятся на:

- энергетический процесс (фотосинтез);
- биосинтетический процесс (биосинтез хлорофилла);
- информационные процессы (фототропизм, фотоморфогенез, фотопериодизм, фотосинтетические реакции, фотоадаптация).

Это подтверждает сложность биологического объекта и разносторонние, многоуровневые требования к оптической электротехнологии.

Третья особенность.

Вопросы оптимизации воздействия световой энергии на растения имеют большое практическое значение, и что необходимо знание закономерностей этого воздействия на живой организм. Иначе говоря, необходима идентификация растений как объектов светового воздействия. Очевидно, что проблема интенсификации растений из-за отсутствия прямого информационного обмена с человеком не может быть решена обычными способами и требует особых устройств для получения информации о состоянии растения в динамике. Для преодоления сложностей могут быть предложены приемы, упрощающие задачу, например, разложение на составляющие подзадачи, но полностью

сохраняющие ее специфику. В этом случае снижается сложность в получении информации о состоянии биологического объекта и открывается возможность для использования смежных отраслей знаний – физиология растений, светотехника, фотометрия и т.д. Вследствие неопределенности последних конечные цели переводятся в частные критерии эффективности, к которым предъявляется лишь одно требование – соответствие специфике объекта. Результирующий критерий эффективности должен быть, прежде всего, целесообразным [2].

Четвертая особенность.

Критериальный подход является основным в светотехнике [3]. Например, для человека, как биообъекта, вместо единственного показателя эффективности вводится ряд ее факторов, определяемых функциональным назначением освещения. Эти факторы непосредственно не контролируются и приобретают значение критериев эффективности. Нормирование освещения в этом случае производится по косвенным для критерия эффективности показателям – фотометрическим величинам. А связь между критериями эффективности и фотометрическими величинам осуществляется по биофизической характеристике объекта светового воздействия. В случае с растениями – это может быть продуктивность фотосинтеза и фенологические показатели объекта.

Для технологического освещения в теплицах система нормирования разработана без учета особенностей растения. Не учитываются освещенность в зоне растения, оптические свойства фотосинтезирующего аппарата, как целого листа, так и архитектура фитоценоза. Отсутствие обоснованной системы нормирования приводит к тому, что отдельные исследования влияния различных световых режимов на растения, будучи не связанными с определенными критериями эффективности, носят характер общебиологических достижений и не получают выхода в практику промышленного тепличного растениеводства, а данные биологических исследований имеют ограниченную область исследования. Примером могут служить опыты на растениях с применением различных световых режимов, как у нас в стране, так и за рубежом. Полученные результаты весьма противоречивы и разрознены. Поэтому систематизация известных результатов воздействий переменных световых режимов на растения являются основной задачей при нормировании технологического освещения.

Выводы

1. Применение переменных световых полей для облучения тепличных растений является перспективным энергосберегающим направлением. Это особенно актуально в связи с появлением новых

электротехнологий и нового электрооборудования (например, светодиоды).

2. Традиционная схема облучения растений характеризуется односторонним действием по отношению к биообъекту. Научные основы исследования по фотометрическому совершенствованию системы «облучатель – объект» были разработаны в трудах Г.С. Сарычева, В.Н. Карпова. Развитие темы формирования оптимального пространственного потока оптического излучения отражено в работах С.А. Ракутько. Необходимо дальнейшее рассмотрение метода объемного облучения для фитоценоза тепличных растений находящихся в объеме теплицы, который бы исключал противоречия и позволял повысить качество оптического излучения.

3. Необходимо разработать методику энергосбережения для открытой биотехнической системы, в которой применяется оптическая электротехнология. Методика должна решать комплексную задачу: выбор источника излучения, светоотражающие поверхности, пространственное (способ облучения) и поверхностное (рабочая поверхность в объеме теплицы) распределение энергии светового потока. А так же проблему динамической оптимизации продуктивности фотосинтеза растений.

Таким образом, существует необходимость дальнейшего изучения использования переменных световых полей в облучательных установках применяемых для выращивания растений в культивационных сооружениях.

Литература

1. *Конев С.В.* Фотобиология / *С.В. Конев, И.Д. Волотовский.* – Минск: Издательство БГУ им. Ленина, 1979. – 284 с.
2. Автоматизированные системы управления технологическими режимами. Идентификация и оптимальное управление. Справочник / Под редакцией *В.И. Салыги.* – Харьков: Харьковский государственный университет. – 1976. – 179 с.
3. *Айзенберг Ю.Б.* Справочная книга по светотехнике / Под редакцией *Ю.Б. Айзенберга.* – Москва: Энергоатомиздат. – 1995. – 593 с.

ОПТИЧНІ ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ЗМІННОГО СВІТЛОВОГО ПОЛЯ

Степанчук Г.В., Ключка Є.П., Петренко Е.Е.

Анотація – оптична електротехнологія змінного світлового поля є одним з перспективніших напрямків енергозбереження. У поняття біотехнічної системи повинні входити: світлотехнічне обладнання (джерела випромінювання), технічне обладнання (за допомогою якого змінюється параметри світлового поля), різні за конструкцією стелажі та біологічний об'єкт. У методиці розрахунку установок опромінення змінного світлового поля необхідно враховувати просторове та поверхневе розподілення енергії оптичного випромінювання.

THE OPTIC ELECTRICAL TECHNOLOGY WITH THE APPLICATION OF AN ALTERNATIVE LIGHT-FIELD

G. Stepantschuk, E. Klutschka, E. Petrenko

Summary

The optic electrical technology with the application of an alternative light-field is one of the perspective ways of power reserves. The idea (apprehension) of biotechnical system must contain: the light-technical equipment (i.e. the source of light emission, radiation), the technical equipment (through which the parameters of light-field are changed), different in their projects stands and biologics objects. For the calculating method of radiation installation for changeable light-field if is necessary to pay attention to the expanses and surfaces distribution of optic radiation power.



УДК 631.313.5

ОБОСНОВАНИЕ ПЕРЕДАТОЧНОГО ЧИСЛА РЕДУКТОРА ДЛЯ ДВУХРОТОРНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ГЕНЕРАТОРА ВЕТРОУСТАНОВКИ

Степанчук Г.В., к.т.н.,

Моренко К.С. аспирант*

ФГБОУ ВПО «Азово-Черноморская государственная агроинженерная академия», г. Зерноград, Россия

Тел.: 86359-41-3-65

Аннотация – в статье рассматривается обоснование параметров конструкции двухроторного электрического генератора для ветроустановки с регулируемым углом атаки лопасти для поддержания частоты вращения.

Ключевые слова - двухроторный электрический генератор, ветроустановка, угол атаки, режим работы.

Постановка проблемы. Для обеспечения рациональной работы ветроустановки с использованием двухроторного генератора (рисунок 1) [1, 2], необходимо обосновать выбор передаточного числа и режим работы генератора.

Анализ последних исследований. Максимальная разность моментов (назовём её дифференциальным моментом M_d) между роторами образуется в случае, когда основной ротор 9 загружен, а регулирующий ротор 7 вращается вхолостую [1, 2]. Этот дифференциальный момент может иметь различные предельные значения при различной загрузке роторов. Момент, создаваемый основным ротором, может быть определён из выражения

$$M = \frac{P}{\eta \cdot \omega}, \text{ Н} \cdot \text{м},$$

где P - выходная активная мощность;

η - КПД генератора;

ω - угловая скорость вращения входного вала.

© Г.В. Степанчук, к.т.н., К.С. Моренко, аспирант

* Научный руководитель - Степанчук Г.В. к.т.н., доцент

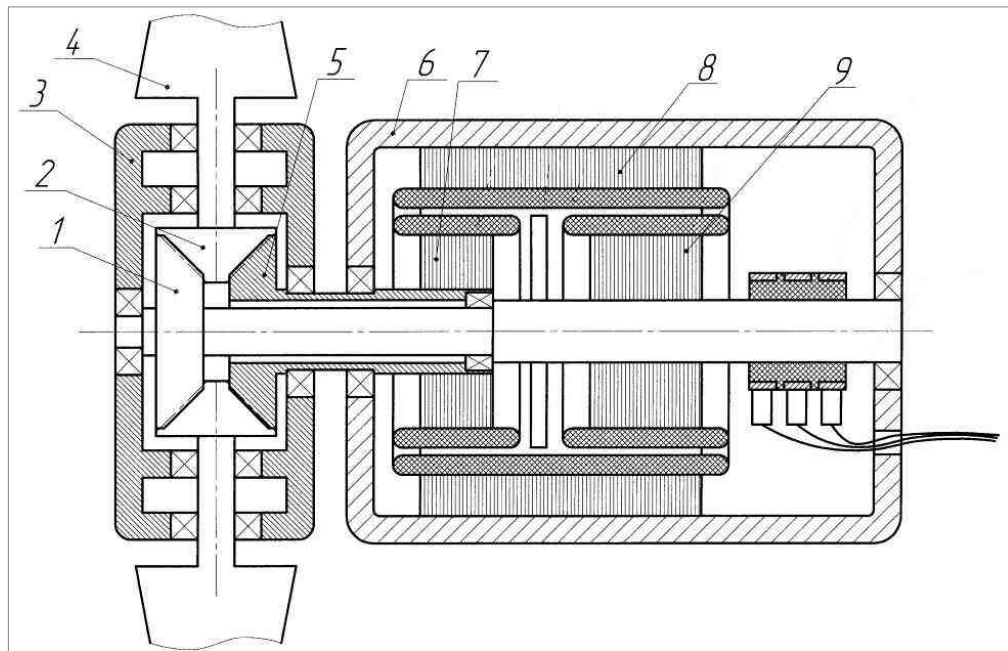


Рис. 1. Конструкция двухроторного электрогенератора:
 1, 2, 5 - конические шестерни; 3 - корпус узла поворота лопасти;
 4 - лопасть; 6 - корпус генератора; 7 - регулирующий ротор;
 8 - статор; 9 - основной ротор.

Формулирование целей статьи. Определить передаточное число в узле с коническими шестернями, а так же режим работы генератора с целью обеспечения рациональной работы ветроустановки с использованием двухроторного генератора.

Основная часть. Для обеспечения быстроходности не более $Z = 6,5$ [3] лопасти радиусом $R = 2$ м при скорости ветра $v = 8$ м/с необходимо принять скорость вращения входного вала постоянной и равной $\omega = 26,2$ с⁻¹, что соответствует частоте вращения 250 мин⁻¹. КПД принимается постоянным и равным $\eta = 0,80$ для различных мощностей нагрузки. Согласно принятым условиям моменты сопротивлений ротора будут соответствовать значениям, приведённым в таблице 1.

Таблица 1 –

Соответствие выходной мощности генератора и моментов сопротивлений на валу ротора

$P, \text{кВт}$	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
$M, \text{Н} \cdot \text{м}$	9,5	19,2	28,6	38,2	47,8	57,7	66,8	76,4	85,9	95,3
$\bar{M}, 10^{-5} \text{Н} \cdot \text{м}$	5	9	14	18	23	28	33	37	42	46

Для отвлечения от размерных параметров ветроколеса воспользуемся формулой для приведения момента к отвлечённому значению

$$\overline{M} = \frac{M}{2 \cdot \pi \cdot \rho \cdot R^5 \cdot \omega^2},$$

где ρ - плотность воздуха, $\rho = 1,25 \text{ кг/м}^3$.

Поскольку основные кривые, характеризующие работу ветроколеса приведены в отвлечённых единицах, в дальнейшем будем использовать отвлечённые моменты сопротивления.

Для обеспечения требуемых показателей качества частоты выходного напряжения необходимо поддерживать равенство момента сопротивления на валу генератора и вращающего момента, передаваемого от ветроколеса.

Момент сопротивления генератора зависит от загрузки, а вращающий момент – от угла установки лопасти и скорости ветра. Таким образом, при выборе и регулировании угла атаки лопасти необходимо учитывать как изменение загрузки генератора, так и изменение скорости ветра.

По графикам для хорошо обтекаемых профилей ветроколеса [4] определяем необходимые углы атаки для приёма указанных моментов при различных скоростях ветра (рисунок 2).

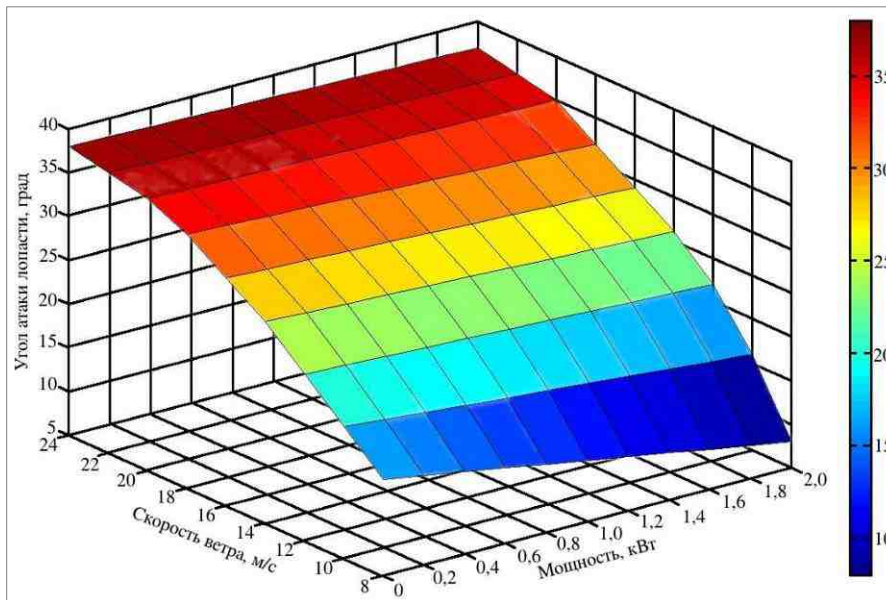


Рис. 2. Зависимость угла атаки лопасти от скорости ветра и загрузки генератора.

В соответствии с этими углами, отвлечённые поворачивающие лопасть моменты так же могут быть получены по графикам [4] (рис.3).

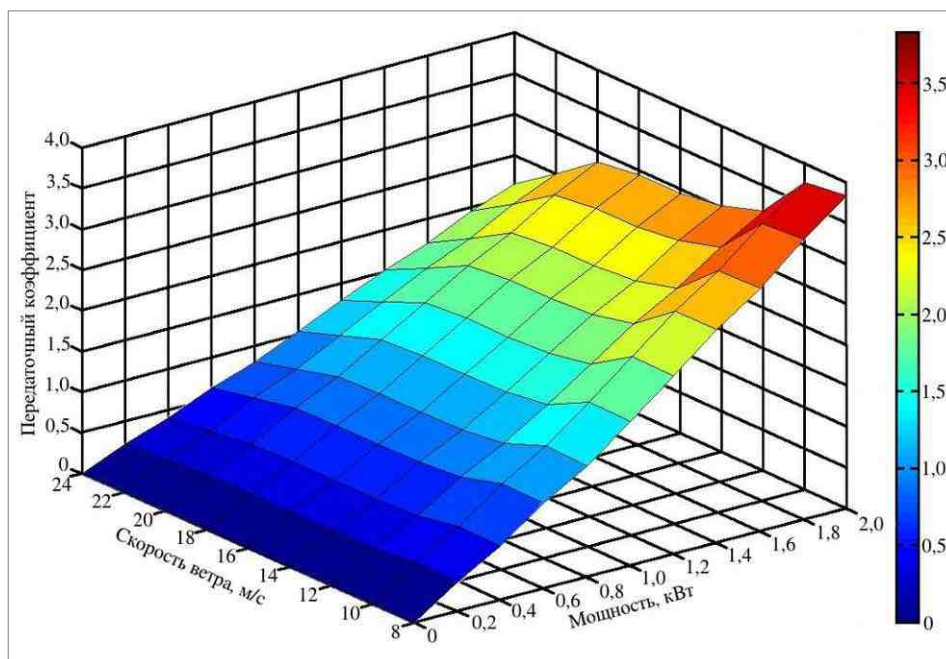


Рис. 3. Выбор передаточного числа в зависимости от скорости ветра и загрузки генератора.

Конструкция узла с коническими шестернями преобразует моменты так, что дифференциальный момент связан с моментом, поворачивающим лопасть, следующим соотношением

$$\overline{M}_0 = \frac{M_d}{2 \cdot i},$$

где i - передаточное число узла с коническими шестернями.

Конструкция генератора позволяет регулировать дифференциальный момент в пределах от 0 значения до максимального момента, создаваемого загруженным ротором, то есть максимальная величина дифференциального момента зависит от загрузки генератора. Для выбора диапазона передаточного отношения необходимо установить соотношение между максимальным дифференциальным моментом и моментом сопротивления со стороны лопасти

$$i = \frac{\overline{M}_d}{2 \cdot \overline{M}_0} = \frac{\overline{M}}{2 \cdot \overline{M}_0}.$$

Как было установлено, максимальный дифференциальный момент зависит от скорости ветра, а момент сопротивления повороту лопасти — от скорости ветра и загрузки генератора. Следовательно диапазон передаточных чисел будет зависеть как от скорости ветра, так и от загрузки генератора (рис. 4).

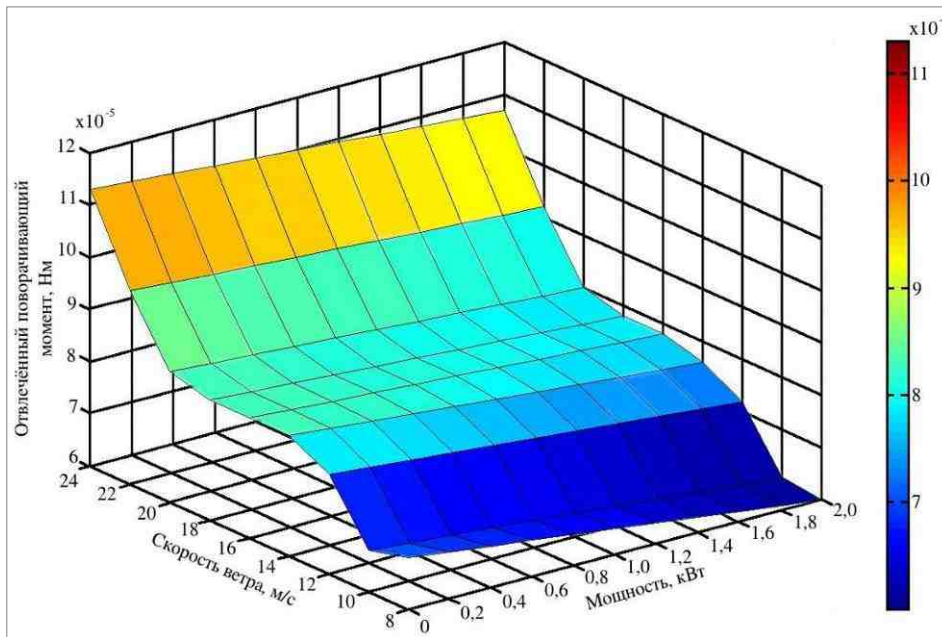


Рис. 4. Зависимость отвлечённых поворачивающих моментов от скорости ветра и загрузки генератора.

