

**ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**ПОСТНІКОВА Марина Вікторівна**

УДК 621.311:664.72

**ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ РЕЖИМИ РОБОТИ  
ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ  
ОБРОБКИ ЗЕРНА НА ЗЕРНОПУНКТАХ**

**05.09.03 – електротехнічні комплекси та системи**

**АВТОРЕФЕРАТ**  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Мелітополь – 2011

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Таврійському державному агротехнологічному університеті Міністерства аграрної політики та продовольства України

**Науковий керівник** доктор технічних наук, професор **Никифорова Лариса Євгенівна**, Таврійський державний агротехнологічний університет, завідувач кафедри електрифікованих технологій агропромислового комплексу

**Офіційні опоненти:**

доктор технічних наук, професор **Федорейко Валерій Степанович**, Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка, завідувач кафедри машинознавства та комп'ютерної інженерії;

кандидат технічних наук, доцент **Радько Іван Петрович**, Національний університет біоресурсів і природокористування України, декан факультету енергетики та автоматичної, доцент кафедри електричних машин та експлуатації електрообладнання.

Захист відбудеться “\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2011 року о 10<sup>00</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради **К 18.819.01** Таврійського державного агротехнологічного університету за адресою: 72312 Україна, Запорізька обл., м. Мелітополь, пр. Б. Хмельницького 18, навчальний корпус 1, конференц-зал.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Таврійського державного агротехнологічного університету (72312 Україна, Запорізька обл., м. Мелітополь, пр. Б. Хмельницького, 18).

Автореферат розісланий “\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2011 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради \_\_\_\_\_

В.Т. Діордієв

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Раціональне використання електроенергії на зернопунктах, оснащених енергоємним технологічним обладнанням, особливо актуально тепер, коли прийнята Національна енергетична програма України з енергозбереження. Відомо, що 1 одиниця зекономленої електроенергії може зекономити не менш 5 одиниць первинних енергоресурсів.

Сучасні системи керування робочими машинами потокових ліній зернопунктів, які побудовані по принципу забезпечення номінального завантаження приводних електродвигунів, не виконують задачі аналізу витрат електроенергії і ефективності її використання, що не забезпечує обробку зерна з мінімально можливими витратами електроенергії.

З 1994 року прийнято 6 законів з енергозбереження, 6 Указів Президента, більше 20 Постанов Уряду, створені Держкомітет, Держінспекція, але ефективність діяльності системи організації енергозбереження не відповідає потребам України. Актуальними є питання розробки методів енергозбереження при обробці зерна, зокрема, обґрунтування енергозберігаючих режимів роботи електромеханічних систем. Окрім цього доцільною є розробка рекомендацій щодо реалізації енергозберігаючих режимів роботи електромеханічних систем зернопунктів, що дозволить економити 8-10% електроенергії. Необхідність вирішення цих питань і визначило напрям досліджень даної дисертаційної роботи.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота виконувалася у відповідності з пріоритетами державної науково-технічної програми (ДНТП 3.12) “Енерго- та ресурсозберігаючі технології в сільськогосподарському виробництві”, тематикою міжвузівських наукових і науково-технічних програм (наказ Міністерства освіти України №37 від 13.02.96, п.2) і Програмою №1 науково-дослідних робіт Таврійського державного агротехнологічного університету на 2001-2008 р.р. “Розробка наукових основ, систем, технологій і технічних засобів для забезпечення продовольчої безпеки Південного регіону України” (підпрограма 1.9 “Розробка електрифікованих машин і механізмів для фермерських господарств АПК”, номер державної реєстрації 0102U000683, розділ 1.9.2 “Розробка науково-обґрунтованих норм витрат електроенергії на виконання стаціонарних технологічних процесів на зернопунктах”).

**Мета дослідження:** зниження витрат електричної енергії в електромеханічних системах обробки зерна на зернопунктах шляхом використання енергозберігаючих режимів роботи на базі закономірностей питомої витрати електричної енергії.

**Завдання дослідження:**

- 1 Аналіз шляхів зниження енергетичних витрат при обробці зерна.
- 2 Дослідження питомих витрат електричної енергії при обробці зерна.
- 3 Дослідження впливу режимних та конструктивних параметрів робочих машин потокових ліній очищення зерна на питому витрату електроенергії.
- 4 Експериментальне дослідження перетворення електричної енергії в електромеханічних системах обробки зерна.
- 5 Розробка рекомендацій по використанню енергозберігаючих режимів роботи електромеханічних систем обробки зерна на зернопунктах.

*Об'єкт дослідження* – процеси перетворення електричної енергії в електромеханічних системах обробки зерна на зернопунктах.

*Предмет дослідження* – фізичні закономірності енергозберігаючих режимів роботи електромеханічних систем обробки зерна на зернопунктах.

*Методи дослідження.* Для досягнення поставленої цілі в процесі дослідження використовувались наступні методи: метод сумарних потужностей; метод планування математичного експерименту з пошуком оптимальних значень функції цілі на основі адекватних математичних моделей у вигляді рівнянь регресії другого порядку; методи статистичної обробки дослідних даних.

**Наукова новизна одержаних результатів** складається в наступному:

1 Запропонована диференційована система оцінки споживання активної енергії в системі “електродвигун – робоча машина”, яка дозволяє визначити як втрати активної енергії, так і її корисне значення.

2 Вперше в якості критерію оцінки енергозберігаючих режимів роботи електромеханічних систем при обробці зерна запропоновані питомі втрати активної енергії на одиницю продукції з урахуванням фактичного завантаження обладнання, які забезпечують оптимізацію продуктивності робочих машин за мінімумом питомих втрат.

3 Отримані залежності питомих витрат енергії в робочих машинах в функції режимних та конструктивних параметрів окремих робочих машин на прикладі зерноочисного агрегату ЗАВ-20, які забезпечують оптимізацію питомих витрат активної енергії при дотриманні агротехнічних вимог до якості очищення зерна.

4 Запропоновані номограми оптимізації споживання енергії при обробці зерна на зернопунктах.

**Практичне значення одержаних результатів** складається в наступному:

1 Розроблені рекомендації по використанню енергозберігаючих режимів роботи електромеханічного обладнання при обробці зерна на зернопунктах, які прийняті Запорізьким обласним, Мелітопольським районним управліннями сільського господарства та Великопетиським районним управлінням сільського господарства Херсонської області.

2 Розроблені рекомендації по оптимальним конструктивним параметрам робочих машин, які забезпечують мінімальну енергоємність процесу обробки зерна на зернопунктах при дотриманні агротехнічних вимог до якості очищення зерна.

**Особистий внесок здобувача.**

Проведений аналіз показників, що характеризують рівень електромеханізації зернопунктів [1]. Отримані рівняння регресії для розрахунку потужності електродвигунів робочих машин потокових ліній в залежності від конструктивних параметрів робочих машин [3, 5, 8]. Розроблена методика розрахунку базової питомої витрати електроенергії на потокових лініях зернопунктів методом сумарних потужностей [6, 15, 19]. Отримані рівняння регресії та вирішена оптимізаційна задача отримання мінімальних значень питомої витрати електроенергії, за якими визначалися науково-обґрунтовані питомі норми електроспоживання [7, 10, 13, 16, 18, 20]. Запропоновані номограми для практичного застосування в умовах експлуатації при реалізації науково-обґрунтованих питомих норм витрати електроенергії [9, 12, 17].

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення і результати досліджень доповідались та обговорювались на наукових конференціях і семінарах: на міжнародній науково-практичній конференції Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка “Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України” (м. Харків, 2005-2009 р.р.), міжнародній науково-практичній конференції ПФ “Кримський агротехнологічний університет” НАУ “Енергозберігаючі технології переробки сільськогосподарської продукції” (АР Крим, м. Сімферополь, 2005 р.), щорічних науково-практичних конференціях Таврійського державного агротехнологічного університету (м. Мелітополь, 2004-2011 р.р), XV-ій міжнародній науково-технічній конференції “Проблеми автоматизованого електроприводу. Теорія і практика”, Харків, НТУ “ХП” (АР Крим, с.м.т. Миколаївка, 2008 р.).

**Публікації.** Результати дисертації опубліковані в 20 статтях в фахових виданнях в період з 2004 року по 2011 рік.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертаційна робота складається із вступу, п’яти розділів, висновків, списку використаних джерел із 107 найменувань, додатків. Робота викладена 189 сторінках машинописного тексту, включає 75 рисунків, 20 таблиць та 5 додатків.

## **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

У вступі обґрунтована актуальність вибраної теми досліджень, її новизна і практична цінність для агропромислового комплексу, показані підстави і початкові дані для розробки теми, актуальність проведення запланованих досліджень, приведена загальна характеристика роботи.

В першому розділі “**Аналіз шляхів зниження енергетичних витрат при обробці зерна**” в результаті вивчення літературних даних проведено аналіз принципів організації обробки зерна на зернопунктах, на підставі чого встановлені технологічні операції обробки зерна, розподілення витрат електроенергії на них. При аналізі перетворення та використання електричної енергії, що споживається з електричної мережі силовим приводним електрообладнанням робочих машин поточкових ліній зерноочисних агрегатів в режимах роботи близьких до номінальних, встановлено, що головні витрати електричної енергії пов’язані з виконанням машинами технологічних операцій.