Следует отметить, что регулирование с помощью данной конструкции синхронным генератором возможно лишь на протяжении половины полюсного деления, из чего следует, что максимальное число пар полюсов в генераторе зависит от указанного передаточного числа согласно следующему выражению

$$p = \frac{360 \cdot i}{4 \cdot \Delta\varphi_{\max}},$$

где $\Delta\varphi_{\max}$ - максимальный угол поворота лопасти,

Максимальный угол поворота лопасти может быть определён по графику, приведённому на рисунке 1, при разных начальных рабочих скоростях ветра. В случае, если генератор будет использоваться с постоянной минимальной загрузкой (ограничением минимальной мощности), передаточное число может быть увеличено.

Выводы. На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

- допустимое передаточное число в узле с коническими шестернями зависит от величины минимальной загрузки генератора;
- в случае возможной работы ветрогенератора на холостом ходу передаточное число будет наименьшим;
- с ростом минимальной загрузки генератора передаточное число возможно увеличить;

- число пар полюсов ветрогенератора зависит от максимального угла поворота лопасти и передаточного числа.

Литература

1. Патент 2433301 Российская Федерация, МПК⁹ С2 F03D1/02, F03D7/04. Двухроторный ветрогенератор / *К.С. Моренко* - №2009140845/06; заявл. 03.11.2009; опубл. 10.11.2011, бюл. №31
2. *Степанчук Г.В.* Двухроторный электрогенератор для ветроустановки / *Г.В. Степанчук, К.С. Моренко.* Физико-технические проблемы создания новых технологий в агропромышленном комплексе. - Ставрополь: «Параграф», 2011.
3. Расчет и проектирование ветроэлектрических установок с горизонтально-осевой ветротурбиной и синхронным генератором на постоянных магнитах / *А.И. Яковлев, М.А. Затучная, В.Н. Меркушев, В.Н. Пашков.* - Харьков: Нац. аэрокосм. университет "Харьковский авиационный институт", 2003. - 125 с.
4. Труды ЦАГИ №659 / *П.А. Рыков, Н.Г. Ченцов, Х.С. Блейх.* — Москва: Бюро новой техники, 1948. — 30 с.

ОБҐРУНТУВАННЯ ПЕРЕДАТНОГО ВІДНОШЕННЯ РЕДУКТОРА ДЛЯ ДВОРОТОРНОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО ГЕНЕРАТОРА ВІТРОУСТАНОВКИ

Степанчук Г.В., Моренко К.С.

Анотація – у статті розглядається обґрунтування параметрів конструкції двомоторного електричного генератора для вітроустановки з регульованим кутом атаки лопаті для підтримки частоти обертання.

RATIONALE FOR GEAR RATIO TWIN-ELECTRIC GENERATOR WIND

G. Stepantschuk, K. Morenko

Summary

The article deals with the substantiation of the basic parameters of the construction double-rotor electrical generator construction for wind power plant with controllable angle of blade attack for stabilization the rotating speed.



УДК 631.544.4:628.938

К ВЫБОРУ ОБЛУЧАТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА

Степанчук Г.В., к.т.н.,

Пономарева Н.Е., к.т.н.,

Петренко Э.Э.

ФГБОУ ВПО «Азово-Черноморская государственная агроинженерная академия», г. Зерноград, Россия

Тел.: 86359 41-3-65

Аннотация – выбор установок облучения для выращивания растений в условиях защищенного грунта определяется рядом условий: культурой, фазой вегетационного развития, технологией выращивания, пространственным расположением технологической поверхности, особенностями источников света и способа облучения. Учет этих условий позволит рационально использовать возможности воздействия оптического излучения на растения, повысит их продуктивность и снизит энергоемкость процесса выращивания тепличных культур.

Ключевые слова - энергозатраты, технологическая поверхность, установки переменного облучения.

Постановка проблемы. Процесс выращивания растений в условиях защищённого грунта является энергоёмким процессом. Затраты на электроэнергию составляют значительную часть себестоимости производимой продукции и достигают до 30–40% от себестоимости [1]. Совершенствование облучательных установок, используемых в тепличном производстве, определение рациональных параметров и режимов их работы приведёт к ощутимому снижению энергозатрат.

Анализ последних исследований. Выбор облучательных установок определяется условиями [1]: культурой и сортом растения, которое подвергается облучению, а так же, в какую фазу вегетационного развития будет использоваться облучательная установка; технологией выращивания тепличной культуры; пространственным расположением технологической поверхности, подвергающейся облучению, по от-

ношению к облучателю; рациональным использованием естественно-го облучения, поступающего через остеклённую поверхность теплицы, с учётом изменяющейся архитектуры растительного покрова за вегетационный период; способом облучения; типом источника излучения и его характеристиками.

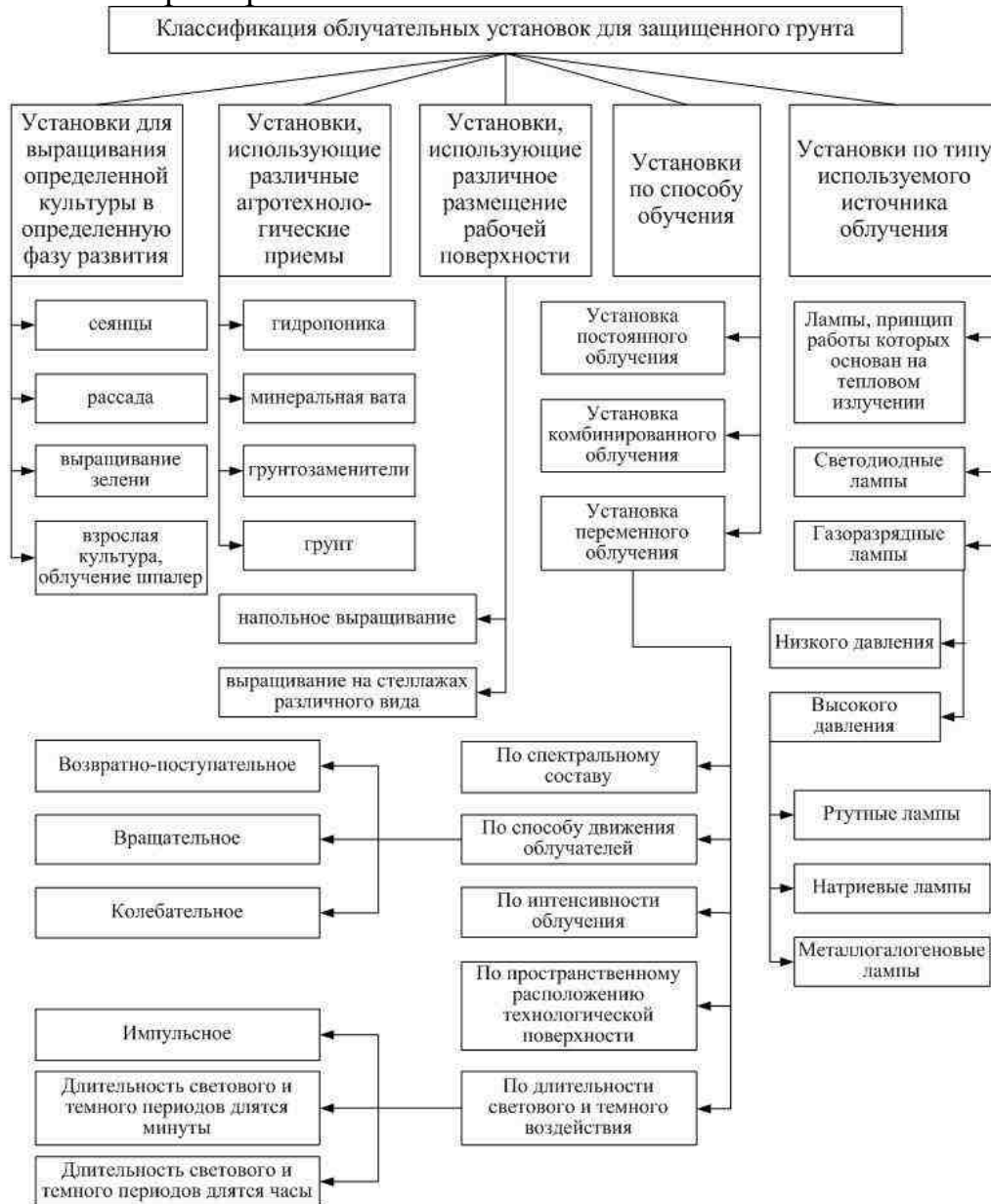


Рис. 1. Классификация облучательных установок защищённого грунта.

Анализ литературных источников позволил обобщить различные типы существующих облучательных установок и классифицировать их (рис. 1).

В настоящее время широкое распространение получили установки постоянного облучения. К ним относятся облучательные установки типа

СОРТ-1-10, СОРТ-2 2-3Т, СОРТ-2-2-3К, УОРТ-1-6000, УОРТУ-2-3000, УОРТ8-750, ОТ-400, ГСП26-1000, ЖСП26-400, установки типа плоский световод, светящий карниз, светотрон, светотронный карниз [1,3,4].

Совершенствование установок постоянного облучения идёт по пути применения в них более эффективных источников света и повышения КПД оптической системы. В частности замена ртутных ламп ДРЛФ400 на натриевые зеркальные лампы ДНаЗ 250 и ДНаЗ 400 позволяет в 2–3 раза уменьшить количество облучателей и расход электроэнергии при сохранении прежнего уровня облучённости [5].

Для повышения эффективности использования светотехнического оборудования и для дополнительного облучения растений в теплицах используются установки постоянного облучения, когда выращивание растений осуществляется на стеллажах различной конфигурации, например, с многоярусной узкостеллажной гидропоникой, когда ярусы располагаются по отношению друг к другу ступенчато.

Формулирование целей статьи. Рациональное использование воздействия оптического излучения на растения за счет обоснования выбора способа облучения с целью повышения их продуктивности, снижения энергоёмкости процесса выращивания тепличных культур.

Основная часть. Основным недостатком вышперечисленных разработок является использование стационарных облучателей, что создаёт различные условия для растений, хотя в последнем случае этот недостаток несколько сглаживается, но не устраняется полностью. Ещё одним существенным недостатком установок постоянного облучения являются высокие энергозатраты.

Существенного снижения энергозатрат можно добиться при использовании установок переменного облучения, в частности установок, которые создают переменное облучение при помощи движущихся источников излучения. Известны установки, в которых источники излучения совершают возвратно-поступательное (горизонтальное или вертикальное), вращательное (карусельные установки) и колебательное движение.

На большие преимущества применения установок переменного облучения указывали исследователи В.П. Мальчевский (1946), Б.С. Мошков (1950), В.И. Леман (1971), Л.Г. Прищеп (1980), А.Г. Молчанов (1985), В.А. Козинский (1991), В.П. Шарупич (1993), В.А. Андрийчук (2003), В.В. Малышев (2007) и другие. Выращивание растений с помощью чередующихся по интенсивности уровней облучённости в течение светлого периода суток показало, что урожайность достигает тех же величин, что и при постоянном облучении, а расход электроэнергии на единицу продукции в несколько раз меньше.

Выводы. Нами предлагается при выращивании семян и рассады томатов использовать облучательную установку с движущимися облучателями (горизонтально расположенными лампами ДНаТ400) и технологической поверхностью, расположенной под углом (рис. 2).

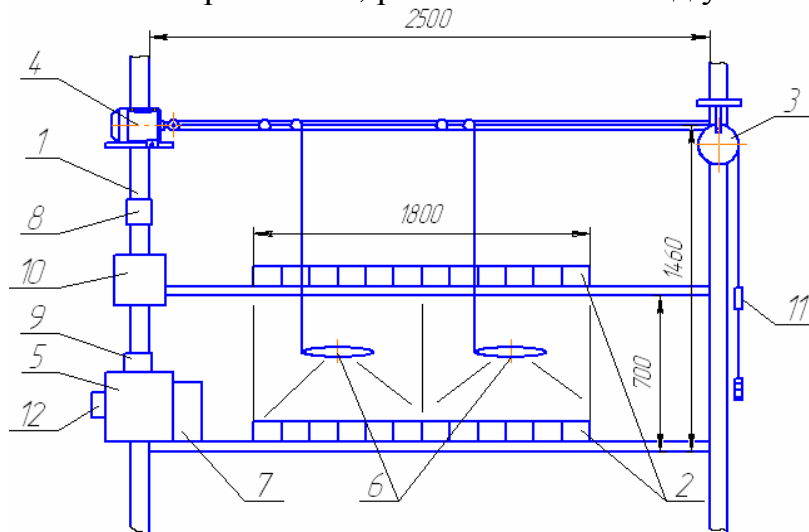


Рис. 2. Принципиальная схема облучательной установки: 1 – металлическая рама; 2 – стеллаж; 3 – система блоков; 4 – мотор-редуктор; 5 – электронный преобразователь; 6 – лампы; 7 – аппарат пускорегулирующий; 8 – автоматический выключатель; 9 – магнитный пускатель; 10 – счётчик; 11 –концевой выключатель; 12 – реле времени.

В качестве технологической поверхности применялся отдельный стеллаж. Стеллаж состоял из двух лотков, расстояние между которыми было 0,7 м; высота 1,50 м; ширина 0,55 м; длина 1,80 м. Размеры стеллажа подбирались из расчёта обеспечения жизненного пространства необходимого для взрослой рассады томатов.

Угол наклона технологической поверхности в 18° [2] и использование облучателей, совершающих вертикальное возвратно-поступательное движение позволило добиться большей равномерности дозы облучения, которую получали растения.

Литература

1. Пчелин В.М. Основные направления повышения эффективности тепличных облучательных установок [Электронный ресурс]/ В.М. Пчелин, М.В. Саморуков, Р.Ш. Ариков – Режим доступа: www.reflux.ru/upload/statya.pdf .
2. Ключка Е.П. Облучательная установка для выращивания рассады томатов в сооружениях защищенного грунта: диссертаци кандидата технических наук / Е.П. Ключка.– Зерноград, 2011.– 125 с.
3. Тихомиров А.А. Светокультура растений: биофизические и био-

технологические основы. Учеб. Пособие. / А.А. Тихомиров, В.П. Шарунич, Г.М. Лисовский. – Новосибирск: Изд-во Сибирского отделения Российской Академии наук. – 2000. –213 с.

4. Газалов В.С. Светотехника и электротехнология. Часть 1. Светотехника /Учебное пособие/ Газалов В.С. – Ростов-на-Дону: ООО «Терра», 2004. –344 с.

5. Пчелин В.М. [Электронный ресурс] Опыт использования в теплицах зеркальных натриевых ламп типа РЕФЛАКС / В.М. Пчелин, А.В. Горячев, М.И. Капля.– Режим доступа: www.reflux.ru/upload/statya.pdf .

ДО ВИБОРУ ОПРОМІНЮВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ РОСЛИН В УМОВАХ ЗАХИЩЕНОГО ҐРУНТУ

Степанчук Г.В., Пономарева Н.Є., Петренко Е.Е.

Анотація – вибір опромінювальних установок для вирощування рослин в умовах захищеного ґрунту визначається рядом умов: культурою, фазою вегетації, технологією вирощування, просторовим розташуванням робочої поверхні, особливостями джерела світла та способом опромінення. Урахування цих умов дозволить раціонально використовувати можливості впливу оптичного випромінювання на рослини, підвищить їх продуктивність та зменшить енергоємність процесу вирощування.

TO THE CHOICE OF IRRADIATION INSTALLATIONS FOR PLANT GROOVING UNDER CONDITIONS OF PROTECTED SOIL

G. Stepanchuk, N. Ponomaryova, E. Petrenko

Summary

A choice of irradiation installations for plant grooving in the protected ground conditions: the crop and the vegetation development phase, the grooving technology, the spatial arrangement of technological surface, the special features of light sources, the irradiation means. These conditions will allow the rational use of the optical radiation on the plants, the raising their productivity and the low of the hot house growing process electric capacity.



УДК 621.873.01

ОПТИМИЗАЦИЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ АСИНХРОННЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ НАСОСОВ СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Таранов Д.М. к.т.н.,

Каун О.Ю., аспирант*

ФГБОУ ВПО Азово-Черноморская государственная агроинженерная академия, г. Зерноград (Российская Федерация)

Тел.: (86359) 41-3-65

Аннотация – в статье рассмотрены преимущества регулируемого электропривода, анализ потерь системы водоснабжения и сформулирована оптимизационная задача.

Ключевые слова - регулируемый электропривод, системы водоснабжения, насос, оптимизация, эффективность.

Постановка проблемы. Потребители энергии делятся так: электроприводы – 62%, электрический транспорт – 9%, электротермия и электротехнология – 8%, освещение и прочие потребители – 21%.

Нынешний уровень развития электроники, нанотехнологий микропроцессорных средств управления и регулирования дает возможность максимально использовать достижения науки для экономии электроэнергии.

Существуют новейшие способы по оптимизации технологических процессов, которые совместно с возможностями автоматизации позволяют существенно сократить энергетические ресурсы предприятия и увеличить надежность устройств.

Одним из путей сокращения потребления энергетических ресурсов в системах водоснабжения животноводческих комплексов является применение регулируемого электропривода насосов.

Анализ последних исследований. Преимущества применения преобразователей частоты совместно с электроприводом насосов:

1. Плавность регулирования скорости вращения электропривода позволяет отказаться от регулирующей аппаратуры, что упро-

© Д.М. Таранов, к.т.н.; О.Ю. Каун, аспирант

* Научный руководитель – Таранов Д.М. к.т.н., доцент

щает механическую систему. повышает надежность и снижает эксплуатационные расходы, исключает вредное воздействие переходных процессов в напорных трубопроводах и технологическом оборудовании.

2. Частотный пуск двигателя позволяет произвести плавный запуск, снижает пусковые токи и механические удары, тем самым увеличивая долговечность электродвигателя.
3. Встроенный микропроцессорный ПИД-регулятор позволяет реализовать систему регулирования скорости управляемого электродвигателя.
4. Применение обратной связи обеспечивает качественное поддержание скорости электродвигателя и дает возможность дальнейшей оптимизации параметров, направленных на снижение энергопотребления насосной установки.
5. Применение регулируемого частотного электропривода позволяет сберечь электроэнергию устранением неоправданных ее затрат, которые имеют место при альтернативных методах регулирования с технологических потоков дросселированием, с помощью гидромуфт и других механических регулирующих устройств.

Применение преобразователей частоты направлено на оптимизацию процесса водоснабжения. Наибольшее распространение получили преобразователи частоты с промежуточным звеном постоянного тока (рис.1).

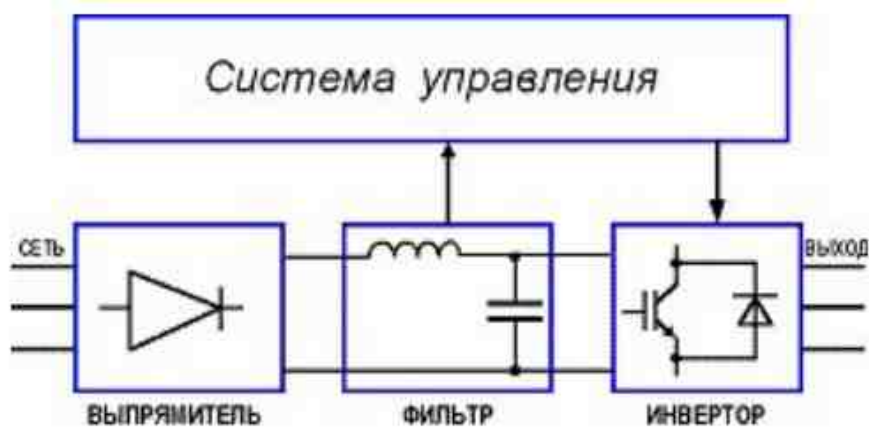


Рис. 1. Преобразователь частоты с промежуточным звеном постоянного тока.

В современных преобразователях частоты заложены следующие законы управления: линейный, квадратичный, кубический, в степени 1,5, в степени 1,7 и программируемый пользователем. При таком мно-

гообразии законов возникает вопрос об обосновании оптимальности закона для управления насосами системы водоснабжения. Алгоритмы управления преобразователями частоты не адаптированы к реальным системам водоснабжения. В результате чего требуемая подача либо не обеспечивается, либо превышает потребление электроэнергии для водоснабжения.

Формулирование цели статьи. Обзор алгоритмов управления преобразователями частоты в контексте выполняемых задач, с целью их оптимизации, что приведет к экономии электроэнергии, увеличению КПД, уменьшению потерь и обеспечит непрерывную подачу воды в систему поения животных.

Основная часть.

Системы водоснабжения.

В настоящее время в животноводстве распространены системы башенного, резервуарного и проточного водоснабжения.

Наиболее оптимальной является система проточного водоснабжения, так как давление в трубопроводе создается только насосом и контролируется датчиками давления, которые при помощи обратной связи соединены с преобразователем частоты. Емкость (водонапорная башня или резервуар) служит только для пожарных целей, а вода из источника подается напрямую потребителю. Благодаря введению обратной связи по давлению (рис. 2) двигатель будет работать только с той скоростью вращения, которая необходима для создания соответствующего напора.

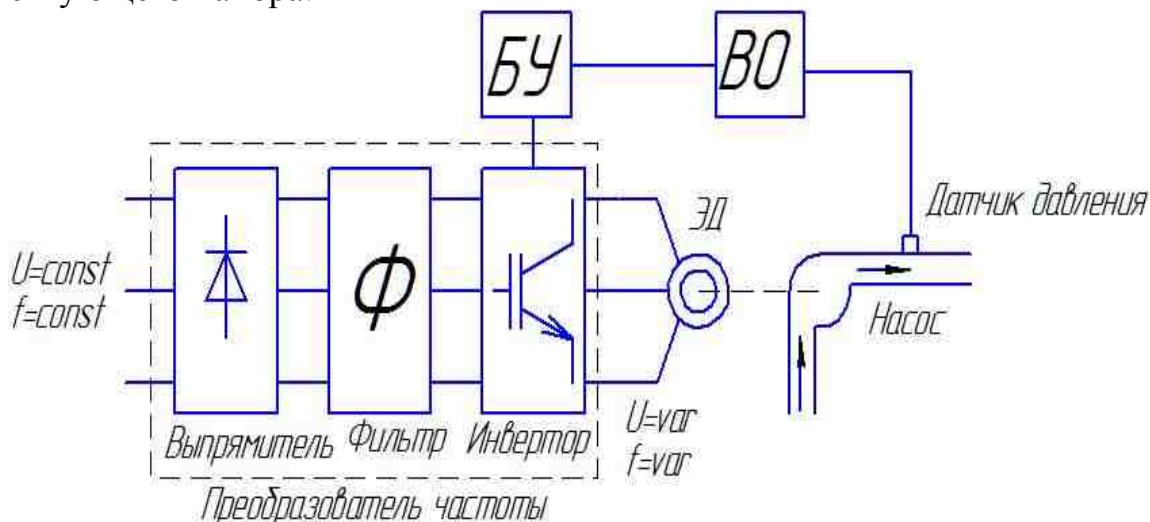


Рис. 2. Структурная схема САР угловой скорости двигателя насоса по напору при помощи ШИМ-регулирования и обратной связи.

В случае применения частотного привода появляется возможность плавного управления скоростью вращения насоса, а, значит, и

давлением. Используя датчик давления, привод будет обеспечивать заданное давление независимо от расхода воды в данный момент. Снижение расхода приведет к уменьшению мощности, потребляемой насосом. При применении частотного привода в насосных установках реально снижение среднего расхода воды на 12-14%, а расход электроэнергии - на 40-50%.

В момент пуска электропривода отсутствуют динамические нагрузки на приводные механизмы и гидравлические удары, так как ввод в работу осуществляется плавно и с заданным темпом увеличивается до необходимой скорости. При пуске электропривода отсутствуют броски тока, связанные с прямым включением двигателя в сеть. Уменьшается шум и увеличивается механический ресурс насосных агрегатов за счет снижения в среднем рабочих оборотов двигателей и насосов.

Потери в системе водоснабжения.

Цель оптимизации электропривода насосов сводится к повышению КПД системы, который увеличится путем уменьшения потерь в каждом элементе системы водоснабжения.

Проанализировав все потери (рис.3) можно вывести целевую функцию системы, направленную на увеличение КПД системы.

$$\eta_{аз} = \eta_{нч} \cdot \eta_{эд} \cdot \eta_{ТМ} \cdot \eta_{М} \rightarrow \max .$$

Целью нашей работы является решить оптимизационную задачу путем оптимизации алгоритма управления преобразователем частоты и адаптивности его под реальный технологический процесс.

Для того чтобы получить максимальный КПД агрегата необходимо исследовать энергетические показатели отдельных составляющих рассматриваемой системы:

$$\eta_{нч} = \frac{P_1}{P} = 1 - \frac{\Delta P_{нч}}{P_1 + \Delta P_{нч}},$$
$$\eta_{эд} = \frac{P_{мех}}{P_1} = 1 - \frac{\Delta P_{эд}}{P_{мех} + \Delta P_{эд}}.$$

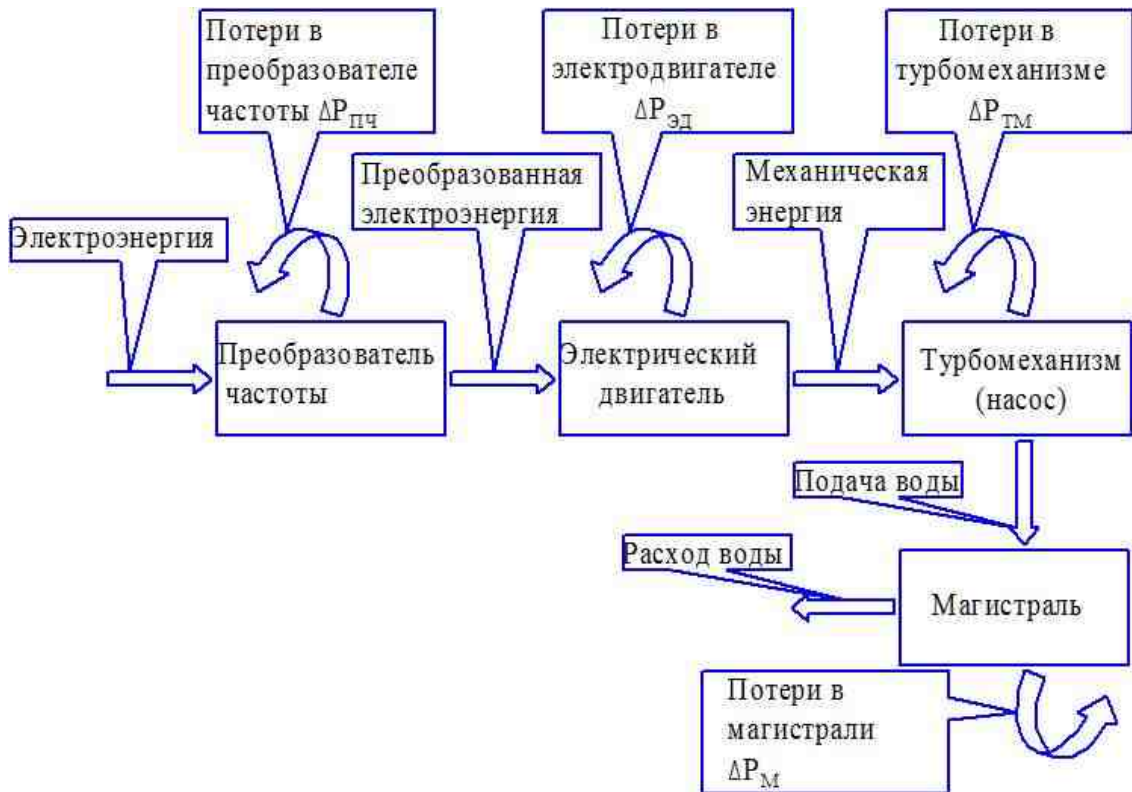


Рис. 3. Анализ потерь в системе водоснабжения.

В преобразователе частоты с автономным инвертором напряжения (АИН) при питании его от неуправляемого выпрямителя имеют место следующие виды потерь:

- потери в вентилях неуправляемого выпрямителя и силовых ключах АИН;
- потери в коммутирующих реакторах и фильтрах электромагнитной совместимости на входе выпрямителя, в реакторе фильтра звена постоянного тока, а также в выходных фильтрах и реакторах в случае их установки;
- потери в конденсаторах фильтра звена постоянного тока и выходного фильтра;
- потери в защитных RC – цепях.

Суммарная мощность потерь энергии в асинхронном электродвигателе при частотном способе регулирования его скорости определяется по формуле

$$\Delta P_{ов} = \Delta P_{1.м} + \Delta P_{2.м} + \Delta P_{с.з} + \Delta P_{1с.в} + \Delta P_{мех} + \Delta P_{доб}.$$

При работе насосной установки с подачей меньше расчетной возникает несоответствие между напором, развиваемым насосом, и напором, требуемым для подачи того или иного количества жидко-

сти(т.е. превышение напора насоса). Сравнение характеристики центробежных насосов и трубопроводов показывает, что при уменьшении подачи требуемый напор также уменьшается, а развиваемый насосом напор увеличивается.

На превышение напора нерационально расходуется дополнительная мощность, кВт

$$\Delta N = \frac{\rho g Q \Delta H}{1000 \eta}.$$

Так как в течении расчетного периода подача и превышение напора все время меняется, то получаемый перерасход электроэнергии за расчетный период определяется как сумма электроэнергии, расходуемой в разные периоды времени работы установки

$$\Delta W_{\Sigma} = \frac{\rho g}{1000 \eta} \Sigma Q_i \Delta H_i t_i,$$

где Q_i , ΔH_i - подача и превышение напора за промежуток времени t_i .

Выводы. Из анализа потерь в системе водоснабжения можно сделать вывод о возможности дальнейшей оптимизации электроприводов насосов в сельском хозяйстве.

Для осуществления этого необходимо найти оптимальный закон управления электроприводом насосов, который позволит уменьшить влияние потерь в системе водоснабжения и сэкономит электроэнергию.

Литература

1. Семенухин А.М. Механизация животноводства. Учебное пособие / А.М. Семенухин, Н.В. Пономаренко. - зерноград 2008 – 154 с.
2. Лезнов Б.С. Экономия электроэнергии в насосных установках / Б.С. Лезнов – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 144 с.: ил. – (Экономия топлива и электроэнергии) ISBN 2-283-02011-8
3. Браславский И.Я. – Энергосберегающий асинхронный электропривод/ И.Я. Браславский, З.Ш. Ишматов., В.Н. Поляков. – М.: АСАДЕМА, 2004. – 202 с.
4. Ильинский Н.Ф. – Электропривод: энерго- и ресурсосбережение: учеб. пособие для студентов высш. Учеб. Заведений / Н.Ф. Ильинский, В.В. Москаленко. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 208 с.
5. Мансандилов Л.Б. Регулирование частоты вращения асинхронных электродвигателей, 2-е изд., перераб. и доп. / Л.Б. Мансандилов,

В.В. Москаленко. – М.: Энергия, 1978 – 96 с., ил., (Б-ка электромонтера; Вып. 469)

б. *Сафронов В.В.* Механизация водоснабжения поения и очистки помещений на животноводческом комплексе / *Сафронов В.В., Рыбалка А.И.* – М.: Агропромиздат. – 1984 г. - 271с.

**ОПТИМІЗАЦІЯ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ
АСИНХРОННИМ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ НАСОСІВ
СИСТЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ
ТВАРИННИЦЬКИХ КОМПЛЕКСІВ**

Таранов Д.М., Каун О.Ю.

Анотація – у статті розглянуті переваги регульованого електроприводу, проаналізовані втрати системи водо забезпечення та сформульована оптимізаційна задача.

**OPTIMIZE POWER CONSUMPTION
OF ASYNCHRONOUS ELECTRIC MOTORS DRIVE
THE PUMP WATER LIVESTOCK COMPLEX**

D. Taranov, O. Caun

Summary

The article describes the advantages of electric drive, loss of water supply are analyzed and formulated optimization task.



УДК631.365.22

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ТЕПЛОЙ ОБРАБОТКИ ЗЕРНА В УСЛОВИЯХ МАЛЫХ ФОРМ ХОЗЯЙСТВ

Крайнов Ю.Е., аспирант^{*},
Юсипова Э.М., аспирант^{*}

Нижегородский государственный инженерно-экономический институт, г. Княгинино, Россия

Тел.: (831166) 4-15-50

Аннотация - рассматривается шнековое устройство для сушки зерна, принцип его работы, исследования удельного энергопотребления, методика экспериментальных исследований.

Ключевые слова - тепловая обработка, сушка зерна, удельное электропотребление.

Небольшим фермерским хозяйствам и мелким предприятиям, занимающимся производством и переработкой зерновой продукции, экономически выгодно самим выполнять сушку влажного зерна. Однако существующие устройства для тепловой обработки относительно энергозатрат не всегда обеспечивают должное качество готового продукта, поскольку в них наблюдается пересушивание зерна, растрескивание его поверхностных слоев вследствие неравномерности и инертности нагрева в процессе обработки [1].

Отсутствие малогабаритной, универсальной и высокоэффективной (лишенной отмеченных недостатков) техники для тепловой обработки и переработки небольших объемов зерна, сдерживает развитие небольших фермерских хозяйств, кооперативов и мелких перерабатывающих предприятий. В этой связи создание энергосберегающих средств механизации тепловой обработки зерна, адаптированных к условиям мелкотоварного сельскохозяйственного производства, является актуальной и важной научно-технической задачей.

Для решения обозначенной задачи нами проводятся исследования по теме доклада, в процессе которых решаются научно-практические вопросы, в том числе: создание шнекового устройства для сушки зерна; разработка методики проведения исследований про-

© Крайнов Ю.Е., аспирант; Юсипова Э.М., аспирант

* Научный руководитель: Оболенский Н.В., д.т.н., профессор

цесса сушки зерна; исследование удельного электропотребления при сушке зерна; выполнение лабораторных и производственных исследований для подтверждения достоверности теоретических предположений, а также для оценки экономической эффективности применения вновь созданного устройства; разработка рекомендаций по использованию устройства в условиях фермерских хозяйств и небольших зернопроизводящих предприятий.

Из намеченных для решения вопросов большинство уже имеет практическую реализацию[2]. На рис.1 показан общий вид шнекового устройства для сушки зерна - в дальнейшем тексте устройство.

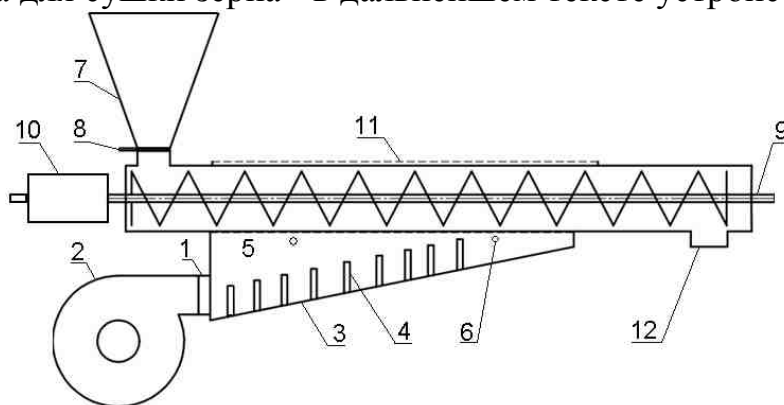


Рис. 1. Общий вид шнекового устройства для сушки зерна.

Представленный общий вид (рис.1.) детально раскрывает конструктивное его содержание: заслонка 1, с помощью которой регулируется расход воздуха; вентилятор 2 для прокачки воздуха через теплогенератор 3, в котором установлены ТЭНы 4, преобразующие электрическую энергию в тепловую; воздуховод 5 с расположенными в нём термодатчиками 6; загрузочный бункер 7 с заслонкой 8; шнек 9 для перемещения зерна; редуктор 10 для изменения скорости вращения шнека; утеплитель 11; выгрузное отверстие 12.

Принцип работы устройства таков. Загрузочный бункер 7 заполняют просушиваемым зерном. Выдвигают заслонку 8 и подают зерно к шнеку. Открывают заслонку 1 вентилятора 2. Включают вентилятор и ТЭНы посредством щита управления, оснащенного электросчетчиком, вольтметром, амперметром и ваттметром. Контроль за температурой нагрева воздуха осуществляется с помощью термодатчиков 6, в воздуховоде. Выгрузка просушенного зерна осуществляется путём вращения шнека. Толщина зернового слоя в шнеке варьируется от 10 до 80 мм.

Для нормального протекания процесса (прогрева, сушки, прокалывания и т.д.) в устройстве предусмотрен воздуховод, обеспечивающий равномерный подвод теплоты ко всей площади слоя зерна, под-

вергающегося тепловой обработке, а также постоянный отвод образующейся на поверхности зерна влаги (т.е. постоянный подвод сухого и отвод влажного воздуха). Биологические особенности зерна определяют его максимальную температуру нагрева и максимальный влагосъём. Выполнение этих требований (условий) напрямую связано с параметрами установки: в первую очередь с параметрами теплоотдающих элементов, которые определенным образом характеризуют источник теплоты и определяют его режимы работы: температуру, потребляемую мощность и др.; характером распределения температуры по объёму зернового слоя, толщиной зернового слоя, расходом агента сушки и т.д. Помимо этого в процессе сушки учитывается состояние окружающей среды: температура и влажность.

Процесс сушки определяется большой совокупностью разнообразных факторов, каждый из которых прямо или косвенно влияет на эффективность работы устройства в целом.