Проведений аналіз літературних джерел показав, що в даний час накопичений певний практичний досвід в галузі дослідження робочих процесів електромеханічних систем обробки зерна на зернопунктах, при цьому особливий інтерес представляє питання вивчення взаємозв’язку між енергетичними характеристиками технологічного обладнання при очищенні зерна. Дослідженнями цих питань займалися вчені в системі хлібоприймальних підприємств: В.І. Калінцев, М.М. Преображенський, Д.Г. Сеґеда, П.П. Ястребов. А в сільському господарстві – для агрегатів, які випускає “Вороніжсільмаш”: В.В. Громак, Н.А. Устименко, А.А. Гончаров, Г.І. Коршунова, О.П. Карпова, І.В. Киселиця.

Аналіз показав, що витрати електричної енергії в технологічних процесах обробки зерна на одиницю продукції в 2-3 рази відрізняються для однакових зерноочисних агрегатів. На даний час відсутня методика, що дозволяє проаналізувати

вплив режимів роботи обладнання на ефективність перетворення та використання електричної енергії як в окремих потокових лініях, так і в цілому по зерноочисним агрегатам. При цьому встановлено, що найбільш інформативним показником для визначення енергозберігаючих режимів роботи є питомі витрати електричної енергії на процес обробки зерна. Встановлено, що дослідження впливу режимів роботи силового електрообладнання на процеси перетворення та використання електричної енергії найбільш доцільно проводити на базі зерноочисних агрегатів вітчизняного виробництва ЗАВ-20, ЗАР-5, ЗАВ-40, ЗАВ-25.

При аналізі технологічних схем зерноочисних агрегатів встановлено, що приводне силове електрообладнання зерноочисних агрегатів має можливість економії електричної енергії, яка принципово може бути реалізована в трьох напрямках: економія електроенергії до 1-5% від скорочення тривалості холостого ходу обладнання, економія електроенергії до 1-5% від скорочення тривалості робочого періоду обладнання, економія електроенергії до 1-5% від заміни недовантажених до 45% електродвигунів на меншу потужність.

У другому розділі “Дослідження питомих витрат електричної енергії при обробці зерна” досліджувались втрати активної потужності як в робочій машині, так і в приводному електродвигуні, а також корисне значення активної енергії.

Виходячи з емпіричної формули механічної характеристики робочої машини

$$M_c = M_o + (M_{cн} - M_o) \cdot \left( \frac{\omega}{\omega_n} \right)^x, \quad (1)$$

де  $M_c$  – момент опору робочої машини, Н·м;

$M_o$  – момент зрушення робочої машини, Н·м;

$M_{cн}$  – номінальний момент опору робочої машини, Н·м;

$\omega$  – кутова швидкість робочої машини, рад/с;

$\omega_n$  – номінальна кутова швидкість робочої машини, рад/с;

$x$  – коефіцієнт, що характеризує тип механічної характеристики,

втрати активної потужності в робочій машині розкладені на два види:

- корисні втрати,
- втрати на механічне тертя.

З лінійно-зростаючої механічної характеристики робочої машини та механічної характеристики електродвигуна (рис. 1) знайдено, що активна потужність на тертя описується виразом

$$P_o = M_o \cdot \omega_n \quad (2)$$

та показана графічно площею I.

Активна потужність, яку споживає робоча машина на виконання роботи при номінальному навантаженні, описується виразом

$$P_n = (M_n - M_o) \cdot \omega_n. \quad (3)$$

та показана графічно площею II. При цьому прийнято, що номінальний момент опору робочої машини дорівнює номінальному моменту електродвигуна, тобто

$$M_{cн} = M_n. \quad (4)$$

Активна потужність, яку споживає робоча машина на виконання роботи при неповному навантаженні (механічна характеристика 2') описується виразом

$$P = (M_n \cdot \kappa_3 - M_o) \cdot \omega, \quad (5)$$

де  $\kappa_3$  – коефіцієнт завантаження робочої машини;

$\omega$  – кутова швидкість робочої машини при неповному завантаженні, рад/с,  
та показана графічно площею III.

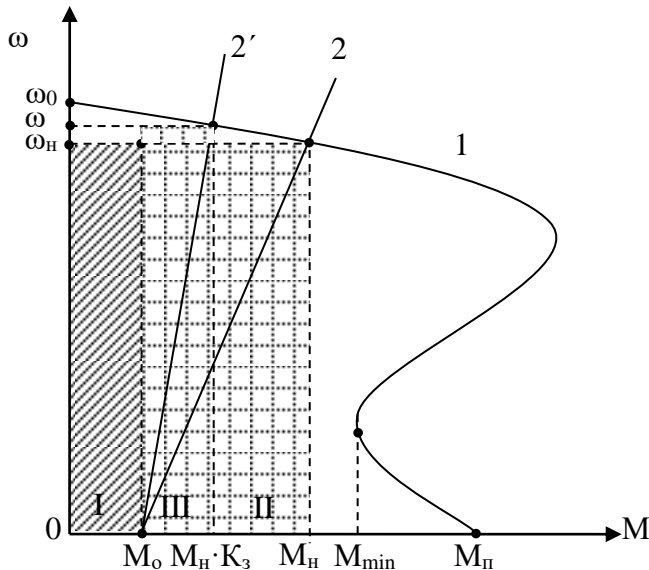


Рис. 1. Механічні характеристики: 1 – електродвигуна; 2 – робочої машини.

Введено поняття коефіцієнта завантаження робочої машини

$$\kappa_3 = \frac{Q}{Q_H}, \quad (6)$$

де  $Q$  – фактична продуктивність робочої машини, кг/с;

$Q_H$  – номінальна продуктивність робочої машини, кг/с.

В іншому вигляді

$$\kappa_3 = \frac{P_o + P}{P_{2H}}, \quad (7)$$

де  $P_{2H}$  – номінальна активна потужність електродвигуна, Вт.

Були знайдені вирази активної потужності, яку споживають робочі машини, корисної потужності та втрат активної потужності зерноочисного агрегату ЗАВ-20.

**Для норії**

$$P_c = \frac{g \cdot \kappa_3 \cdot Q_H \cdot H}{\eta_H}, \quad (8)$$

де  $\kappa_3$  – коефіцієнт завантаження норії;

$Q_H$  – номінальна продуктивність норії, кг/с;

$H$  – висота підйому матеріалу, м;

$\eta_H$  – номінальний коефіцієнт корисної дії норії;

$g$  – прискорення вільного падіння тіла, м/с<sup>2</sup>.

$$P = g \cdot \kappa_3 \cdot Q_H \cdot H, \quad (9)$$

$$P_o = \frac{g \cdot \kappa_3 \cdot Q_H \cdot H}{\eta_H} - g \cdot \kappa_3 \cdot Q_H \cdot H. \quad (10)$$

### Для вентилятора

$$P_c = \frac{\kappa_3 \cdot Q_n \cdot H}{\eta_v}, \quad (11)$$

де  $\kappa_3$  – коефіцієнт завантаження вентилятора;  
 $Q_n$  – номінальна витрата повітря, м<sup>3</sup>/с;  
 $H$  – напір, Па;  
 $\eta_v$  – коефіцієнт корисної дії вентилятора.

$$P = \kappa_3 \cdot Q_n \cdot H, \quad (12)$$

$$P_o = \frac{\kappa_3 \cdot Q_n \cdot H}{\eta_v} - \kappa_3 \cdot Q_n \cdot H. \quad (13)$$

### Для скребкового транспортера

$$P_c = \frac{g \cdot \kappa_3 \cdot Q_n \cdot (H + f_c \cdot L \cdot \cos \alpha)}{\eta_{тр.}}, \quad (14)$$

де  $\kappa_3$  – коефіцієнт завантаження транспортера;  
 $Q_n$  – номінальна продуктивність транспортера, кг/с;  
 $H$  – висота підйому продукту, м;  
 $f_c$  – коефіцієнт опору руху;  
 $L$  – довжина транспортера, м;  
 $\alpha$  – кут нахилу транспортера до обрію, град.;  
 $\eta_{тр.}$  – коефіцієнт корисної дії транспортера.

$$P = g \cdot \kappa_3 \cdot Q_n \cdot (H + f \cdot L \cdot \cos \alpha), \quad (15)$$

$$P_o = \frac{g \cdot \kappa_3 \cdot Q_n \cdot (H + f_c \cdot L \cdot \cos \alpha)}{\eta_{тр.}} - g \cdot \kappa_3 \cdot Q_n \cdot (H + f_c \cdot L \cdot \cos \alpha). \quad (16)$$

### Для зерноочисної машини

$$P_c = \frac{38,348 \cdot \kappa_3 \cdot Q_n \cdot G}{B \cdot \gamma \cdot n \cdot \eta_m}, \quad (17)$$

де  $\kappa_3$  – коефіцієнт завантаження зерноочисної машини;  
 $Q_n$  – номінальна продуктивність зерноочисної машини, кг/с;  
 $G$  – вага решітного стану, кг;  
 $B$  – ширина решета, дм.  
 $\gamma$  – кут між напрямом коливань та площиною решета, град.;  
 $n$  – частота коливань решітного стану, колив./хв.;  
 $\eta_m$  – коефіцієнт корисної дії машини.

$$P = \frac{38,348 \cdot \kappa_3 \cdot Q_n \cdot G}{B \cdot \gamma \cdot n}, \quad (18)$$

$$P_o = \frac{38,348 \cdot \kappa_3 \cdot Q_n \cdot G}{B \cdot \gamma \cdot n \cdot \eta_m} - \frac{38,348 \cdot \kappa_3 \cdot Q_n \cdot G}{B \cdot \gamma \cdot n}, \quad (19)$$



Для трієра

$$P_c = \frac{\kappa_3 \cdot 2 \cdot 10^{-4} \cdot Q_n}{\eta_{тр.}}; \quad (20)$$

де  $Q_n$  – продуктивність трієра, кг/год.;  
 $\eta_{тр.}$  – коефіцієнт корисної дії трієра.

$$P = \kappa_3 \cdot 2 \cdot 10^{-4} \cdot Q, \quad (21)$$

$$P_c = \frac{\kappa_3 \cdot 2 \cdot 10^{-4} \cdot Q}{\eta_{тр.}} - \kappa_3 \cdot 2 \cdot 10^{-4} \cdot Q. \quad (22)$$

Втрати активної потужності в приводному електродвигуні знаходились за виразом

$$\Delta P_{дв.} = \frac{\kappa_{з.дв.} \cdot P_{2н}}{\eta_{дв.}}, \quad (23)$$

де  $P_{2н}$  – номінальна потужність електродвигуна, Вт;  
 $\kappa_{з.дв.}$  – коефіцієнт завантаження електродвигуна;  
 $\eta_{дв.}$  – коефіцієнт корисної дії електродвигуна при заданому значенні коефіцієнта завантаження.