Устройство позволяет исследовать электропотребление при тепловой обработке зерна в двух режимах: с полным отводом отработавшего воздуха и при частичной циркуляции. В первом случае устройство работает следующим образом. Отмеряют количество зерна равное объёму шнековой камеры, взвешивают и засыпают в загрузочный бункер 7, открывают заслонку 8 и заполняют шнековую камеру 12. Включают под напряжение ТЭНы 4 и вентилятор 2. Нагнетаемый вентилятором воздух прокачивается через слой зерна, находящегося в камере. Регулировка расхода воздуха осуществляется заслонкой 1. Контактная с нагретым воздухом, зерно нагревается и теряет излишки влаги. Для достижения времени сушки зерна регулируем скорость вращения шнека редуктором 10. В процессе сушки замеряется её время и мощность, потреблённая тэнами теплогенератора и вентилятором. Для создания циркуляции воздуха направляем часть отработанного воздуха на всасывающий патрубок вентилятора 9. Осуществляются те же замеры: потребляемой мощности с помощью ваттметра, а также с помощью амперметра и вольтметра; времени нагрева воздуха до заданной температуры с помощью термодатчиков и секундомера; экспозиции сушки в неподвижном режиме с помощью секундомера; времени прохождения зерна через камеру с помощью секундомера; расход электроэнергии на нагрев воздуха до заданной температуры и его прокачку с помощью электросчетчика.

Характер протекания процесса тепловой обработки зерна определяется механизмом перемещения влаги внутри него, энергетикой испарения и механизмом перемещения влаги с поверхности зерна в окружающую среду через так называемый пограничный слой, распо-

ложенный у поверхности зерна.

Нами получено уравнение для расчета мощности N , необходимой для обеспечения процесса тепловой обработки зерна в предлагаемом шнековом устройстве (требуемой на привод вентилятора и нагрев воздуха, подаваемого вентилятором и на привод шнека)

$$N = \frac{L_6 \left[\frac{2L_6 \rho v}{\pi(D_3^2 - d_6^2)} \left(1 + \frac{64l_k}{Re D_3} + \xi_M \right) + H_k \right]}{\eta_2 \eta_M \eta_n} + k_3 \frac{c_6 \rho L_6 (t_{вых} - t_{вх})}{\eta}, \quad (1)$$

- где L_6 – подача вентилятора, м³/с;
 ρ – плотность воздуха, кг/м³;
 v – скорость воздуха, м/с;
 D_3 – диаметр сечения кожуха эквивалентного прямоугольному, м;
 l_k – длина кожуха устройства, м;
 Re – число Рейнольдса;
 ξ_M – приведенный коэффициент местных сопротивлений;
 H_k – потери давления в теплогенераторе, Па;
 η_2 – гидравлический (аэродинамический) КПД вентилятора;
 η_M – механический КПД вентилятора;
 η_n – КПД привода вентилятора;
 c_6 – удельная теплоемкость воздуха, Дж/(кг·°С);
 $t_{вых}$ – температура воздуха на выходе из теплогенератора, °С;
 $t_{вх}$ – температура воздуха на входе в теплогенератор, °С;
 η – КПД теплогенератора [3].

$$D_3 = \sqrt{\frac{4bh}{\pi}},$$

- где b – ширина живого сечения теплогенератора, м;
 h – высота живого сечения теплогенератора, м.

Расчитав N можно определить теоретическую величину удельного расхода электроэнергии ($W_{уд}$) на удаление 1 % влаги из 1 кг зерна, Вт·ч/кг·%,

$$W_{уд.м} = \frac{N\tau}{G_3 \Delta\omega},$$

- где N – количество электроэнергии, рассчитанной по формуле (1), Вт;
 τ – время сушки, ч;
 G_3 – масса просушенного зерна, кг;
 $\Delta\omega$ – требуемое снижение влажности зерна (разница влажности зерна до и после сушки), %, определяемое по уравнению

$$\Delta\omega = \omega_{\text{вх}} - \omega_{\text{вих}},$$

где $\omega_{\text{вх}}$ - влажности зерна до сушки, %;

$\omega_{\text{вих}}$ - влажности зерна после сушки, %.

Фактическая же величина удельного расхода электроэнергии определяется по формуле

$$W_{\text{уд}} = \frac{W}{G_3 \Delta\omega},$$

где W – количество электроэнергии, израсходованной на сушку зерна и прокачку воздуха, Вт·ч.

Лабораторные исследования устройства планируется проводить в режиме сушки пшеницы сорта «Московская 39».

Литература

1. *Малин Н.И.* Энергосберегающая сушка зерна / *Н.И. Малин.* - М.: КолосС. – 2004. - 240 с.
2. *Оболенский Н.В.* Малогабаритная зерносушилка для фермерских хозяйств / *Н.В. Оболенский, Д.Ю. Данилов* // «Механизация и Электрификация сельского хозяйства». – 2011. – № 10 – С. 26, 27.
3. *Оболенский Н. В.* Электронагрев в сельскохозяйственных обрабатывающих и перерабатывающих производствах / *Н.В. Оболенский.* – Н. Новгород: НГСХИ. 2007. – 350 с.

ПРИСТРІЙ ДЛЯ ТЕПЛОВОЇ ОБРОБКИ ЗЕРНА В УМОВАХ МАЛИХ ФОРМ ГОСПОДАРСТВ

Крайнов Ю.Е., Осипова Е.М.

Анотація – розглядається шнековий пристрій, принцип дії, дослідження питомого енергоспоживання та методика експериментальних досліджень.

APPARATUS FOR HEAT TREATMENT OF GRAIN IN A SMALL FARMS

Yu. Kraynov, E. Osipova

Summary

It is about screw unit for drying grain, how it works, research of the specific energy consumption, and the method of experimental research.



УДК 62:69

ОРЕБРЕНИЕ ТЕПЛООТДАЮЩИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ИНДУКЦИОННЫХ НАГРЕВАТЕЛЕЙ ЖИДКИХ СРЕД

Оболенский Н.В., д.т.н.,

Тел.: 79107996752,

Миронов Е.Б., аспирант*,

Тел.: 79159323286,

Красиков С.Б., аспирант*

Нижегородский государственный инженерно-экономический институт, г. Княгинино, Россия

Тел.: (79519158941).

Аннотация - предложено и теоретически обосновано оребрение индуктора и центрального цилиндрического канала, обеспечивающее максимальный теплообмен при снижении массы и гидравлического сопротивления индукционного нагревателя жидких сред.

Ключевые слова - индукционный нагреватель жидких сред (ИНЖС), индуктор, оребрение, теплоотдающая поверхность, гидравлическое сопротивление.

Постановка проблемы. Авторы изобретения «Устройство индукционного нагрева жидких сред» [1] утверждают, что оно решает техническую задачу максимального теплообмена, обеспечивающего быстрый и стабильный нагрев большого объема жидких сред.

Анализ последних исследований. Указанный технический результат достигается тем, что устройство, рис.1, содержащее цилиндрический корпус 1 с крышкой 2 и днищем 3, кольцо 4 с прорезями, центральный цилиндрический канал 5, индуктор 6, обмотку 7, входной 8 и выходной 9 патрубки, дополнительно снабжено двумя цилиндрами 10 и 11, коаксиально установленными и смонтированными с образованием кольцевых каналов для циркуляции нагреваемой жидкой среды, а также тремя кольцами 12, 13, 14 с прорезями, два из которых служат упорами для дополнительных цилиндров, а третье - для ограничения верхних частей этих цилиндров.

© Н.В. Оболенский, д.т.н.; Е.Б. Миронов, аспирант; С.Б. Красиков, аспирант

* - Научный руководитель: Оболенский Н.В. д.т.н., профессор

Устройство, рис.1, имеет существенные недостатки: высокую трудоёмкость изготовления из-за сложности сборки и плотного соединения цилиндрических элементов с кольцами, большой расход металла на изготовление; значительное гидравлическое сопротивление протеканию жидкой среды из-за многократных резких поворотов, приводящее к увеличению расхода электроэнергии на её прокачку, а значит, как следствие, повышенные стоимость изделия и его эксплуатационные расходы.

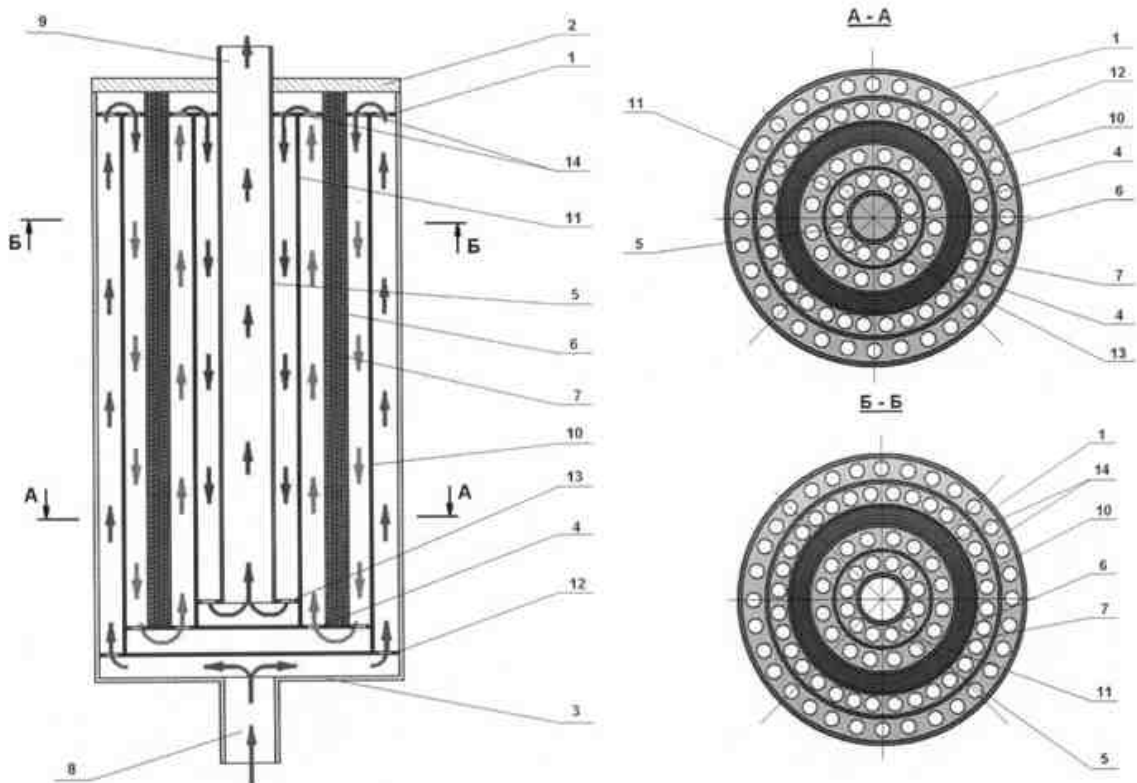


Рис. 1. Схема существующего устройства ИНЖС.

Формулирование цели статьи. Снижение гидравлического сопротивления и замена трудоёмких в сборке и имеющих значительную массу двух промежуточных цилиндра и трех колец оребрением наружных поверхностей индуктора и центрального цилиндрического канала для уменьшения энергопотребления и себестоимости ИНЖС.

Основная часть. На рис. 2 представлена схема модернизированного авторами устройства ИНЖС, содержащего цилиндрический корпус 1 с крышкой 2 и дном 3, центральный цилиндрический канал 4, оснащённый винтовыми рёбрами 5, индуктор 6, выполненный в виде цилиндра, оснащенный винтовыми рёбрами 7, смонтированный на дном 3 и имеющий обмотку 8, герметично запрессованную связую-

щим диэлектрическим материалом, входной 9 и выходной 10 патруб- ки.

Суммарный коэффициент гидравлическое сопротивление про- тотипа составляет, Па

$$\sum \zeta = n\zeta_1 + n\zeta_2 + n\zeta_3 + n\zeta_4 + n\zeta_5 ,$$

- где ζ_1 – коэффициент сопротивления при внезапном расширении;
 ζ_2 – коэффициент сопротивления при повороте на 90°;
 ζ_3 – коэффициент сопротивления при прохождении через суже- ния (отверстия);
 ζ_4 – коэффициент сопротивления при повороте на 180°;
 ζ_5 – коэффициент сопротивления при внезапном сужении.

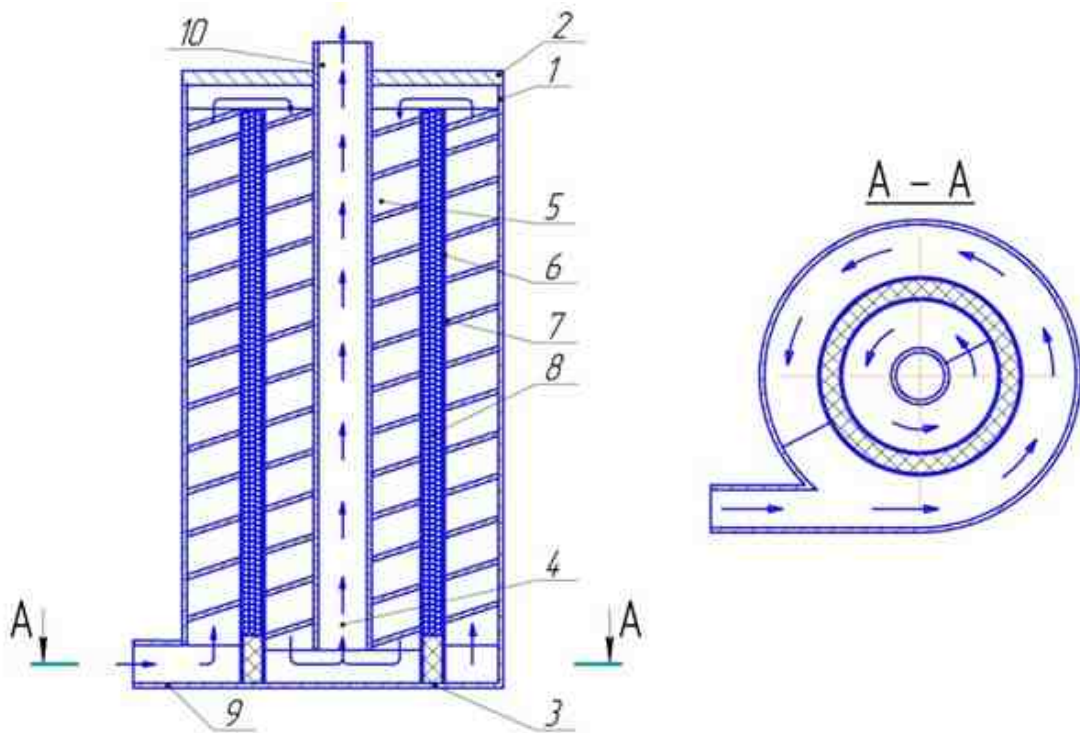


Рис. 2. Схема модернизированного ИНЖС.

Прототип, рис.1, имеет повторяющиеся конструкционные эле- менты, создающие гидравлические сопротивления (рис.3...5).

1. *Внезапное расширение струи* (рис. 3) создает наибольшие по- тери напора. В этом случае скорость частиц среды тратится на образо- вание завихрений, перемешивание среды, нагревание ее и т. д.

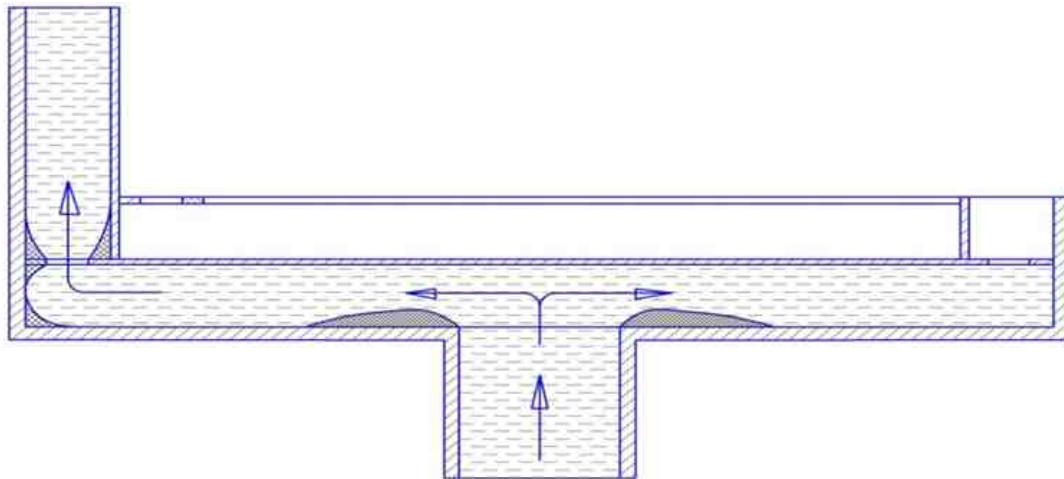


Рис. 3. Внезапное расширение с резким поворотом на 90° , резкий поворот на 90° с внезапными сужениями и расширениями.

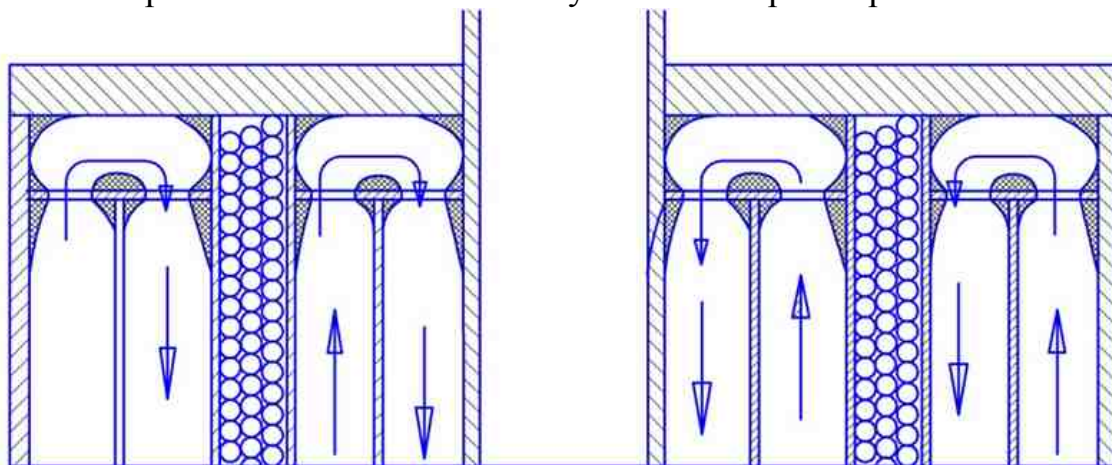


Рис. 4. Внезапные сужения и расширения с резкими поворотами на 180° .

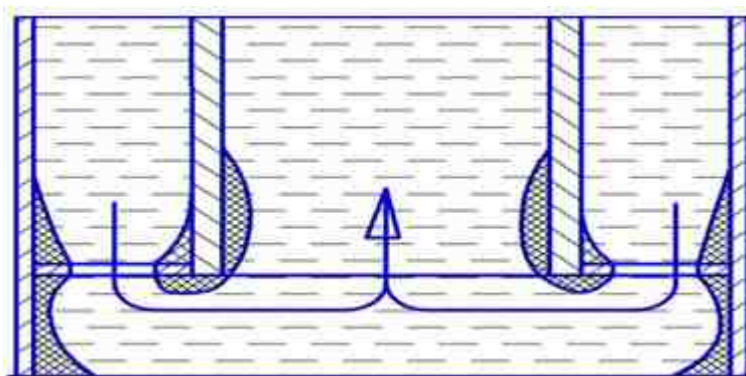


Рис. 5. Внезапные сужения и расширения с резкими поворотами на 90° , внезапное сужение с резким поворотом на 90° .

Приближенная зависимость коэффициента местного сопротивления от соотношения площади сечения трубы (полости подогревателя-

ля) до расширения f и площади сечения этих элементов после расширения F потока выражается формулой

$$\zeta_1 = \left(1 - \frac{f}{F}\right)^2,$$

где ζ_p – коэффициент сопротивления, отнесенный к скорости среды до расширения.

Учитывая, что $f = \pi D_1^2/4$, а $F = \pi D_2^2/4$ получаем

$$\zeta_1 = \left(1 - \frac{D_1^2}{D_2^2}\right)^2,$$

$$\zeta_1 = 0,93,$$

где D_1 – диаметр входного патрубка нагревателя,
 D_2 – диаметр корпуса нагревателя.

2. *Поворот без скругления (угол 90° и 180°)* рис. 3, 4, 5. При изменении направления потока появляются центробежные силы, направленные от центра кривизны к внешней стенке трубы. Давление в пределах поворота у внешней стенки больше, чем у внутренней. Соответственно скорости у внешней стенки меньше, чем у внутренней. Вследствие этого вдоль боковых стенок трубы, вблизи поверхности которых скорость невелика, будет происходить движение жидкости от внешней стенки к внутренней, т.е. возникает поперечная циркуляция в потоке. В результате образуется парный (двойной) вихрь, который накладывается на поступательное движение; линии потока становятся винтообразными. Происходит отрыв потока от обеих стенок, образуются водоворотные области с обратными направлениями линии тока в них у стенок трубы.

Повышенная пульсация скоростей и интенсивное перемешивание частиц наряду с затратами энергии потока на поддержание водоворотных областей на поворотах приводят к увеличенным потерям напора на повороте по сравнению с потерями на прямолинейных участках.

Согласно [2] при повороте без скругления для гладких стенок труб при $Re > 2 \cdot 10^5$ коэффициент сопротивления ζ_2 при угле поворота 90° будет равен 1,19. Коэффициент сопротивления ζ_4 при угле поворота 180° будет равен 3.

При движении жидкости через нагреватель встречается два поворота с углом 90° и четыре поворота с углом 180°.

3. Коэффициент сопротивления при прохождении через сужения (отверстия) ζ_3 .

Коэффициент сопротивления сужения при круглом концентрическом отверстии зависит от отношения площади отверстия f к площади сечения F ($n = f/F$).

При протекании через отверстия поток суживается до площади отверстия f , за отверстием образуется транзитная струя, которая сначала испытывает сжатие, а затем расширяется до размеров сечения трубы. Происходит отрыв потока от стенок, между струёй и стенками образуется водоворотная зона. Граница раздела между водоворотной областью и транзитной струёй неустойчива, пульсирует. На поверхности струи происходит интенсивное вихреобразование. Согласно [2] коэффициент сопротивления при $Re > 10^5$ и $n = 0,9$ будет равен $\zeta_3 = 0,13$.

Однако следует учесть, что это значение характерно для одного отверстия и при однократном прохождении. Согласно [1] количество отверстий в первом контуре нагрева 32, а во втором контуре 28. Общее количество отверстий – 184.

Следует отметить, что в зависимости от мощности водонагревателя меняются его габаритные размеры, в том числе и его диаметр. Это приводит к тому, что приходится увеличивать количество отверстий в кольце, что создаёт повышение гидравлических сопротивлений.

4. Коэффициент сопротивления при внезапном сужении ζ_5 . При внезапном сужении, как и при внезапном расширении, за их кромкой поток отрывается от твёрдой стенки и образуется транзитная струя, которая сначала испытывает сжатие, а потом расширение. Между твёрдой стенкой и поверхностью транзитной струи образуется водоворотная зона, вихри, которые в результате обмена жидкостью между водоворотной зоной и транзитной струёй проникают в поток, где гасятся трением.

При числах $Re > 10^4$ коэффициент сопротивления зависит только от отношения F/f . Устройство содержит несколько ступеней. Согласно [2] суммарный коэффициент сопротивления при $F/f = 0,6$ $\zeta_5 = 0,25$. Согласно [1] таких переходов 3, а также один переход с $F/f = 0,4$ $\zeta_5 = 0,34$.

Суммарный коэффициент гидравлическое сопротивление прототипа равен

$$\sum \zeta = 1 \cdot 0,93 + 2 \cdot 1,19 + 184 \cdot 0,13 + 4 \cdot 3 + (3 \cdot 0,25 + 1 \cdot 0,34) = 40,32.$$

При расчёте гидравлического сопротивления модернизированного ИНЖС (рис. 2) разделяем его на отдельные конструкционные

элементы, суммарный коэффициент гидравлического сопротивления которых равен

$$\sum \zeta = n\zeta_1 + n\zeta_2$$

где ζ_1 – коэффициент сопротивления при плавном повороте;

ζ_2 – коэффициент сопротивления при внезапном сужении.

1. Коэффициент сопротивления при плавном повороте ζ_1 . Этот коэффициент при плавном повороте и $Re > 2 \cdot 10^5$ находят по формуле

$$\zeta_1 = A \cdot B.$$

Согласно [2] значение A при угле поворота на 180° равно 1,4. При модернизации ИНЖС мы приняли площадь поперечного сечения входного патрубка равной площади сечения канала между витками, а диаметры входного и выходного патрубка равными диаметру входного и выходного патрубка прототипа, а площади их поперечного сечения равными $803,8 \text{ мм}^2$. При высоте модернизированного ИНЖС 1000 мм количество витков спирального оребрения получилось равным 12 на оба контура при шаге между рёбрами 160 мм. Таким образом, количество поворотов на 180° получилось равным 24.

Параметр B учитывает влияние относительного радиуса закругления R_0/d , где R_0 – радиус закругления, d – ширина канала (диаметр трубы). Значения B определяются по графикам [2], в соответствии с которыми в первом контуре при $R_0/d=14,5$ $B_1 = 0,05$, а во втором – при $R_0/d=8,9$ $B_2 = 0,07$.

Суммарный коэффициент сопротивления при плавном повороте на 180° в первом и во втором контуре составил:

$$\zeta_1 = A_1 B_1 = 1,4 \cdot 0,05 = 0,070,$$

$$\zeta_2 = A_2 B_2 = 1,4 \cdot 0,07 = 0,098.$$

2. Коэффициент сопротивления при внезапном сужении ζ_2 . В модернизированном ИНЖС имеются схожие гидравлические сопротивления, связанные с входом в центральный канал 10 (рис. 2). Здесь имеется один переход с $F/f = 0,4$, поэтому коэффициент сопротивления при внезапном сужении составит, как и в расчёте прототипа $\zeta_2 = 0,34$.

Суммарный коэффициент гидравлического сопротивления модернизированного ИНЖС равен

$$\sum \zeta = 12 \cdot 0,07 + 12 \cdot 0,098 + 0,34 = 2,36.$$

Выводы. Из приведённых расчетов коэффициентов гидравлического сопротивления прототипа и модернизированного ИНЖС следует, что у первого он почти в 17 раз больше, а это обуславливает необходимость применения более мощного насоса для прокачки жидкой среды и, как следствие, большие эксплуатационные расходы.

Кроме того, оребрение индуктора и центрального канала позволяет избавиться от массивных колец и дополнительных цилиндров, что делает модернизированного ИНЖС менее металлоёмким и, как следствие, снижает его стоимость.

Литература

1. Пат. 2423802 РФ. МПК Н05В6/10. Устройство индукционного нагрева жидких сред / Д.Х. Ким, А.В. Слободян. - №2009140080/07; заявл. 30.10.09; опубл. 10.07.2011.
2. *Оболенский Н.В.* Электронагрев в сельскохозяйственных обрабатывающих и перерабатывающих производствах: монография / *Н.В. Оболенский.* – Н.Новгород: Изд-во НГСХА, 2007. - 352 с.

ОРЕБРЕННЯ ПОВЕРХОНЬ ІНДУКЦІЙНИХ НАГРІВАЧІВ РІДИННОГО СЕРЕДОВИЩА ЯКІ ВІДДАЮТЬ ТЕПЛО

Оболенський М.В., Міронов Є.Б., Красіков С.Б.

Анотація – запропоновано та теоретично обґрунтовано оребрення індуктора та центрального циліндричного каналу, що забезпечують максимальний теплообмін при зниженні ваги та гідравлічного опору індукційного нагрівача рідинного середовища.

RIDGERING OF THE HEAT GIVEN SURFACES OF INDUCTION HEATERS OF LIQUID ENVIRONMENTS

N. Obolensky, E. Mironov, S. Krasikov

Summary

It has been suggested ridgering of inductor and the central cylindrical channel, providing the maximal heat exchange at decrease in weight and hydraulic resistance of an induction heater of liquid environments.

УДК 631.8

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СТРУЕ-ЗАКРУЧИВАЮЩЕГО УЗЛА - УЛИТКИ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ТЕПЛОГЕНЕРАТОРА

Оболенский Н.В., д.т.н.,

Тел.: +79107996752,

Крайнов Ю.Е., аспирант*

Нижегородский государственный инженерно-экономический институт, г. Княгинино (Российская Федерация)

Тел.: +79026887351

Аннотация - приведено описание сути совершенствования струезакручивающего узла – улитки и исследований, подтверждающих целесообразность конструкционных изменений.

Ключевые слова - кавитационный эффект, реактор, энергозатраты, струезакручивающий узел, улитка.

Постановка проблемы. В последние годы на стыке наук: физики акустических и гидродинамических волновых процессов, нестационарной гидродинамики, химической кинетики сложилось новое научное направление - технология кавитационно-гидродинамического воздействия. Разрабатываемые в рамках этого направления технологии и оборудование используются в различных отраслях промышленности, в частности, в сельском хозяйстве [1].

Формулирование цели статьи. Цель исследования - оптимизация и обоснование геометрических параметров струезакручивающего узла – улитки (положительное решение ФИПС г. Москва о выдаче патента по заявке № 2012109337/10 на полезную модель с названием «Установка для выработки биогаза») гидродинамического теплогенератора-деструктора, использованного в установке для выработки биогаза (положительное решение ФИПС г. Москва о выдаче патента по заявке № 2012109337/10 на полезную модель с названием «Установка для выработки биогаза»).

За основу гидродинамического теплогенератора-деструктора принята вихревая труба Ранке (рис.1). Основными элементами гидро-

© Н.В. Оболенский, д.т.н.; Ю.Е. Крайнов, аспирант

* Научный руководитель : Оболенский Н.В., д.т.н., профессор

динамического деструктора являются: 1 – тормозное устройство (камертон), 2 – гидродинамический реактор (зона кавитационных процессов), 3 – струезакручивающий узел – улитка.

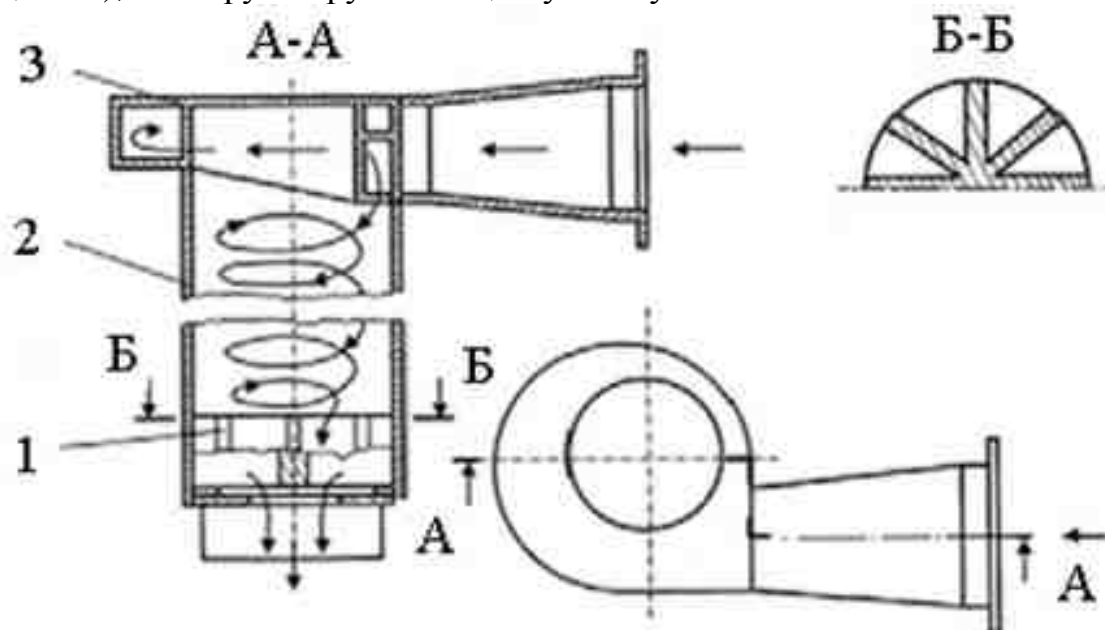


Рис. 1. Вихревая труба.

В процессе движения поток жидкости входя в улитку закручивается и в вихревом движении, пройдя по кругу, обжимает входной поток, создавая на входе в улитку неполный гидравлический удар, в котором происходит резкий перепад давления, обуславливающий кавитационный эффект – выделение пузырьков. Эффект сопровождается звуковым импульсом тем более сильным, чем меньше газ содержит пузырёк [2].

Замечено, что от конструкции улитки зависит скорость изменения времени нагрева в тангенциально введённой в вихревую трубу струе жидкой среды.

На рис.2 показаны конструкции улиток с различными рассекаателями потока жидкой среды, содержащие: фланец 1, входное сопло 2, рассекаатель входного потока жидкости 3, стенки корпуса 4, позволяющие получать гидравлический удар с большим перепадом давления.

Для оптимизации геометрических параметров улиток, разработаны их имитационные модели (рис.3).

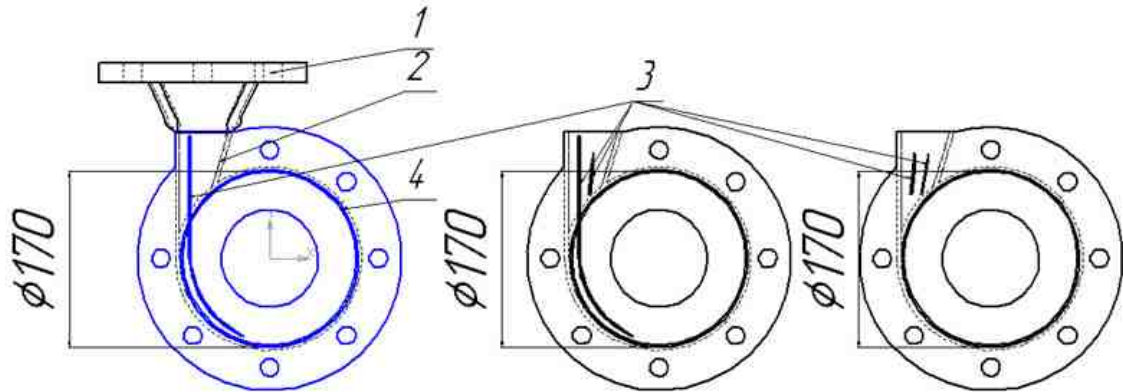


Рис. 2. Конструкции улиток.

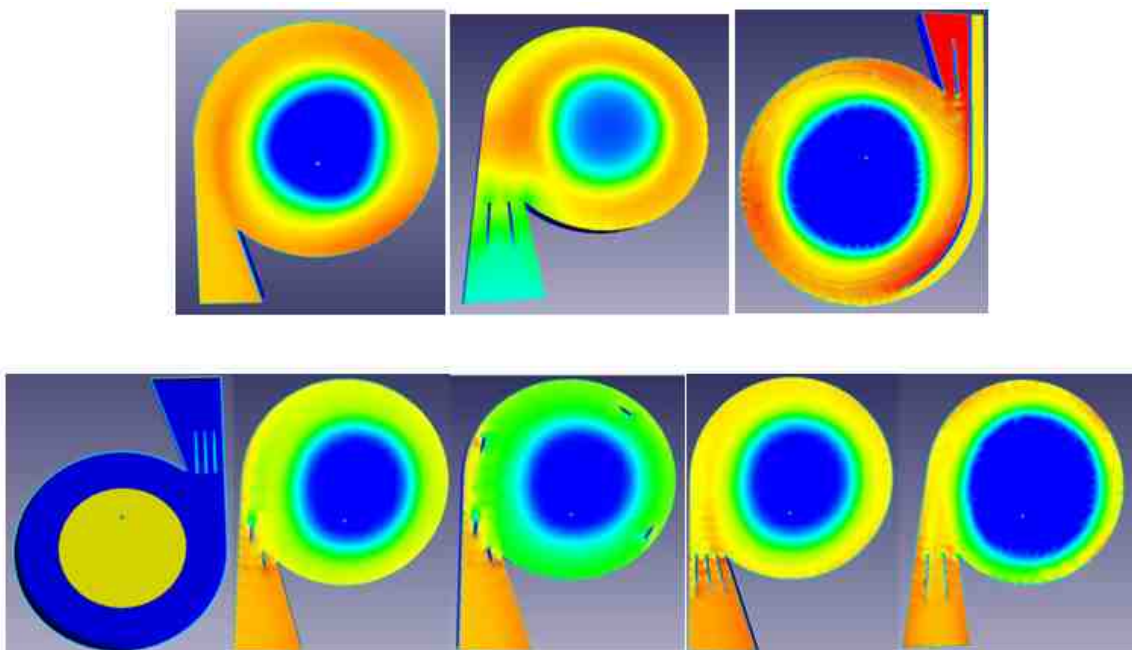


Рис. 3. Имитационные модели улиток.

На основании моделирования определены оптимальные геометрические параметры, изготовлены и испытаны экспериментальные образцы улиток, рис.4.