Були досліджені питомі втрати активної енергії в функції продуктивності поточкових ліній зерноочисного агрегату ЗАВ-20.

На рис. 2 наведені залежності питомих втрат активної енергії в функції продуктивності поточкових ліній для різного набору машин в технологічних лініях.

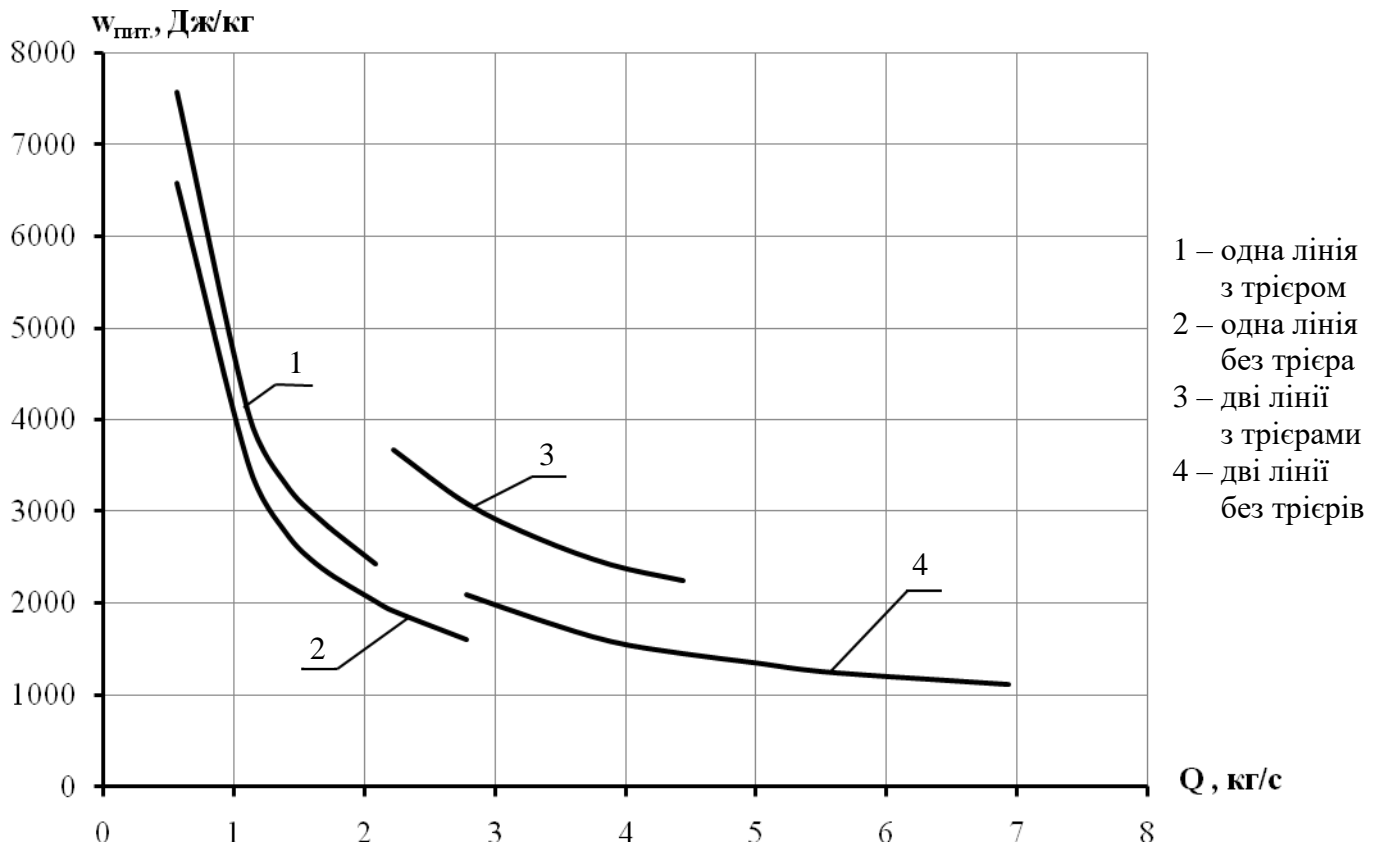


Рис.2. Залежності питомих втрат активної енергії в функції продуктивності поточкових ліній ЗАВ-20 для різного набору машин в технологічних лініях.

Як видно з рис. 2, залежності питомих втрат активної енергії в функції продуктивності на основних ділянках завантаження мають плавно падаючий характер і є функцією набору робочих машин в потоковій лінії, що дозволяє вибирати інтервали завантаження ліній з мінімумом втрат активної енергії.

Основні втрати потужності в силовому приводному електрообладнанні обумовлені робочими процесами технологічних машин, проаналізувавши які, була отримана інформація про ефективність використання електричної енергії в конкретному технологічному агрегаті і визначені загальні методи енергозбереження при обробці зерна. Тому для синтезу математичної моделі питомих витрат електричної енергії процесу обробки зерна, крім аналізу процесів перетворення електричної енергії в силовому приводному електрообладнанні поточкових ліній очищення зерна, був проведений більш детальний аналіз використання енергії при виконанні технологічних операцій очищення зерна на зерноочисних агрегатах.

Основною і обов'язковою умовою найбільш економічної роботи поточкових ліній зерноочисних агрегатів ЗАВ-20, ЗАР-5, ЗАВ-40, ЗАВ-25 є однакова номінальна продуктивність всіх машин, з'єднаних послідовно. В протилежному випадку, продуктивність потокової лінії визначається тією машиною, яка має найменшу номінальну продуктивність. Наприклад, якщо лінія працює з трієрами, то трієри є лімітуючими машинами, що задають продуктивність всієї потокової лінії. Якщо лінія працює без трієрів, то лімітуючими є зерноочисні машини, які задають продуктивність всієї потокової лінії. Це визначає питому витрату електроенергії на обробку 1 т зерна. Для визначення питомих витрат електроенергії поточкових технологічних ліній очищення зерна з урахуванням продуктивності лімітуючих машин запропонований метод сумарних потужностей, який складається з наступного:

1 Для зерноочисного агрегату записуються всі паспортні дані електродвигунів з вказівкою їх потужності та продуктивності робочих машин.

2 Визначається набір машин в потоковій лінії в залежності від прийнятої технологічної схеми обробки зерна.

3 Визначаються розрахункові потужності електродвигунів робочих машин.

4 Підсумовуються розрахункові потужності електродвигунів потокової лінії

$$P_{\text{розн.пл}} = \sum_1^n P_{\text{розн.дв.}} \quad (24)$$

5 Визначається спожита потужність електродвигунів потокової лінії

$$P_{\text{спож.пл}} = \frac{P_{\text{розн.пл}}}{\eta_{\text{сер.}}}, \quad (25)$$

де  $P_{\text{розн.пл}}$  – розрахункова потужність електродвигунів потокової лінії, кВт;

$\eta_{\text{сер.}}$  – середній к.к.д. електродвигунів.

6 В залежності від прийнятої технологічної схеми визначається лімітуюча машина, яка задає продуктивність всієї потокової лінії.

7 Визначається базова питома витрата електроенергії потокової технологічної лінії

$$W_{\text{пит.б}} = \frac{P_{\text{спож.пл}}}{Q_{\text{л}}}, \quad (26)$$

де  $Q_{л}$  – продуктивність лімітуючої машини, т/год.

Таким чином отримані розрахункові дані базової питомої витрати електроенергії на обробку 1 т зерна в залежності від набору машин в потоковій лінії.

На рис. 3 наведені залежності питомих витрат активної енергії в функції продуктивності поточкових ліній зерноочисного агрегату ЗАВ-20 для різного набору машин.

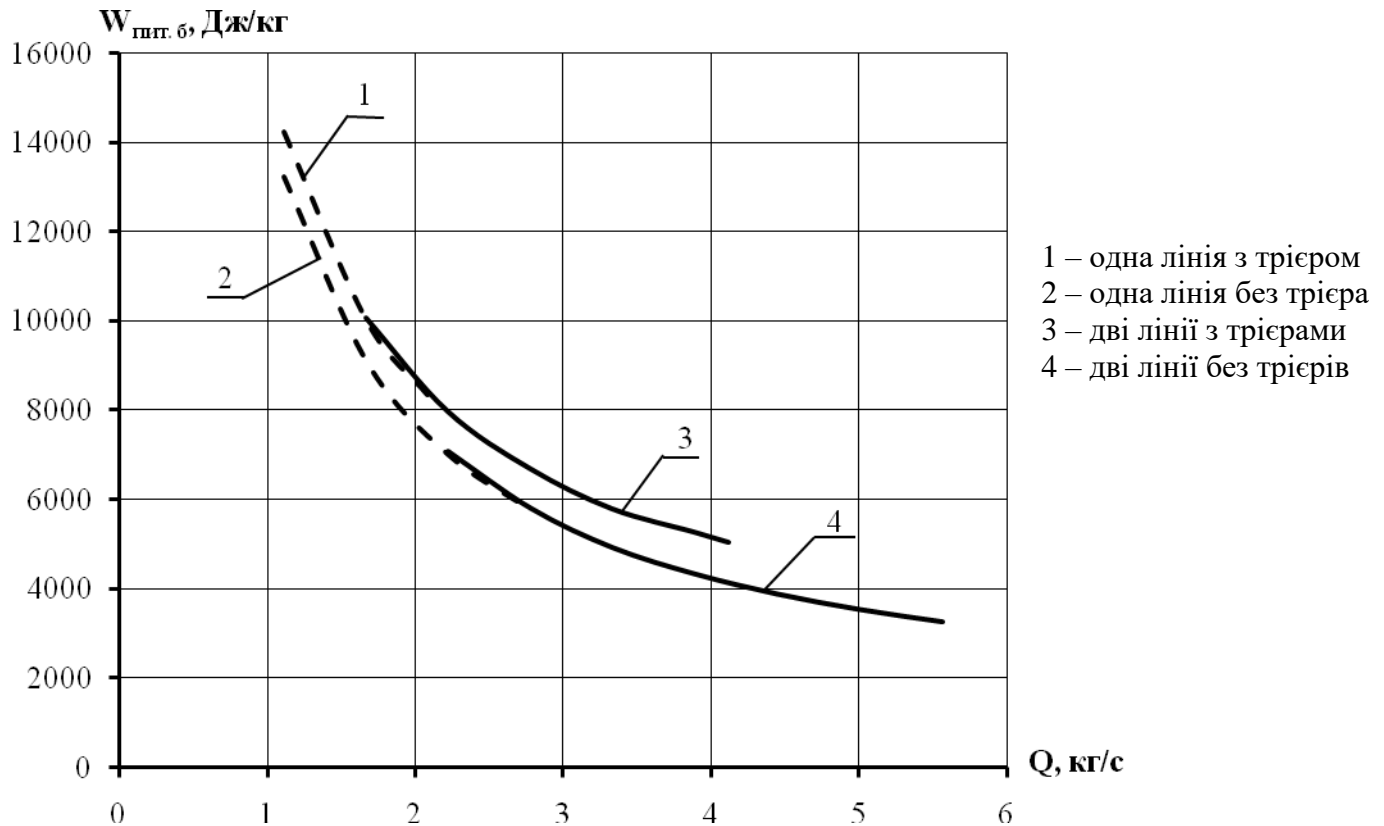


Рис.3. Залежності питомих витрат електроенергії в функції продуктивності поточкових ліній.

В третьому розділі “Дослідження впливу режимних та конструктивних параметрів робочих машин поточкових ліній очищення зерна на питому витрату електроенергії” вперше розроблений метод визначення питомої витрати електроенергії в залежності від режимних та конструктивних параметрів робочих машин.

Технологічні процеси сучасних зерноочисних агрегатів характеризуються різноманітністю технологічних схем і впливом на питому витрату електроенергії багаточисельних параметрів технологічного і електричного обладнання. Для визначення впливу режимів роботи обладнання на використання електроенергії в робочих процесах очищення зерна базових зерноочисних агрегатів були визначені найбільш суттєві фактори, які впливають на енергоємність процесу очищення зерна. Тому для вирішення задачі визначення оптимальної витрати електроенергії в роботі використаний метод планування математичного експерименту, суть якого складається в застосуванні методів теорії планування експерименту до математичної моделі прийнятого предмету дослідження. При цьому під “експериментом” мається на увазі сукупність розрахунків у відповідності з матрицею планування, яка дає однозначне рішення для функції цілі, що визначається. Відсутність в цьому випадку дисперсії відтворюванос-

ті як вхідних, так і вихідних величин, не дозволяє отримати опис функції цілі поліномом з обмеженим числом членів. Тому в прийнятому методі штучно введена дисперсія відтворюваності  $S_B^2\{y\}$  такої величини, що забезпечила точність розрахунків, що вимагається. В роботі було прийнято, що

$$S_B^2\{y\} = (3\sigma)^2,$$

де  $\sigma$  – середня квадратична помилка або стандарт, рівний  $\sigma = 0,02$ , тобто 2%.

В цьому випадку всі передумови регресійного аналізу дотримані.

Наприклад, для зерноочисної машини агрегату ЗАВ-20, потужність, яку споживає електродвигун з урахуванням формули 17

$$P_c = \frac{38,348 \cdot Q \cdot G}{B \cdot \gamma \cdot n \cdot \eta_m \cdot \eta_{пер.} \cdot \eta_{дв.}}, \quad (26)$$

де  $\eta_{пер.}$ ,  $\eta_{дв.}$  – коефіцієнт корисної дії передачі та електродвигуна.



Рис. 4. Математична модель спожитої потужності електродвигуна зерноочисної машини.

В математичній моделі (рис. 4) прийнято:

$x_1$  – продуктивність зерноочисної машини, кг/с;

$x_2$  – ширина решета, дм;

$x_3$  – число коливань решітного стану, колів./хв.;

$x_4$  – кут між напрямком коливань та площиною решета, град.;

$x_5$  – коефіцієнт корисної дії передачі;

$x_6$  – вага решітного стану, кг;

$x_7$  – коефіцієнт корисної дії електродвигуна;

$y$  – спожита потужність електродвигуна, кВт.

При аналізі шляхів зниження енергетичних витрат при обробці зерна був врахований вплив режимних та конструктивних параметрів робочих машин поточкових ліній. В зв'язку з цим виникла необхідність проведення досліджень по визначенню раціональних режимних та конструктивних параметрів робочих машин і вибору потужності приводних електродвигунів та оптимальних к.к.д. передачі.

Використання багатофакторного математичного експерименту при дослідженні

процесів очищення зерна на потокових лініях дозволило при невеликій кількості дослідів визначити оптимальні умови очищення зерна на потокових лініях та дати рекомендації по удосконаленню робочих машин потокових ліній і керуванню технологічним процесом очищення зерна.

В результаті обробки матриць плану ПФЕ були отримані рівняння регресії для розрахунку спожитої потужності робочих машин потокових ліній ЗАВ-20 в залежності від режимних та конструктивних параметрів. Наприклад, для зерноочисної машини ЗАВ-10.30000

$$P_{\text{спож.}} = 2,36 + 0,09 \cdot Q - 0,0012 \cdot n - 0,028 \cdot \gamma - 1,41 \cdot \eta_{\text{пер.}} \quad (27)$$

Як видно з рівняння (27), параметрами, які впливають на спожиту потужність електродвигуна зерноочисної машини ЗАВ-10.30000 є продуктивність  $Q$ , кількість коливань решітного стану  $n$ , кут між напрямком коливань та площиною решета  $\gamma$ , коефіцієнт корисної дії передачі  $\eta_{\text{пер.}}$ .

Питома витрата електроенергії визначається

$$W_{\text{пит.}} = \frac{P_{\text{спож.}}}{Q}, \quad (28)$$

де  $P_{\text{спож.}}$  – потужність, спожита електродвигуном з мережі, кВт;

$Q$  – продуктивність машини, т/год.

Як показали дослідження, питома витрата електроенергії при зміні числа коливань решітного стану в межах  $n = 390-490$  коливань за хвилину (рис. 5) змінюється по-різному: при  $n = 390-430$  коливань питома витрата електроенергії зменшується при збільшенні продуктивності, а при  $n > 440$  коливань відбувається зворотній процес: при збільшенні продуктивності питома витрата електроенергії збільшується. При  $n = 440$  коливань питома витрата електроенергії не змінюється. Тому,  $n = 440$  коливань є оптимальним числом коливань решітного стану з точки зору витрат електроенергії при дотриманні агротехнічних вимог до якості очищення зерна пшениці.

Що стосується кута між напрямком коливань і площиною решета  $\gamma = 24-30^\circ$ , то оптимальним кутом з точки зору витрат електроенергії є  $\gamma = 27^\circ$ .

Робочі органи зерноочисної машини приводяться в дію від електродвигуна трьома клиноремінними та однією ланцюговою передачами, розташованими з двох сторін. При  $\eta_{\text{пер.}} = 0,7-0,74$  питома витрата електроенергії зменшується при збільшенні продуктивності, а при  $\eta_{\text{пер.}} > 0,75$  відбувається зворотній процес: при збільшенні продуктивності питома витрата електроенергії зменшується. Тому, оптимальним к.к.д. є  $\eta_{\text{пер.}} = 0,75$ .

Аналіз впливу режимних та конструктивних параметрів робочих машин потокових ліній зернопунктів на питому витрату електроенергії дозволив визначити оптимальні умови очищення зерна з дотриманням агротехнічних вимог до якості очищення зерна та дати рекомендації по удосконаленню потокових ліній та керуванню процесом очищення зерна.