Конструкционные изменения улиток заключаются в:

- а) улитка оснащена ускорителем движения жидкости диаметром 170 мм и шириной 40 мм, выполненным в виде циклона, в котором наклонной поверхностью является только одна сторона;
- б) с целью усиления эффекта гидравлического удара улитка оснащена рассекателем входного потока жидкости, на основной и дополнительный;

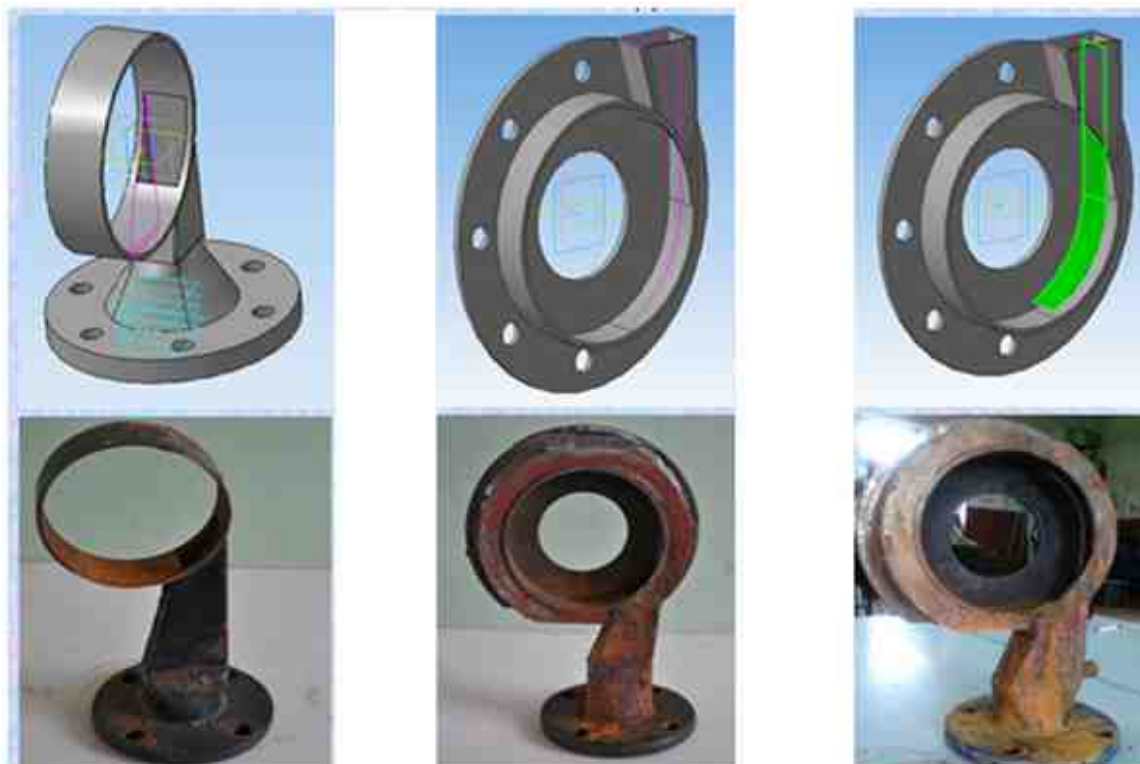


Рис. 4. Экспериментальные образцы улиток.

- в) длина рассекателя входного потока жидкости определяется вязкостью среды, в частности, для воды с плотностью 998 кг/м^3 составляет 220 мм при диаметре улитки 170 мм;
- г) количество рассекателей входного потока жидкости определяется скоростью его движения, их может быть установлено один и более, рассекатели могут быть различной длины.

Суть проведённых нами на стенде [3] исследований – выявление зависимостей изменения времени нагрева воды от диаметра улитки и от её типа: 1- улитка Потапова (стандартная), 2 - улитка с оптимальным диаметром (рабочая модель), 3 - улитка с рассекателем потока, 3 - улитка с удлинённым рассекателем потока.

Результаты исследований отражены на рис.5 и 6.

Выводы. Исследования показали, что использование усовершенствованных улиток целесообразно поскольку позволяет увеличить скорости нагрева среды и, как следствие, уменьшить на 4,9...14,2 % расход электроэнергии на получение готового продукта.

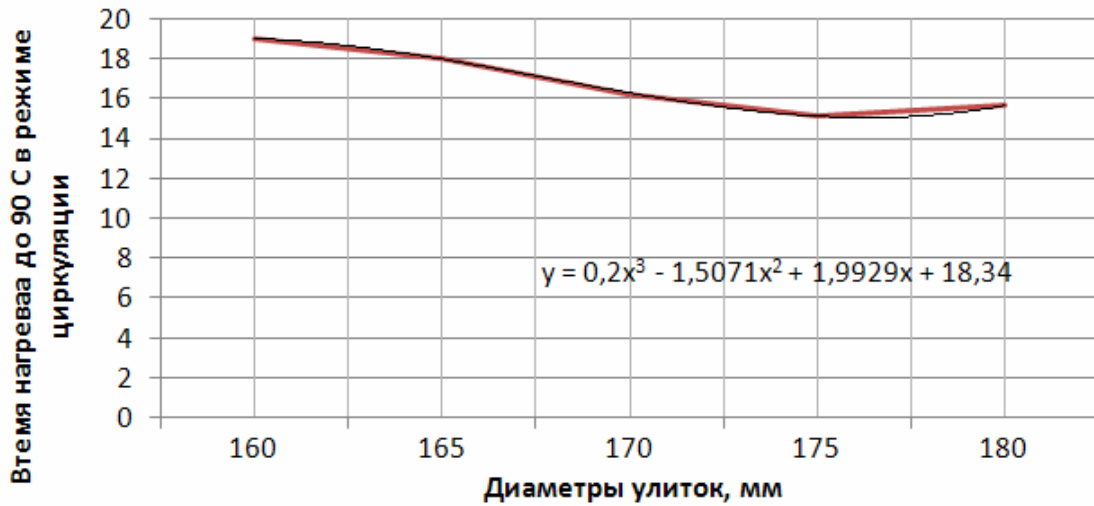


Рис. 5. Зависимость изменения времени нагрева воды от диаметра улитки.

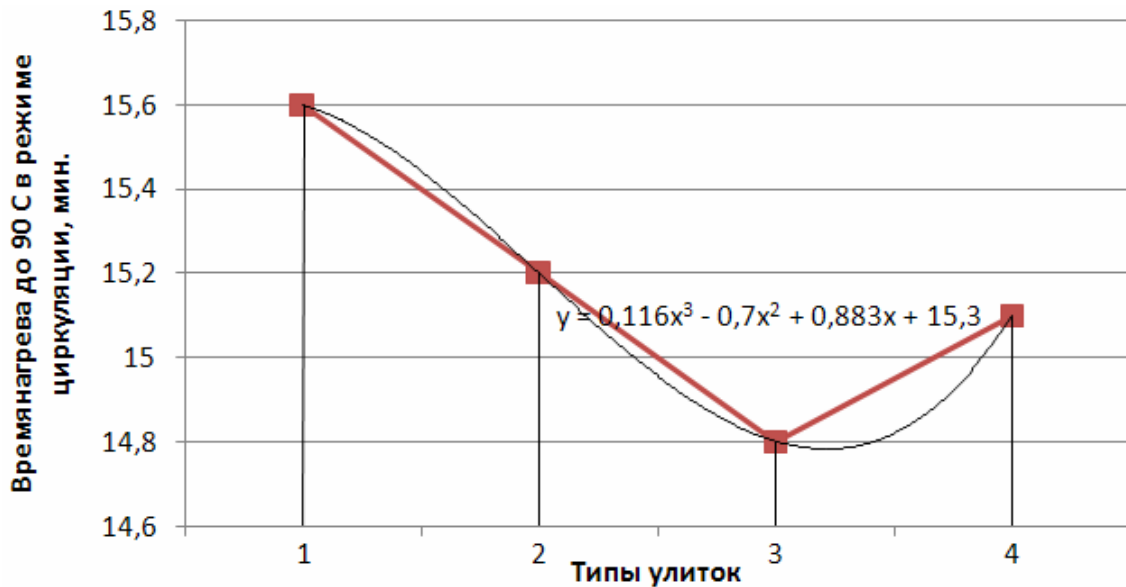


Рис. 6. Зависимость времени нагрева воды от типа улиток: 1- улитка Потапова (стандартная), 2-улитка с оптимальным диаметром (рабочая модель), 3- улитка с рассекателем потока, 3- улитка с удлиненным рассекателем потока.

Получение готового продукта посредством гидродинамического теплогенератора-деструктора значительно меньше изменяет физико-химические и структурно-механические свойства продукта, т.е. способствует получению продукта с максимальным содержанием в нем питательных веществ и витаминов при минимальных потерях сырья.

Литература

1. *Иванов А.Н.* Гидродинамика развитых кавитационных течений / *А.Н. Иванов* - Л.: Судостроение, 1980. – 237 с.
2. *Оболенский Н.В.* Эффективность кавитационно-акустического воздействия в технологических процессах сельскохозяйственного производства / *Н.В. Оболенский, В.Л. Осокин, Ю.Е. Крайнов* // «Механизация и Электрификация сельского хозяйства». – 2011. - №5 – С.23-25.
3. Патент на полезную модель № 107360 (заявка № 2011111913). Стенд для испытаний электрических подогревателей воды / *Оболенский Н.В., Осокин В.Л., Крайнов Ю.Е., Борисов С.А., Красиков С.Б.* (РФ).- 4с: ил.1. Опубл. 10.08.2011. Бюл. № 22.

УДОСКОНАЛЕННЯ «УЛІТКИ», ЯКА ЗАКРУЧУЄ СТРУМІНЬ, ГІДРОДИНАМІЧНОГО ТЕПЛОГЕНЕРАТОРА

Оболенський М.В., Крайнов Ю.Є.

Анотація - приведено опис парадигми удосконалення «улітки», яка закручує струю, та досліджень, котрі доводять доцільність конструктивних змін.

IMPROVEMENT TO THE STREAM OF THE TWISTING KNOT-SNAILS HYDRODINAMIC HEATGENERATOR

N. Obolensky, Yu. Kraynov

Summary

The description of an essence of improvement to a stream of the twisting knot – a snail and the researches confirming expediency of constructional changes is provided.



УДК 629.114.2.075

РАЗВИТИЕ НОВЫХ РУЛЕВЫХ УПРАВЛЕНИЙ НА БАЗЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ УСИЛИТЕЛЕЙ

Петров В.О., к.т.н.

Петров А.В., инженер

Таврический государственный агротехнологический университет

Тел.: (0619) 43-45-94

Аннотация – в работе проведен анализ развития систем рулевого управления, показана перспективность электромеханических усилителей и предложен способ синтеза нетрадиционных рулевых управлений за счет их использования в качестве асинхронного сервопривода.

Ключевые слова – управление по положению, автопилот, электромеханический усилитель рулевого управления (ЭМУР), сервопривод, двигатель внутреннего сгорания (ДВС).

Постановка проблемы. Традиционные системы рулевого управления мобильных машин достаточно просты, но способ управления объектом, который является интегратором с переменной скоростью накопления довольно сложен и мешает водителю точно и быстро управлять направлением движения машины.

Основные недостатки:

- С ростом скорости чувствительность руля линейно нарастает, ошибка слежения растет квадратично и на повышенных скоростях система работает на границе устойчивости. Попытка снизить чувствительность за счет передаточного отношения рулевого привода резко ухудшает маневренность машины.

- Время реакции водителя лежит в пределах 0,3 – 0,4 сек., что обусловлено сложностью прогнозирования «поведения» интегратора.

Есть необходимость конструктивного воплощения новых концептуальных решений [1,2,3] без значительных усложнений современных систем рулевых управлений.

Анализ последних исследований и публикаций. На данном этапе развития транспортного машиностроения ведущие мировые производители транспорта, как правило, выпускали, оборудованные гидро-

усилителями рулевого управления. Однако в последние годы гидроусилители все чаще стали заменяться электроусилителями [1].

Электромеханический усилитель рулевого управления - совершенно новое направление в рулевом управлении автомобилей и будет являться основным при разработке и оснащении новых перспективных моделей. Появление электроусилителя устраняет необходимость в насосе гидроусилителя, шлангах, гидравлических жидкостях, приводном ремне и шкиве на двигателе. В результате рулевой привод с электрическим усилителем экономит энергию и улучшает экологию окружающей среды, в то же время, по сравнению с гидроусилителем, обладает рядом преимуществ:

- упрощенная настройка;
- адаптивность в компоновке;
- независимое от ДВС рулевое управление;

Технологичность конструкции - электроусилитель рулевого управления (ЭМУР) монтируется на автомобиле одним узлом, без вторжения в моторный отсек. В то время как гидроусилитель должен иметь насос, приводимый от двигателя через шкивы и ремень, масляные трубопроводы, что требует большой трудоемкости в производстве и эксплуатации.

Электроусилитель по сравнению с гидроусилителем позволяет экономить 3-5% топлива, так как он требует затрат энергии в основном в парковочных и низкоскоростных режимах и только в процессе вращения рулевого колеса. ЭУР позволяет регулировать величину помощи в зависимости от скорости автомобиля и скорости вращения руля, что улучшает информативность рулевого управления и тем самым повышает безопасность движения.

Стоимость электроусилителя примерно в 2 раза ниже по сравнению с гидроусилителем.

Формирование целей статьи. Среди электромеханических усилителей руля можно провести следующую классификацию по наличию, либо отсутствию механической связи между рулевым колесом и рулевым механизмом:

- **традиционные**, встраиваемые в рулевое управление в качестве вспомогательных механизмов (к данному типу относятся все известные на данный момент промышленно выпускаемые ЭМУР), и

- **системы «управления по проводу» (steer-by-wire)**, в составе которых отсутствует механическая связь рулевого колеса с управляемыми колесами автомобиля.

Системы «управления по проводу» в настоящий момент находятся на стадии концептуальных разработок и на потребительском рынке отсутствуют.

Актуальность нетрадиционных рулевых управлений повышающих управляемость транспортных средств показана в работе [2]:

- рулевое управление с постоянной чувствительностью (на разных скоростных режимах) [3];
- рулевое управление по положению (гибрид обычного управления с автопилотом) [4].

Использование ЭМУР в таких рулевых управлениях, требует реализацию системы «управления по проводу» (steer-by-wire).

Основная часть. Конструктивно электроусилитель выполнен на основе трехфазного реактивного индукторного двигателя (РИД), имеющего за рубежом аббревиатуру SRM. Характерной особенностью такого двигателя является отсутствие обмоток на зубчатом роторе. Статорная обмотка выполнена в виде катушек, охватывающих полюса, и питается однополярными импульсами от электронного блока по сигналам датчика положения ротора. Достоинствами усилителя с РИД являются повышенная надежность, обусловленная конструктивной простотой РИД и практически отсутствием потерь мощности в роторе. Кроме двигателя, в состав электроусилителя входит многозаходный червячный редуктор и датчик момента руля, который выдает напряжение с учетом направления вращения, пропорциональное усилию на рулевом колесе.



Рис. 1. Внешний вид и основные части усилителя: 1 - многозаходный червячный редуктор; 2 - индукционный датчик передаваемого момента; 3 - торсион; 4 - ротор электродвигателя; 5 - датчик положения ротора (диск с прорезами).

Электроусилитель рулевого управления является составной частью системы электромеханического усилителя рулевого управления, состоящей из следующих основных компонентов (рис. 2):

- электромеханизма с электронным блоком управления ЭМУ (контролер);
- датчика скорости движения автомобиля;
- датчика оборотов двигателя;
- жгутов проводов системы;
- индикатора неисправности ("отказ") системы.

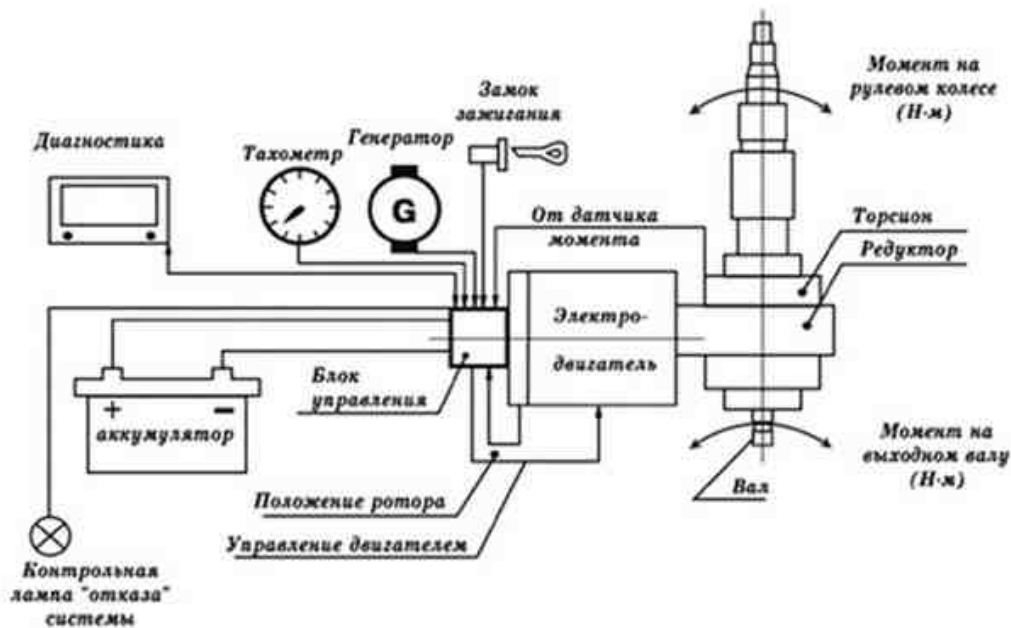


Рис. 2. Структурная схема системы электромеханического усилителя руля.

Основные технические характеристики электроусилителя:

- напряжения питания (номинальное) - 12 В;
- максимальный компенсирующий момент - 35 Нм;
- максимальный ток потребления - 50 А;
- ток потребления (усилие на рулевом колесе приложено, выходной вал усилителя заблокирован) - не более 15 А;
- масса электроусилителя вместе с рулевой колонкой - 9 кг.

Анализ конструкции ЭМУР показал, что есть техническая возможность его преобразования в асинхронный сервопривод. Для этого следует добавить дополнительный блок управления, оснащенный группой датчиков контроля режима движения и позиционирования транспортного средства, а так же автономным задатчиком управляющего воздействия. Этот дополнительный надблок управления использует в своей работе сигналы датчиков серийных:

- крутящего момента;
- положения ротора;
- скорости транспортного средства.

Усовершенствованная схема имеет более сложную структуру (рис. 3):

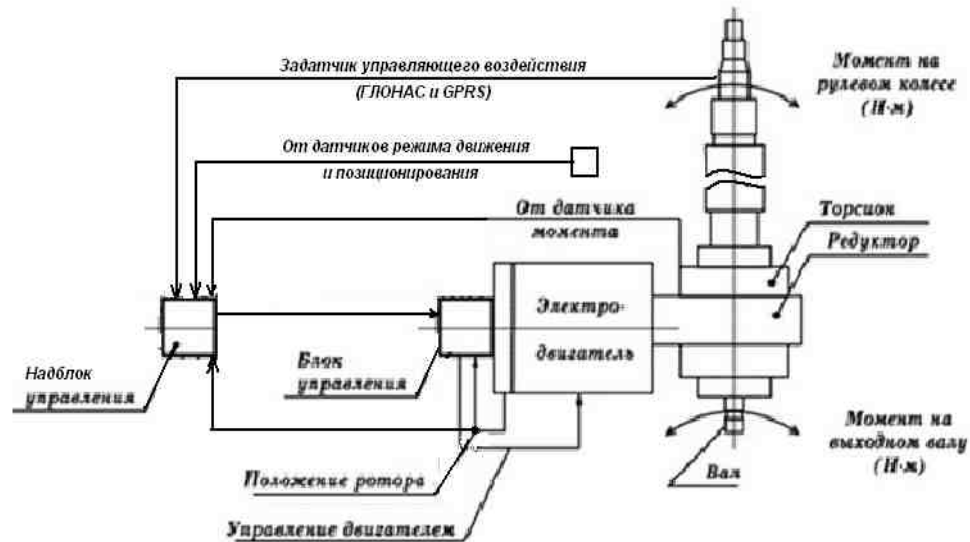


Рис. 3. Преобразованная схема сервопривода на базе ЭМУР.