В четвертому розділі “**Експериментальне дослідження перетворення електричної енергії в електромеханічних системах обробки зерна**” наведено результати експериментальних досліджень технологічних операцій обробки зерна на зернопунктах.

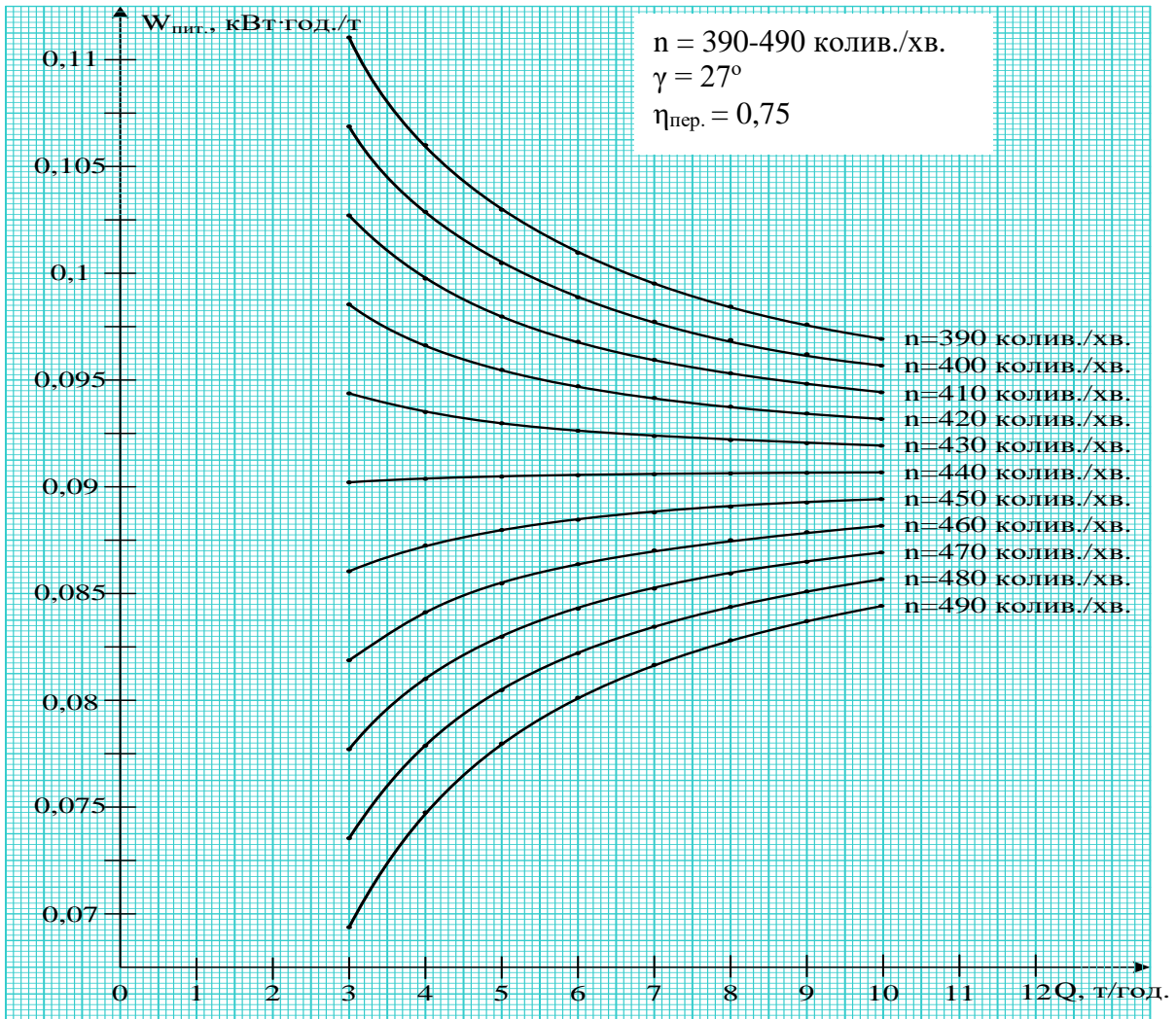


Рис. 5. Залежність  $W_{пит.} = f(Q)$  при  $n = var$  для ЗАВ-10.30000.

Експериментальні дослідження були проведені на агрегаті ЗАВ-20 як найбільш типовому агрегаті на півдні України. Для проведення експериментальних досліджень були вибрані господарства з найбільш високим рівнем організації сільськогосподарського виробництва, виробничий напрямок яких відповідає основному напрямку зони, а також мають надійне та безперебійне електропостачання.

Експериментальні дослідження проводились в напружений період роботи зернопунктів в червні-липні-серпні місяцях на протязі 2004-2008 р.р. в різних виробничих умовах при існуючому завантаженні машин і тривалості їх роботи.

Для дослідження питомих витрат електричної енергії на потокових лініях зернопунктів був використаний вимірювальний стенд, в який входив ящик обліку з лічильниками активної та реактивної енергії, а також вимірювальний переносний комплект. Такий стенд при експериментальних дослідженнях не порушував виробничого технологічного процесу потокових ліній очищення зерна та забезпечував дотримання правил техніки безпеки.

На робочі органи і процеси машин зерноочисних агрегатів впливають одночасно декілька факторів. Коливання одного фактору служать безпосередньою причиною зміни впливу інших факторів на досліджувані параметри. Для даного випадку був проведений багатфакторний експеримент. Застосування для цих цілей «класичного

способу» - зміна факторів по одному при стабілізації решти вимагає проведення великої кількості дослідів. Такий спосіб дослідження дуже тривалий і малоефективний. В ряді випадків він не тільки затрудняє визначення оптимальних умов, але і не дозволяє вирішити поставлену задачу. Для зменшення кількості дослідів та їх більшої достовірності використаний метод планування експерименту.

Була складена програма експериментальних досліджень, яка включала в себе наступні етапи дослідження впливу:

1 вхідних фізико-механічних, технологічних та енергетичних факторів на питому витрату електроенергії поточкових ліній,

2 режимів роботи поточкових ліній на питому витрату електроенергії.

Залежність питомої витрати електроенергії від продуктивності нелінійна, тому для отримання рівняння регресії використані плани другого порядку. Вибір факторів, інтервалів варіювання, рівнів проведених на основі аналізу апріорної інформації. Межі зміни досліджуваних факторів прийняті з урахуванням технічних характеристик машин та технологічних обмежень, обумовлених отриманням зерна високої якості. В якості змінних факторів вибрані:  $x_1$  – продуктивність агрегату, т/год.;  $x_2$  – вологість зерна, %;  $x_3$  – засміченість зерна, %. В якості функції відгуку вибрана питома витрата електроенергії. Для математичного опису питомої витрати електроенергії застосований ортогональний центральний композиційний план другого порядку (ОЦКП) Бокса і Уїлсона.

Отримані дані оброблялися методами математичної статистики з використанням комп'ютерних програм.

В результаті досліджень був отриманий ряд математичних моделей, що описують залежність функції відгуку від вхідних параметрів.

Рівняння регресії для дослідження питомої витрати електроенергії в залежності від продуктивності, вологості та засміченості зерна для поточкових ліній зерноочисного агрегату ЗАВ-20:

- одна потокова лінія з трієром

$$\tilde{y} = 3,7047 - 0,6702x_1 + 0,1899x_2 + 0,0977x_3 + 0,0813x_2x_3 + 0,2246x_1^2 \quad (29)$$

- одна потокова лінія без трієра

$$\tilde{y} = 2,748 - 0,5451x_1 + 0,0411x_2 + 0,0703x_3 + 0,1216x_1^2 + 0,0271x_2^2 + 0,0203x_3^2 \quad (30)$$

- дві потокові лінії з трієрами

$$\tilde{y} = 1,9984 - 0,3817x_1 + 0,095x_2 + 0,0292x_3 + 0,0025x_1x_3 + 0,1214x_1^2 + 0,0336x_2^2 + 0,0134x_3^2 \quad (31)$$

- дві потокові лінії без трієрів

$$\tilde{y} = 1,7437 - 0,4629x_1 + 0,053x_2 + 0,0183x_3 + 0,0275x_1x_2 + 0,2042x_1^2 + 0,0455x_2^2 + 0,0118x_3^2 \quad (32)$$

За допомогою отриманих в результаті досліджень рівнянь регресії 29-32 були визначені питомі витрати електричної енергії на очищення зерна за різними технологічними схемами при зміні фізико-механічних властивостей зерна (рис. 6, 7).

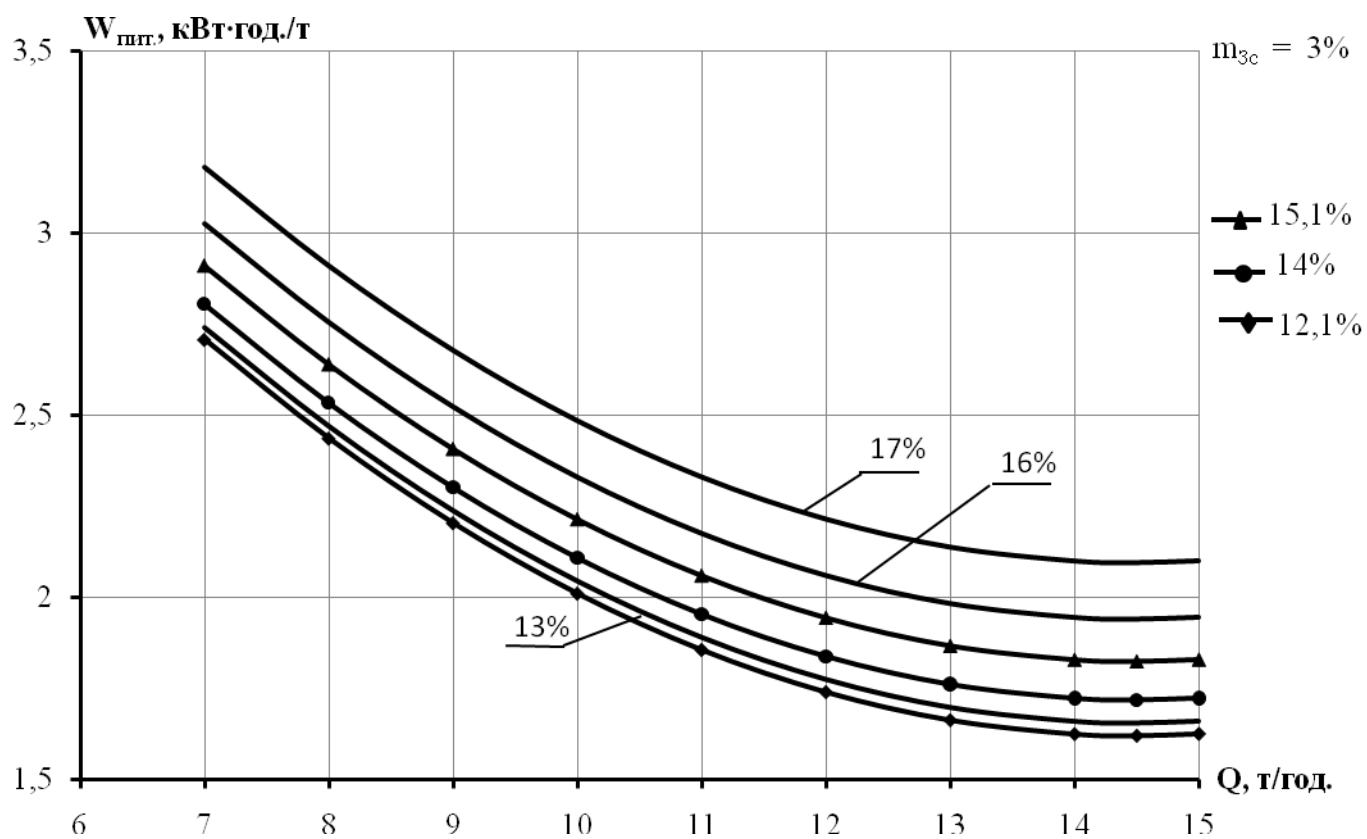


Рис. 6. Залежність  $W_{\text{пш.г.}} = f(Q)$  для ЗАВ-20 (пшениця) - дві лінії з трієрами при  $m_{\text{зс}} = 3\%$  та  $V_{\text{л}} = \text{var}$ .

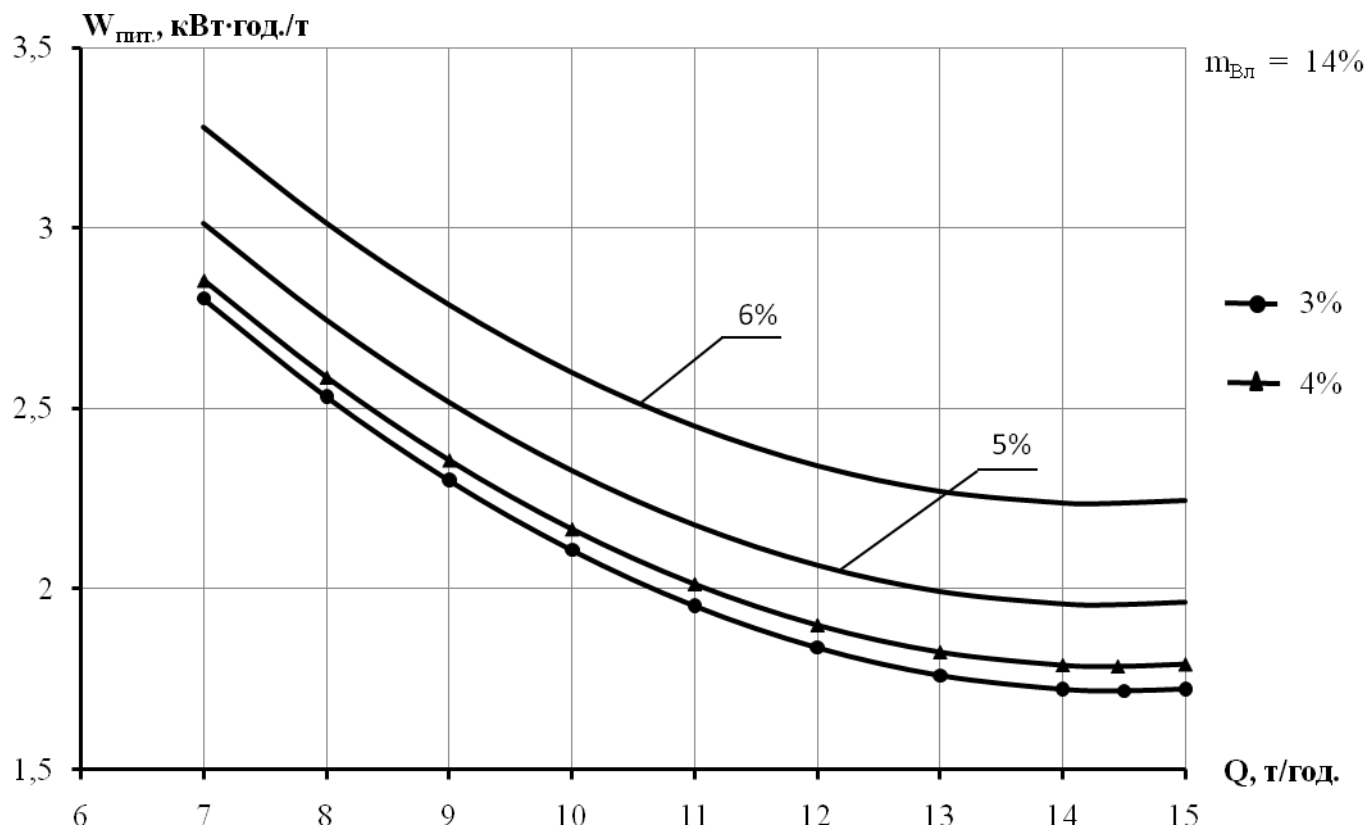


Рис. 7. Залежність  $W_{\text{пш.г.}} = f(Q)$  для ЗАВ-20 (пшениця) - дві лінії з трієрами при  $m_{\text{Вл}} = 14\%$  та  $Z_{\text{с}} = \text{var}$ .



Аналіз рівнянь регресії показує наявність мінімуму питомих витрат електричної енергії в залежності від продуктивності потокових ліній, вологості та засміченості зерна. Наприклад, досліджуючи рівняння 31, мінімум питомої витрати електроенергії 1,61 кВт·год./т був отриманий при продуктивності 14,5 т/год., вологості 11,4% та засміченості 2,9%.

Аналогічні дослідження проведені для інших потокових ліній і отримані наступні дані:

- одна потокова лінія з трієром – 2,98 кВт·год./т при продуктивності 6,5 т/год., вологості 11,7%, засміченості 2,3%;
- одна потокова лінія без трієра – 2,06 кВт·год./т при продуктивності 9,8 т/год., вологості 12,4%, засміченості 2,6%;
- дві лінії без трієрів - 1,43 кВт·год./т при продуктивності 15,7 т/год., вологості 12,1%, засміченості 3,1%.

Порівняння розрахункових та експериментальних даних показало розходження результатів не більше як на 10%.

В п'ятому розділі **“Розробка рекомендацій по використанню енергозберігаючих режимів роботи електромеханічних систем обробки зерна на зернопунктах”** розроблені рекомендації по використанню енергозберігаючих режимів роботи потокових ліній на зернопунктах. Розробка рекомендацій проводилась з використанням результатів досліджень розділу 4.

В умовах експлуатації в залежності від кількості надходження зерна на зернопункт та його призначення (продовольче або насіннєве) для прийняття обґрунтованих рішень по вибору технологічних схем очищення зерна для зерноочисного агрегату ЗАВ-20 запропоновані залежності питомої витрати електроенергії в функції продуктивності потокових ліній при оптимальних значеннях вологості та засміченості, побудовані за рівняннями 29-32 (рис. 8).

Для кожної потокової технологічної лінії очищення зерна агрегату ЗАВ-20 запропоновані номограми електроспоживання (рис. 9), що відрізняються наочністю та зручністю при виборі оптимального завантаження потокових ліній з отриманням мінімуму питомої витрати електроенергії (квадрант 1) при різних значеннях вологості та засміченості. За відомими значеннями вологості (квадрант 2) та засміченості зерна (квадрант 3) та мінімальній питомій витраті електроенергії визначається оптимальне завантаження потокової лінії.

При випробуваннях встановлено, що при оптимізації режимів роботи електромеханічних систем обробки зерна на зернопунктах, зниження питомих витрат електроенергії складає близько 10%. Сезонний економічний ефект по одному зерноочисному агрегату становить 3-4 тис. грн.