Использование ЭМУР в качестве асинхронного сервопривода позволяет организовать:

- «управление по проводу» (steer-by-wire) в случае разрыва кинематической связи между рулем и ЭМУР;
- тактильное управление (генерация подсказки в виде крутящего момента на рулевом колесе).

Для оценки управляемости новых рулевых управлений (РУ) проведены исследования по методике «Интерактивного моделирования» [6].

Результаты исследований показали:

- РУ с постоянной чувствительностью позволяют сочетать высокую маневренность и точность отслеживания траектории;
- РУ по положению обеспечивает на порядок более высокую точность и дает возможность снизить передаточное отношение рулевого привода (маневренность), а также выход из заноса.

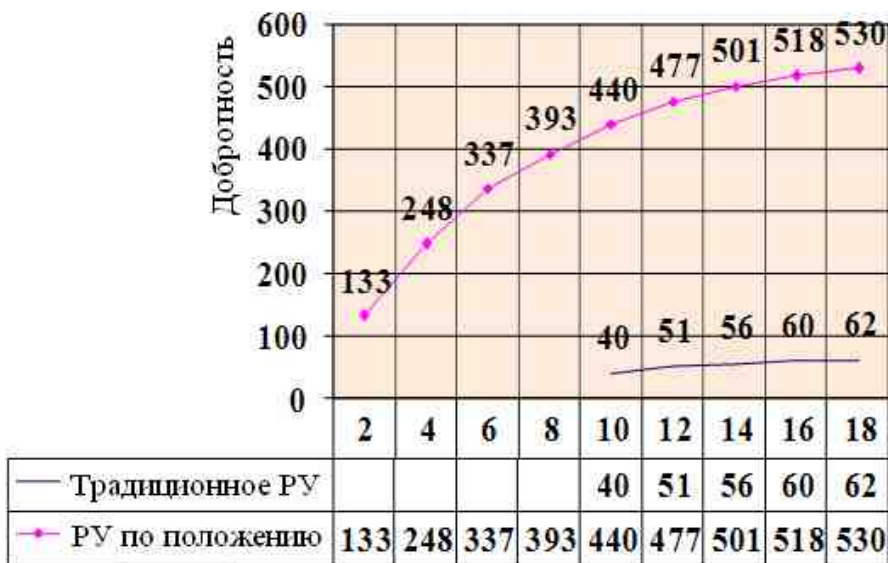


Рис. 4. Диаграмма добротности РУ от передаточного отношения при скорости 25 км/ч.

Следует отметить, что добротность системы управления по положению с ростом скорости остается постоянной, ошибка отслеживания траектории растет линейно, а не квадратично как у традиционного РУ.



Рис. 5. Зависимость добротности от скорости движения транспортного средства (км/ч).

Выводы. Использование ЭМУР по схеме сервопривода в сочетании с надсистемой управления позволит значительно улучшить управляемость транспортных средств.

Использование современных систем позиционирования, а также спутниковых систем ГЛОНАС и GPRS в качестве надсистем управления открывает возможность роботизации мобильных машин.

Литература

1. ООО НПП "АВЭМ" и ООО "Авиаагрегат-Н". Электромеханический усилитель рулевого управления [Электронный ресурс]: - Режим доступа: <http://www.avem.ru/production/avtoelektro/euru> .
2. *Петров А.В.* Впровадження керування «по положенню» в конструкціях рульових управлінь мобільних машин / *А.В. Петров.* - Вісник Дніпропетровського Державного Аграрного Університету, - 2009, спецвипуск №2-09. - С. 271-273.
3. Пат. № 36231 Україна МПК⁶ F42В 12/00 . Система гідроб'ємного керування з постійною чутливістю/ В.О. Петров, М.М. Луб'яний, А.В. Петров, А.М. Бондар, В.В. Довгаль. - u200800229; заявл. 22.11.1999; опубл.27.10.2008 Бюл. №20 .
4. Пат. № 59651 України, МПК⁹ В62D 1/00. Спосіб керування транспортним засобом по положенню/ А.В. Петров. - u201013097; заявл. 04.11.2010; опубл. 25.05.2011 Бюл. №10 .

РОЗВИТОК НОВИХ РУЛЬОВИХ КЕРУВАНЬ НА БАЗІ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ ПІДСИЛЮВАЧІВ

Петров В.О., Петров А.В.

Анотація – в роботі наведено аналіз розвитку систем рульового керування, показана перспективність електромеханічних підсилювачів та запропоновано спосіб синтезу нетрадиційних рульових керувань за рахунок їх використання в якості асинхронного сервоприводу.

DEVELOPMENT OF NEW STEERING BASED ELECTROMECHANICAL POWER

V. Petrov., A.Petrov

Summary

The paper analyzes the development of steering systems, electromechanical power perspectivity and a method for the synthesis of non-conventional steering controls through their use as an asynchronous servo.



УДК 620.178.16.004

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПРИСАДОК НА ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ОЛІЙ

Журавель Д.П., к.т.н.,

Юдовинський В.Б., к.т.н.,

Мітков Б.В., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел.: (0619) 44-02-74, 42-13-54

Анотація - робота присвячена встановленню впливу присадок на експлуатаційні властивості олій.

Ключові слова – присадки, мінеральна олія, експлуатаційні властивості, синтетична олія.

Постановка проблеми. Для поліпшення експлуатаційних властивостей олій і забезпечення надійної роботи механізмів в більшість змащувальних олій вводять спеціальні речовини. Органічні маслорозчинні продукти (понад 100 з'єднань) називають присадками, а тверді нерозчинні речовини неорганічного походження - антифрикційними добавками [1,2].

Більшість промислових присадок і їх композицій містять в своєму складі кисень, сірку, фосфор, азот, хлор, кальцій, барій, цинк, магній, стронцій і такі функціональні групи, як карбоксильна, гідроксильна, сульфогрупа, дитіофосфатна, аміногрупа, трихлорметильна і деякі інші.

По функціональному призначенню присадки класифікують на наступні групи: антиокислювальні присадки, антикорозійні присадки, в'язкі присадки, депресорні присадки, миючо-диспергуючі присадки, протизношувальні і протизадирні присадки.

Ефект підвищення триботехнічних характеристик - розширення навантажувально-швидкісного діапазону, зниження інтенсивності корозійно-механічного зношування - встановлений при застосуванні нанорозмірних частинок (3 - 70 нм) або їх кластерів. До їх числа слід віднести ультрадисперсні алмази і ультрадисперсний алмазоподібний графіт, фулерени і фулереноподібні структури, ультрадисперсні кера-

міки на основі нітридів і оксинітридів перехідних металів - сиалони, природні силікати і графіт.

Слід зазначити, що при створенні та впровадженні рецептури товарних олій необхідно враховувати, що підвищення їх експлуатаційних властивостей досягається не тільки введенням поліфункціональних присадок і добавок, але і початковими властивостями базової основи і її сумісністю до різних типів присадок.

Формулювання цілей статті. Метою статті є встановлення впливу присадок на експлуатаційні властивості олій.

Основна частина. Присадки вводять в масла в невеликих кількостях - від десятих до кількох відсотків (в композиціях їх загальна концентрація складає до 15%), в'язкі присадки можуть додаватися до 20 - 30% [1].

Вірно підібраний мастильний матеріал забезпечує надійну і безвідмовну роботу відповідного вузла тертя і механізму, в той же час відхилення в умовах його роботи (перевантаження, підвищення температури и т.і.) можуть призвести до незворотних змін складу і погіршити якість олії.

В'язкісні присадки - речовини, які поліпшують в'язкісно - температурні характеристики малов'язкої базової основи з високим індексом в'язкості шляхом зсуву в'язкісно - температурної залежності еквідистантно в зону підвищених температур. Залежність в'язкості загущеної олії від концентрації присадки є експоненціальною

$$\lg v = \lg v_0 + Kc, \quad (1)$$

де v і v_0 - кінематична в'язкість загущеної і вихідної олії;

c - вміст присадки;

K - коефіцієнт загущуючої здатності, що відображає вплив конфігурації і мобільності полімерних молекул.

В даний час використовуються в'язкісні присадки наступних типів: поліізобутени (LZ 7065, паратон 2225, гліссопал 2300, КП), поліметакрилати (віскоплекс, плексол, ПМА «Д»), поліолефіни, полімери диєнів (бутадиєни, ізопрени).

Протизношувальні і протизадирні присадки - речовини, що підвищують змащувальну здатність в умовах граничного і змішаного режимів тертя, запобігаючи інтенсивному зносу пар тертя в триботехнічному контакті внаслідок утворення адсорбційних шарів, хемосорбційних граничних плівок або хімічних з'єднань з металом, які перешкоджають схоплюванню поверхонь. Активними компонентами молекул є сірка, фосфор, хлор. Відомі також присадки, що містять свинець, сурму, молібден (в поєднанні з сіркою і фосфором).

Механізм дії сірковмісних присадок полягає в адсорбції молекул на поверхні металу, утворенні меркаптиду R-S-Me в результаті протікання реакцій взаємодії вільних радикалів при розриві S-S зв'язку і активними атомами металу. При подальшому підвищенні температури проходить розрив зв'язку C-S і утворення неорганічних плівок сульфідів заліза.

Хлоровмісні присадки, розкладаючись при підвищених температурах, виділяють атомарний хлор, який на сталевих деталях утворює плівки хлористого заліза, що має пластинчасту будову і характеризується протизношувальними властивостями.

Механізм триботехнічної дії фосфоровмісних присадок ґрунтується на тому, що при термічному розкладанні фосфор утворює легкоплавку евтектичну суміш фосфідів металів або відбувається утворення кислих органічних фосфінів на ювенільній поверхні металу, які забезпечують зниження зносу.

До протизношувальних і протизадирних присадок відносяться наступні присадки: ДФ-1, ЛЗ-309/2, ДФ-11, ТР-17В, АБЕС, ЕФО, трикрезилфосфат, совол, Англамол 99. Слід зазначити, що більшість присадок цієї групи проявляють і антифрикційні властивості.

Для поліпшення експлуатаційних властивостей олій використовують також антипінні, деемульгуючі, припрацювальні і інші групи присадок.

Антифрикційні добавки - високодисперсні частинки (1 - 20 мкм) - речовини кристалічної пошарової будови, атомарні і тверді аморфні структури, що підвищують змащувальну здатність масел. До твердих антифрикційних добавок відносяться графіт, дисульфід молібдену, нітрид бору, деякі селеніди, сульфідні і йодиди металів, високодисперсні порошки металів і їх оксиди. Перевагою твердих нерозчинних добавок є те, що їх дія проявляється як при низьких, так і при високих температурах.

При дослідженні антифрикційних властивостей мінеральних олій МС-20 і синтетичного масла РАО-8 зафіксовано зменшення початкового значення коефіцієнта тертя при збільшенні контактної напруги з 250 до 570 МПа при $V=0,48$ м/с (рис. 1). При об'ємній температурі олії 16°C зменшення коефіцієнта тертя з підвищенням навантаження для всіх досліджуваних олій склало в середньому 3,42 рази. Найбільші значення f , незалежно від контактної напруги, характерні для масла МС-20, а синтетичне масло РАО-8 проявляє найкращі антифрикційні властивості.

З підвищенням температури олій до 70°C зафіксовано зменшення коефіцієнтів тертя, але встановлена дещо інша залежність f від σ_{max} .

Із збільшенням σ_{\max} від 250 до 570 МПа для олій МС-20 і РАО-8 коефіцієнт тертя зменшується відповідно в 5,3 : 4,07 рази. При $\sigma_{\max} = 250$ МПа зберігається аналогічний якісний характер прояву антифрикційних властивостей досліджуваних олій, що і при 16⁰С (найбільші значення f зафіксовані для МС-20, найменші - для РАО-8), а при 570 МПа для МС-20 і РАО-8 коефіцієнти тертя в контакті відповідно склали 0,01 : 0,012.

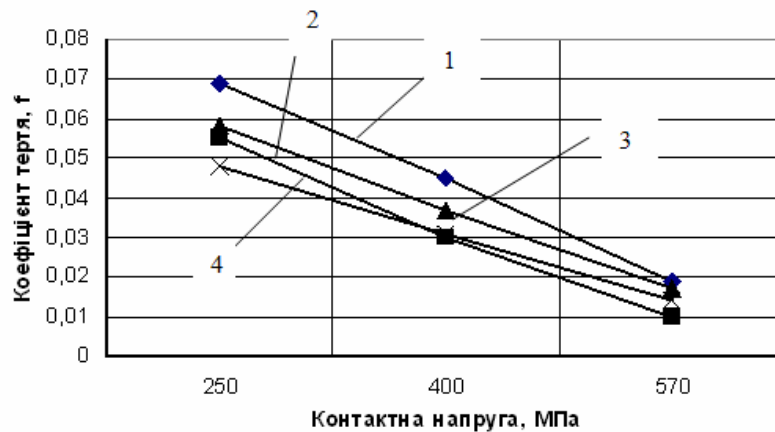


Рис. 1. Залежність коефіцієнта тертя (f) від контактної напруги (σ_{\max}): 1 - МС-20 при 16⁰С, 2 - МС-20 при 70⁰С, 3 – РАО-8 при 16⁰С, 2 – РАО-8 при 70⁰С.

В умовах поступового зростання швидкості кочення від 0,48 до 3,37 м/с характерна спадаюча залежність коефіцієнтів тертя для всіх досліджуваних олій (рис. 2, 3). Значне зменшення f встановлено до $V = 1,4$ м/с, незалежно від навантаження, потім коефіцієнт тертя в контакті стабілізується. Для мінеральних масел МС-20 f зменшується в середньому в 1,5 - 1,68 раз, а для синтетичного масла РАО-8 - в 1,75 - 2,1 рази.

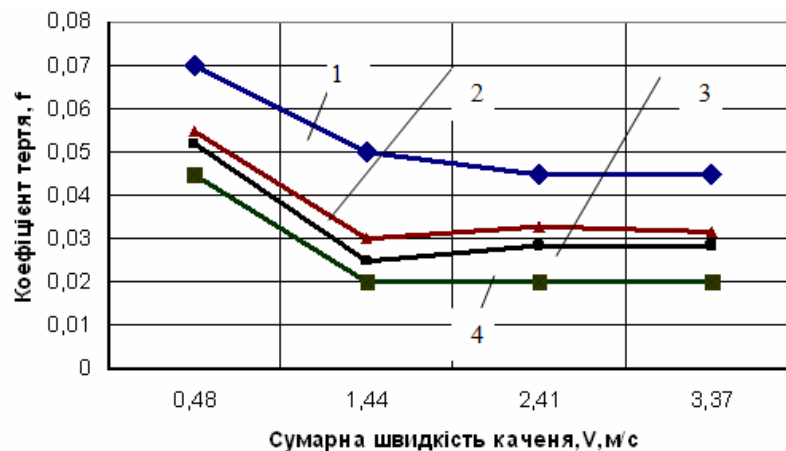


Рис. 2. Зміна коефіцієнта тертя (f) в функції сумарної швидкості кочення при $\sigma_{\max} = 250$ МПа: 1 - МС-20 при 16⁰С, 2 - МС-20 при 70⁰С, 3 – РАО-8 при 16⁰С, 2 – РАО-8 при 70⁰С.

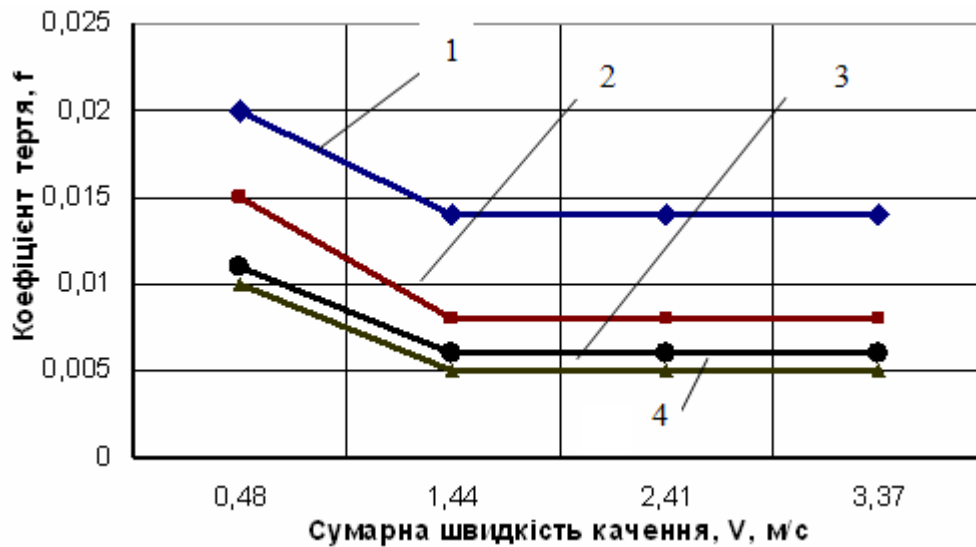


Рис. 3. Зміна коефіцієнта тертя (f) в функції сумарної швидкості качення (V) при $\sigma_{\max} = 570$ МПа: 1 - МС-20 при 16°C , 2 - МС-20 при 70°C , 3 - РАО-8 при 16°C , 4 - РАО-8 при 70°C .

При об'ємній температурі олій 16°C , незалежно від тиску, найбільше стало значення коефіцієнтів тертя зафіксовано для МС-20, найменше - для РАО-8, зберігається аналогічний характер розподілу $f_{\text{стал}}$ при збільшенні сумарної швидкості качення, в порівнянні з $f_{\text{поч}}$ при $V_{\Sigma\text{К}} 0,48$ м/с.

З підвищенням об'ємної температури олії до 70°C при $\sigma_{\max}=250$ МПа більші стали значення f , встановлені для мінеральної олії І-40, в порівнянні з МС-20 і РАО-8, а при $\sigma_{\max} = 570$ МПа в плані розподілу сталого значення f досліджувані олії розташовуються в такій послідовності: І-40, РАО-8, МС-20, що відповідає $f_{\text{стал}} 0,0073 : 0,0061 : 0,006$.