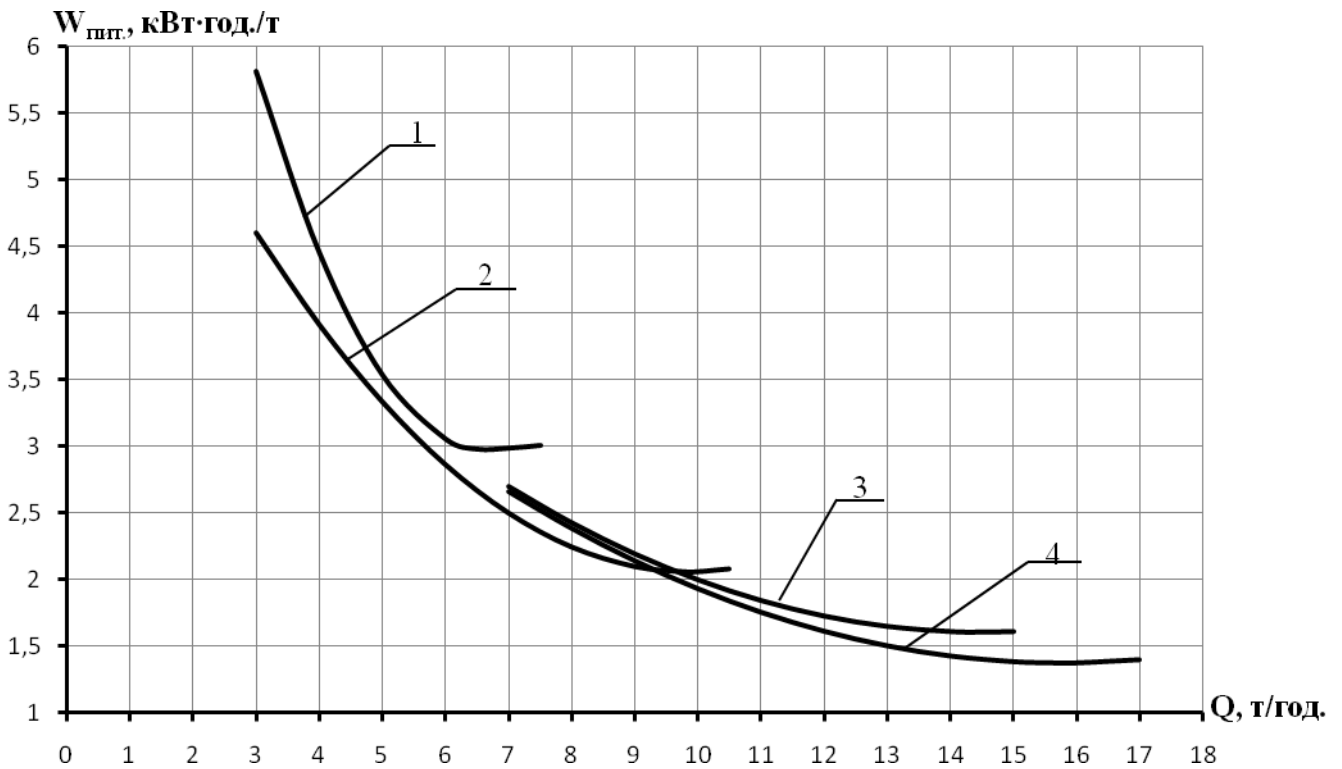


Рис. 8. Залежності питомої витрати електроенергії в функції продуктивності потокових ліній при оптимальних значеннях вологості та засміченості: 1 – одна потокова лінія з трієром; 2 – одна потокова лінія без трієра; 3 – дві потокові лінії з трієром; 4 – дві потокові лінії без трієрів.

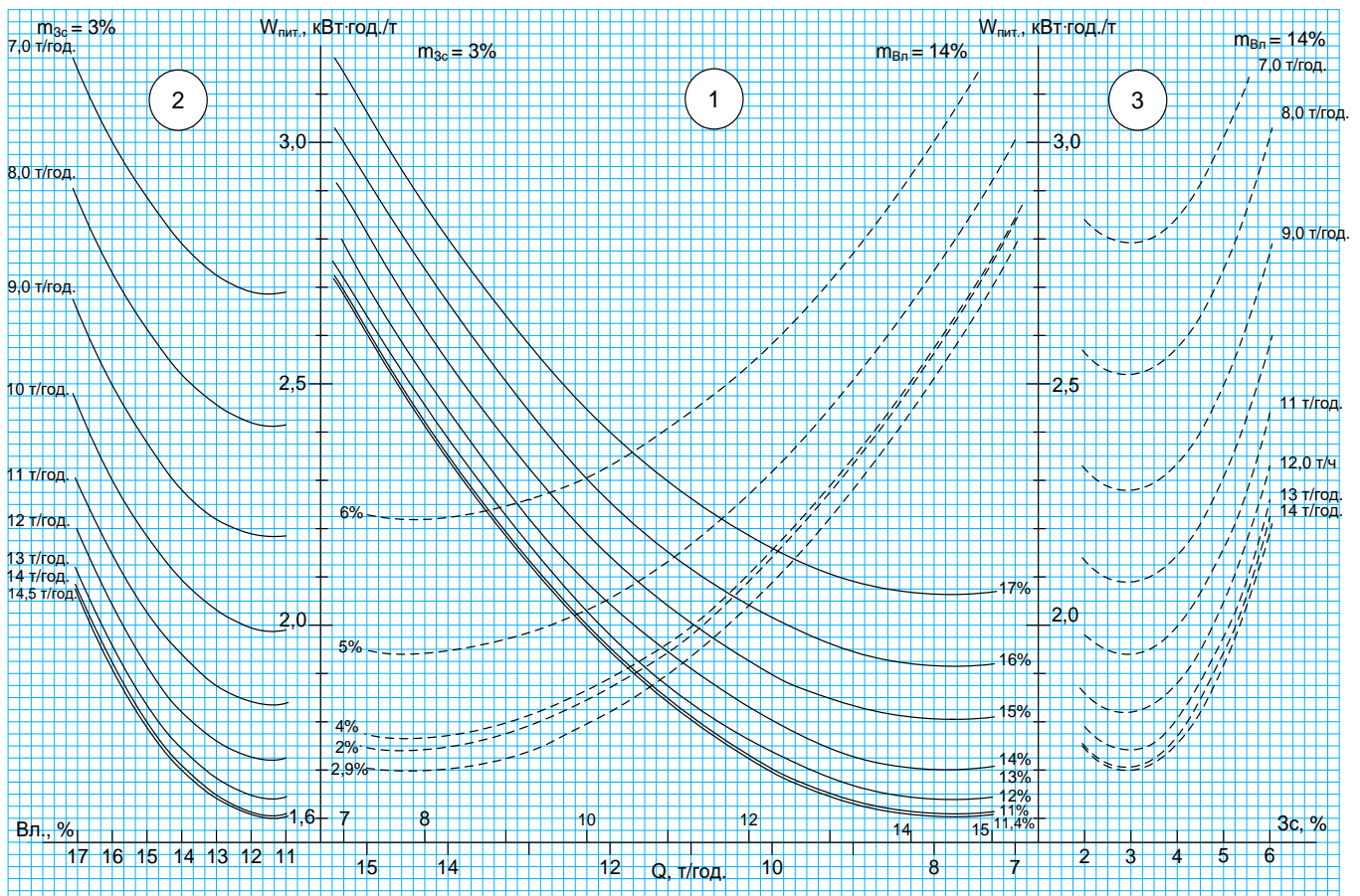


Рис. 9. Номограми електроспоживання для ЗАВ-20 – дві лінії з трієрами.

## ВИСНОВКИ

В роботі вирішена науково-прикладна задача оптимізації витрат електричної енергії на зернопунктах. В результаті роботи зроблені наступні висновки та рекомендації:

1 Встановлено, що витрати електричної енергії в технологічних процесах АПК на одиницю продукції в 2-3 рази перевищують аналогічні витрати в розвинених країнах.

2 Запропонована диференційована система оцінки споживання активної енергії в системі “електродвигун – робоча машина”, яка дозволяє визначити як втрати активної енергії, так і її корисне значення.

3 Вперше в якості критерію оцінки енергозберігаючих режимів роботи електромеханічних систем при обробці зерна запропоновані питомі втрати активної енергії на одиницю продукції з урахуванням фактичного завантаження обладнання, які забезпечують оптимізацію продуктивності робочих машин за мінімумом питомих витрат енергії. Так, для двох ліній з трієрами досягається мінімум питомих витрат енергії на інтервалі продуктивності від 3 до 7 кг/с.

4 Знайдені залежності питомих витрат активної енергії у функції продуктивності потокових ліній. Так, для двох ліній з трієрами мінімум питомих витрат активної енергії досягається в інтервалі продуктивності від 4 до 6 кг/с.

При обґрунтуванні математичної моделі прийнятого в роботі предмета дослідження для розрахункового визначення основних технологічних і енергетичних параметрів зерноочисних агрегатів ПТЛ були використані набори формул і співвідношень, в тому числі і емпіричних, що забезпечують точність розрахунку величин в межах  $\pm 5\%$ . Визначено, що в технологічно допустимих режимах роботи обладнання ефективність перетворення електричної енергії в робочих процесах машин може бути визначена за допомогою паспортних даних привідних електродвигунів зерноочисних агрегатів.