Згідно ЕГДТМ, характер залежності коефіцієнта тертя при каченні з проковзуванням визначається, в основному, ефективною в'язкістю олії в контакті [2]. Оскільки в наших умовах експерименту досліджувані олії набувають властивостей пружнєв'язких аморфних рідин, подібних склу, описаних нелінійною моделлю Максвелла, розглянемо вплив контактних напруг і сумарної швидкості качення на граничну напругу зсуву в масляному шарі, яку олія може передавати при даному тиску, градієнті швидкості зсуву, температурі.

Зменшення коефіцієнтів тертя (для мінеральних олій в 1,5 - 1,68 рази, для синтетичного - в 1,75 - 2,1 рази) встановлено до $V \leq 1,4$ м/с, незалежно від навантаження і температури, що обумовлено відновленням ньютонівських властивостей олій та підвищенням дотичних напруг при збільшенні швидкості ковзання, які сприяють деасоціації

молекул граничних шарів і забезпечують домінування гідродинамічних факторів;

Нами була проведено дослідження по впливу кількості присадок в мінеральну олію М8В до стабілізації коефіцієнта тертя. Дослідження проводились на машині тертя «Тімкена» по схемі ролик-колодка з тарированням пружнього елемента, який дозволяє фіксувати сили тертя, рисунок 4. Результати досліджень наведені на рисунку 5.

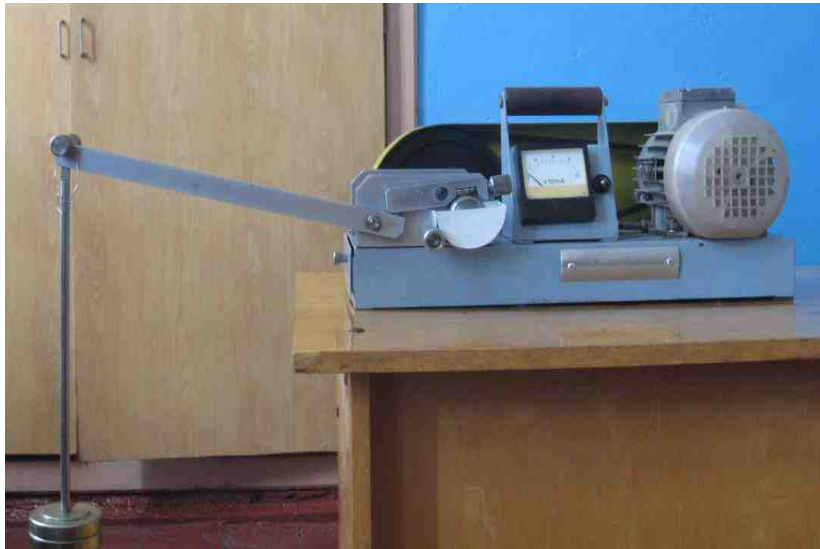


Рис. 4. Загальний вигляд машини тертя «Тімкена».

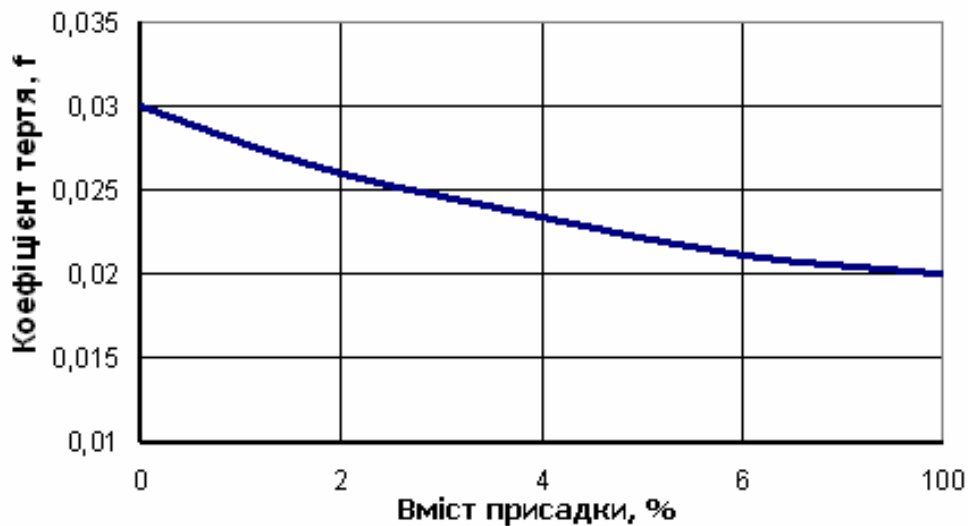


Рис. 5. Вплив кількості присадки на коефіцієнт тертя для мінеральних олій М8В

Висновки. Таким чином, в результаті проведених досліджень було встановлено, що оптимальний вміст антифрикційної присадки для

мінеральних олій М8В повинен складати в межах 6-8%, що відповідає рекомендаціям заводів виробників.

Література:

1. Мікосянчик О.О. Оцінка триботехнічних параметрів мастильних матеріалів при граничному мащенні в умовах локального контакту: дис... канд. техн. наук : 05.02.04 / О. О. Мікосянчик. - Київ: [б. в.], 2006. - 231с.

2. Трение, изнашивание и смазка: справочник. В 2 кн./ под ред Крагельского И.В., Алисина В.В. - М.:Машиностроение,1978. – Кн.1. – 400 с.

**ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ПРИСАДОК НА
ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА МАСЕЛ**

Журавель Д.П., Юдовинский В.Б., Митков Б.В.

Аннотация - работа посвящена установлению влияния присадок на эксплуатационные свойства масел.

**RESEARCH OF INFLUENCE OF ADDITIVES IS ON OPER-
ATING PROPERTIES OF OILS**

D. Zhuravel, V. Yudovinskiy, B. Mitkov

Summary

Work is sanctified to establishment of influence of additives on operating properties of oils.



УДК 621.436

ПРОБЛЕМИ ВИКОРИСТАННЯ СВІТЛИХ НАФТОПРОДУКТІВ І МАШИННО-ТРАКТОРНИХ АГРЕГАТІВ В АГРОПРОМИСЛОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Вороновський І.Б., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел.: (0619) 42-25-85

Анотація - розглядаються екологічні проблеми, що пов'язані із ефективним застосуванням світлих нафтопродуктів і МТА в агропромисловому виробництві та їх вплив на стан довкілля.

Ключові слова – нафтопродукти, машино-тракторний агрегат, екологія, фільтр, двигун, мастило, дизельне паливо.

Постановка проблеми. Сучасний етап розвитку агропромислового виробництва вимагає здійснення невідкладних заходів щодо охорони навколишнього середовища. Насамперед це стосується складу й організації використання технічних засобів. Ефективність сільськогосподарського виробництва в значній мірі визначається працездатністю автотракторної та сільськогосподарської техніки в різних умовах експлуатації. При цьому виробітка на один умовний трактор зменшується, а витрата пального на одиницю сільськогосподарської продукції безперервно збільшується за рахунок погіршення технічного стану паливної апаратури. Серйозною екологічною проблемою агропромислового виробництва є проблема фізичного, фізико-хімічного та хімічного забруднення навколишнього середовища.

Аналіз останніх досліджень. Тісний зв'язок сільськогосподарського виробництва з природою в умовах індустріалізації призвів, в остаточному підсумку, до масштабних негативних змін природного середовища. Виникаючі агроекологічні проблеми обумовлені тим, що значна частина екосистем, у яких здійснюється сільськогосподарське виробництво, втратила здатність до саморегуляції [1].

Широке використання природних ресурсів та продуктів їх переробки в усіх галузях господарської діяльності людини сприяє тому, що щорічно в результаті згорання різного виду палива в атмосферу викидається до 20 млрд. тон двоокису вуглецю, в гідросферу скида-

ється більш ніж 160 куб. км промислових стоків, в ґрунт вноситься більш ніж 500 млн. тон мінеральних добрив і майже 3 млн. тон отрутохімікатів. При цьому 30 % засобів захисту рослин і мінеральних добрив змивається стоками у водойми [1].

Установлені фільтри на сучасні сільськогосподарські енергетичні засоби при такій забрудненості дизельного палива не забезпечують потрібної якості його очищення, що викликає прискорене зношення сполучень паливної системи і шатунно-поршньової групи двигуна і часту їх заміну [2]. Таким чином управління надійністю двигуна, а отже функціональною стабільністю МТА можливе шляхом забезпечення потрібного рівня забрудненості дизельного палива.

Формування мети статті. Виникла проблема формування нової технологічної та екологічної культури, що передбачає розвиток та розповсюдження передових технологій, застосування альтернативних екологічно безпечних видів енергії та раціональне використання нафтопродуктів і МТА, закономірності впливу забрудненості дизельного палива механічними домішками і водою на надійність МТА.

Основна частина. Надзвичайно важливою для України є проблема економного і високоефективного застосування нафтопродуктів, яка загострюється зараз кризою забезпечення енергоносіями, що має як економічний, так і екологічний аспекти. Сільськогосподарське виробництво України витрачає такий обсяг нафтопродуктів (від їх загального виробництва): дизельне паливо понад 7 млн.т (від 14 млн.т); бензин - 4,5 млн.т (від 10 млн.т); мастила - 2,8 млн.т (від 5,6 млн.т) [3].

В сучасних умовах значно зросли ступінь та інтенсивність втручання людини в природні процеси, що призвело до забруднення довкілля не дивлячись на розробку та впровадження цілої низки природоохоронних заходів. Негативна економічна ситуація, яка склалася в Україні за останні роки, призвела до деградації технічної бази аграрного виробництва, зниження як кількісних, так і якісних параметрів машино-тракторного парку, технічного виробництва в цілому. Диспаритет цін практично заблокував придбання необхідних селу сільгоспмашин. В результаті, основу технічного парку аграрних підприємств складає техніка, що була придбана ще в дореформений період. Навантаження на неї значно перевищує нормативний рівень.

Значним є забруднення ґрунтів та атмосфери викидами транспортних засобів, в яких міститься велика кількість важких металів. Ця проблема особливо загострилася в останні роки, коли відбувається експлуатація машинно-тракторного парку, що переважно відпрацював свій амортизаційний термін, або технічно несправний. Це призводить до значних перевитрат нафтопродуктів (зокрема дизельного палива та

моторних мастил), а також значному збільшенню шкідливих викидів в атмосферу. Зокрема кількість нафтопродуктів, що випаровуються в атмосферу залежить від: справності дихальних клапанів (втрати до 9 %); від температури навколишнього середовища (її підвищення з 10 °С до 20 °С призведе до росту втрат в 5 разів); від міри заповнення резервуарів (якщо заповнення складає 50 % від об'єму, то втрати зростають в 5...6 разів, а біля 20 % - в 25...30 разів). Чимало втрачається нафтопродуктів під час їх заправки (до 12%, по кількості втрат це друге місце після зберігання), незадовільного технічного стану обладнання - 7% [4].

Аналіз відмов техніки доводить, що використання неякісних нафтопродуктів є причиною виходу з ладу систем живлення більш ніж у 50 % випадків, мастильної системи – у 20 % випадків і передчасного припинення експлуатації сільськогосподарської техніки в 25 % випадків. Ця обставина негативно позначається на економічному стані господарств, тому що, наприклад, відновлення силового агрегату комбайну чи трактора обходиться господарствам в 11...29 тис. грн. [2,3].

Під час технічного обслуговування паливно-розподільних колонок (ПРК) та резервуарів по збереженню нафтопродуктів зливається відстій нафтопродуктів в ґрунт через 3 дні після кожного їх наповнення. Натомість, за матеріалами звітності, цілодобові простої сільськогосподарської техніки з цих причин складають до 60 %.

З урахуванням цього, годинна продуктивність МТА на оранці може бути вичислена наступним чином

$$W = \frac{0,36N'_{кр} \beta}{0,5K_o h \left(1 - \frac{V_o \Delta C}{100}\right) + \sqrt{0,25K_o^2 h^2 \left(1 - V_o \cdot \frac{\Delta C}{100}\right) + \frac{3,6N'_{кр} \xi_{Pkp} \Delta C}{100b_k n_k \beta}}}, \text{ га/год. (1)}$$

де K_o - питомий тяговий опір плуга при швидкості МТА,

$V_o = 5$ км/год, кПа;

h - глибина оранки, м;

V'_p - робоча швидкість МТА, км/год;

$\Delta C / 100$ - темп зростання питомого тягового опору в залежності від швидкості МТА, $\Delta C / 100 = 3$ % год/км;

b_k - ширина леміша, м;

n_k - кількість лемешів;

β - коефіцієнт використання ширини леміша, $\beta = 1,04...1,06$.

Погектарна витрата палива, без урахування роботи на холостому ходу і поворотах, визначається по формулі

$$g_{za} = \frac{g_e N'_{кр}}{W}, \text{ кг/га}, \quad (2)$$

де g_e – питома витрата палива, кг/кВт·год;
 $N'_{кр}$ – крюкове поточне значення потужності, кВт.

Поточне значення крюкової потужності трактора можна представити наступною залежністю

$$N'_{кр} = N'_{ен} \cdot \xi_{N_{кр}} = N_{кр \max} \cdot \frac{N'_{ен}}{N_{ен \max}}, \quad (3)$$

де $\xi_{N_{кр}} = \frac{N_{кр \max}}{N_{ен \max}}$ - коефіцієнт використання потужності двигуна на

крюку;

$\xi_{N_{ен}} = \frac{N'_{ен}}{N_{ен}}$ - коефіцієнт використання ефективної потужності

двигуна;

$N'_{ен}$ – поточне значення ефективної потужності двигуна, головним чином, залежне від технічного стану шатунно-поршневої групи і паливної системи.

Якщо зробити допущення, що технічний стан шатунно-поршневої групи незмінний, а в процесі напрацювання змінний тільки технічний стан паливної системи, що характеризується гідравлічною густиною плунжерних пар паливного насоса високого тиску ПНВТ, то стає очевидним, що між ефективною потужністю та цикловою подачею діє функціональна залежність

$$N'_{ен} = f(\Psi), \quad (4)$$

де Ψ – циклова подача ПНВТ.

При роботі двигуна на паливі з різною забрудненістю є очевидним, що залежності $\Psi = f(T)$ будуть різні.

Використовуючи основні положення методики теплового розрахунку двигуна і знаючи залежність $\Psi = f(T)$ циклової подачі ПНВТ від напрацювання можна одержати залежності питомої витрати палива $g_e = f(T)$, а отже і поточного значення ефективної потужності двигуна

$$N'_{ен} = f(T), \quad (5)$$

де T – напрацювання МТА, мотогодин.

Для встановлення закономірностей $Ц=f(T)$ зміни циклової подачі ПНВТ в процесі, рядовій експлуатації для різних варіантів використання дизельного палива були проведені спеціальні експериментальні дослідження. З цією метою були встановлені спостереження за дев'ятьма мобільними сільськогосподарськими агрегатами на базі трактора Т-150 К з двигунами СМД-62, серійними фільтрами тонкого очищення 2ТФ-3 і ПНВТ типу НД 22/6. Вказані трактори були розбиті на три групи: перша група тракторів заправлялася паливом в стані поставки; друга - паливом відстояним не менше 48 годин; третя - паливом очищеним фільтром-водовіддільником розподільної колонки.

Для ефективного екологічного застосування нафтопродуктів, значного зменшення кількості викидів в атмосферу та зливу їх відстою в ґрунт нами пропонується до запровадження комплекс заходів, що полягає у застосуванні фільтрів-водовіддільників, в ПРК під час заправки і в системах паливоподачі дизельних двигунів, а також повітряних фільтрів в горловині паливного баку в процесі експлуатації сільськогосподарської техніки в умовах аграрного виробництва [5,6].

Застосування цих заходів дозволяє практично уникнути викидів в атмосферу випаровувань нафтопродуктів і уникнути їх зливу в ґрунт при проведенні технічного обслуговування системи паливоподачі дизельних двигунів та ПРК. Значний екологічний та економічний ефекти досягаються за рахунок розробки та застосування принципово нової конструкції фільтрів-водовіддільників, що складаються з роз'ємних пористих елементів: фільтруючого, коагулюючого та водовідштовхувального (ефективність зневоднення – 98...99 %, тонкість відсіву механічних домішок – 10...15 мкм). При цьому ресурс роботи фільтруючих елементів складає – понад 960 мото-годин, а коагулюючого та водовідштовхувального елементів необмежений, ресурс роботи фільтрів тонкої очистки – більше 1500 мото-годин, а з відстою зливалась виключно тільки вода та механічні домішки, що обумовило захист довкілля від забруднення та економію нафтопродуктів (до 12...21 %)

Висновки. Таким чином, запропонований комплекс заходів по захисту палива від забруднень та його очищенню, дозволяють значно підвищити ефективність зневоднення нафтопродуктів (99%) та повноту відсіву з них механічних домішок (75%) та уникнути викидів в атмосферу випаровувань світлих нафтопродуктів (до 30%) і їх зливів в ґрунт (понад 20%). За рахунок цього досягається значний економічний і екологічний ефект при використанні нафтопродуктів та МТА, що обумовлює підвищення ефективності агропромислового виробництва в цілому.

Література

1. Черевко Г.В. Економіка природокористування: Навчальний посібник / Г.В. Черевко, М.І. Яцків / Л.:Світ, 1995.-206 с.
2. Дідур В.А. Вплив забрудненості дизельного палива на ефективність використання машинно-тракторних агрегатів (МТА) /В.А. Дідур, В.В. Дідур, І.Б. Вороновський // Праці ТДАТА.-2005,-Вип. 33. - С. 3-13.
3. Вороновський І.Б. Підвищення ефективності використання сільськогосподарської техніки / І.Б. Вороновський //Науковий вісник Національного аграрного університету. Вип. 51,- 2002. - 286 с.
4. Итинская Н.И. Автотракторные эксплуатационные материалы. –3-е изд., перераб. и доп. / Н.И.Итинская. –М.: Агропромиздат, 1987.-271 с.
5. Пат. України № 66522. МПК⁶ В01D 25/00. Фільтр-водовіддільник / В.М. Кюрчев, І.Б. Вороновський. - u2003076322; заявлено 08.07.2003; опубл 17.05.2004 р. Бюл № 5.
6. Пат. України № 5544, МПК⁶ В01D 25/00. Фільтр-водовіддільник / І.Б. Вороновський, Б.І. Вороновський. - u20040705371; заявлено 05.07.2004; опубл 15.03.2005 р. Бюл. № 3.

**ПРОБЛЕМА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СВЕТЛЫХ
НЕФТЕПРОДУКТОВ И МАШИНОТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ
В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ**

Вороновский И.Б.

Аннотация – рассматриваются экологические проблемы, связанные с эффективным применением светлых нефтепродуктов и МТА в агропромышленном производстве и их влияние на состояние окружающей среды.

**PROBLEM'S USE OIL PRODUCTS AND MACHINE-TRACTOR
AGGREGATES IN AGROINDUSTRIAL**

I. Voronovsky

Summary

Ecological problems dealing with light oil product and MTA storage and usage in agroindustrial production hare been considered.