5 Отримані аналітичні залежності питомих витрат активної енергії від режимних та конструктивних параметрів робочих машин потокових технологічних ліній очищення зерна для зерноочисного агрегату ЗАВ-20, які дозволили визначити їх оптимальні значення з точки зору мінімальних витрат електроенергії при дотриманні агротехнічних вимог до якості очищення зерна пшениці. Так, для зерноочисної машини ЗАВ-10.30000 такими параметрами є: число коливань решітного стану в розмірі 440 коливань за хвилину, кут між напрямком коливань та площиною решета складає  $27^\circ$ , коефіцієнт к.к.д передачі не повинен перевищувати 0,75.

6 Експериментальними дослідженнями встановлено, що розбіжність між теоретичними і експериментальними даними не перевищує 10% при сильному кореляційному зв'язку ( $r = 0,9 - 0,98$ ) режимів роботи силового електрообладнання та фізико-механічних властивостей зерна з питомими витратами електричної енергії.

7 В результаті проведення експериментальних досліджень отримані залежності у вигляді рівнянь регресії питомих витрат енергії у функції продуктивності потокових ліній, вологості зерна та його засміченості, які дозволяють оптимізувати режим обробки зерна. Так, для двох потокових ліній з трієрами мінімум питомої витрати

електроенергії 1,61 кВт·год./т отриманий при продуктивності 14,5 т/год., вологості 11,4% та засміченості 2,9%;

- одна потокова лінія з трієром – 2,98 кВт·год./т при продуктивності 6,5 т/год., вологості 11,7%, засміченості 2,3%;

- одна потокова лінія без трієра – 2,06 кВт·год./т при продуктивності 9,8 т/год., вологості 12,4%, засміченості 2,6%;

- дві лінії без трієрів - 1,43 кВт·год./т при продуктивності 15,7 т/год., вологості 12,1%, засміченості 3,1%.

8 Запропоновані в роботі номограми електроспоживання для різних технологічних схем зерноочисного агрегату ЗАВ-20 в залежності від продуктивності потокових ліній, вологості та засміченості зерна обговорені та схвалені на технічній раді Запорізького обласного, Мелітопольського районного управліннь сільського господарства та Великолепетиським районним управлінням сільського господарства Херсонської області та рекомендовані до впровадження. При цьому за даними економічного відділу обласного управління встановлено, що впровадження енергозберігаючих режимів роботи електромеханічних систем обробки зерна на зернопунктах дозволить знизити витрату електроенергії на технологічні процеси післязбиральної обробки зерна в господарствах Запорізької та Херсонської областей на 8-10%.

9 Техніко-економічні розрахунки показали, що при впровадженні енергозберігаючих режимів роботи електромеханічних систем післязбиральної обробки зерна, сезонний економічний ефект по одному зерноочисному агрегату склав 3...4 тис. грн.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ПО ТЕМІ ДИСЕРТАЦІЇ

1. *Карпова О.П.* Вибір критерію оцінки рівня електромеханізації зернопунктів / О.П. Карпова, М.В. Постнікова // Праці ТДАТА. – Мелітополь, 2004. – Вип. 19. - С. 77-80.
2. *Постнікова М.В.* Сучасний стан питання розробки нормативів електроспоживання на зернопунктах / М.В. Постнікова // Праці ТДАТА. – Мелітополь, 2005. – Вип. 25. - С. 102-107.
3. *Карпова О.П.* Методика планування експериментів для визначення енергетичних характеристик зерноочисних машин / О.П. Карпова, М.В. Постнікова // Праці ТДАТА. – Мелітополь, 2005. – Вип. 31. - С. 120-124.
4. *Постнікова М.В.* Енергетичні характеристики робочих машин зерноочисного агрегату ЗАВ-20 / М.В. Постнікова // Праці ТДАТА. – Мелітополь, 2005. – Вип. 32. - С. 94-99.
5. *Мартиненко І.І.* Обґрунтування норм витрати електроенергії на потокових лініях зернопунктів методом планування експерименту / І.І. Мартиненко, М.В. Постнікова // Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України: Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – Харків, 2005. – Вип. 37, т.1. - С. 109-113.
6. *Карпова А.П.* Обоснование норм расхода электроэнергии на поточных линиях зернопунктов методом суммарных мощностей / А.П. Карпова, М.В. Постникова // Энергосберегающие технологии производства и переработки с.х. продукции:

- Сборник научных трудов Крымского агротехнологического университета. – Симферополь, 2006. – Вып. 93. – С. 60-64.
7. *Карпова О.П.* Оптимізація технологічних процесів очищення зерна на потокових лініях зернопунктів / О.П. Карпова, М.В. Постнікова // Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України: Вісник Харківського національного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – Харків, 2006. – Вип. 43, т.1. – С. 192 - 196.
  8. *Масюткін Є.П.* Вплив конструктивних параметрів зерноочисних машин на питомі витрати електроенергії / Є.П. Масюткін, О.П. Карпова, М.В. Постнікова // Праці ТДАТА. – Мелітополь, 2006. – Вип. 45. – С. 103-106.
  9. *Карпова О.П.* Порівняльна оцінка виробничих і розрахункових питомих витрат електроенергії на зернопунктах при очищенні зерна / О.П. Карпова, М.В. Постнікова // Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України: Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – Харків, 2007. – Вип. 57, т.2. – С. 49-53.
  10. *Дидур В.А.* Научное обоснование удельных расходов электроэнергии при очистке зерна методом математического планирования эксперимента / [В.А. Дидур, Е.П. Масюткин, М.В. Постникова, В.А. Масловский] // Праці інституту електродинаміки НАН України. – Київ, 2008. – Вип. 19. – С. 94-98.
  11. *Постнікова М.В.* Розробка науково-обґрунтованих норм енергоємності при обробці зерна на зернопунктах / М.В. Постнікова // Проблеми автоматизованого електроприводу. Теорія і практика: Вісник Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут”. Тематичний збірник наукових праць. – Харків, 2008. – №30. – С. 511-512.
  12. *Карпова О.П.* Наукове обґрунтування питомих витрат електроенергії при обробці зерна на зернопунктах методом математичного моделювання / О.П. Карпова, М.В. Постнікова // Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України: Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – Харків, 2008. – Вип. 73, т.1. – С. 111-113.
  13. *Никифорова Л.Є.* Перебудова математичної моделі технологічних процесів на зернопунктах / Л.Є. Никифорова, М.В. Постнікова // Праці ТДАТУ. – Мелітополь, 2008. – Вип. 8, т.10. – С. 167-172.
  14. *Постнікова М.В.* Імовірна оцінка норми питомих витрат електроенергії при очищенні зерна на зернопунктах / М.В. Постнікова // Проблеми енергозбереження в АПК України: Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – Харків, 2009. – Вип. 86. – С. 89-91.
  15. *Постнікова М.В.* Шляхи зниження витрат електроенергії при очищенні зерна на зернопунктах / М.В. Постнікова, О.П. Карпова // Праці ТДАТУ. – Мелітополь, 2010. – Вип. 10, т. 4. – С. 148-151.
  16. *Постнікова М.В.* Моделювання впливу фізичних факторів на енергоємність при очищенні зерна на зернопунктах / М.В. Постнікова, Л.Є. Никифорова, О.П. Карпова // Праці ТДАТУ. – Мелітополь, 2010. – Вип. 10, т. 8. – С. 151-155.
  17. *Постнікова М.В.* Керування технологічним процесом очищення зерна на зернопунктах за мінімумом питомих витрат електроенергії / М.В. Постнікова, Л.Є. Ни-

- кифорова, О.П. Карпова // Праці ТДАТУ. – Мелітополь, 2010. – Вип. 10, т. 10 – С. 72-75.
18. *Никифорова Л.Є.* Вплив енергетичних параметрів на енергоємність при очищенні зерна на зернопунктах / Л.Є. Никифорова, М.В. Постнікова, О.П. Карпова // Праці ТДАТУ. – Мелітополь, 2010. – Вип. 10, т. 10. – С. 91-94.
19. *Постнікова М.В.* Исследование потерь активной мощности в системе “электродвигатель - рабочая машина” / М.В. Постнікова, Р.В. Телюта // Праці ТДАТУ. – Мелітополь, 2011. – Вип. 11, т. 3. – С. 165-172.
20. *Постнікова М.В.* Експериментальні дослідження енергетики електроприводу машин зерноочисних агрегатів // М.В. Постнікова, О.П. Карпова // Праці ТДАТУ. – Мелітополь, 2011. – Вип. 11, Т. 4. – С. 130-134.

## АНОТАЦІЯ

**Постнікова М.В. Енергозберігаючі режими роботи електромеханічних систем обробки зерна на зернопунктах. – Рукопис.**

*Дисертація на здобуття ступеня кандидата технічних наук за фахом 05.09.03 – електротехнічні комплекси та системи. – Таврійський державний агротехнологічний університет, Мелітополь, 2011.*

Містить результати теоретичних та експериментальних досліджень процесів обробки зерна на потокових лініях зернопунктів.

Розроблений метод визначення базової питомої витрати електроенергії на післязбиральну обробку зерна за паспортними даними технологічного і електросилового обладнання зерноочисних агрегатів. Запропонована диференційована система оцінки споживання активної енергії в системі “електродвигун – робоча машина”, яка дозволяє визначити як втрати активної енергії, так і її корисне значення. Отримані аналітичні залежності питомих витрат активної енергії від режимних та конструктивних параметрів робочих машин потокових технологічних ліній очищення зерна для зерноочисного агрегату ЗАВ-20, які дозволили визначити їх оптимальні значення з точки зору мінімальних витрат електроенергії при дотриманні агротехнічних вимог до якості очищення зерна пшениці. Знайдені залежності у вигляді рівнянь регресії питомих витрат енергії у функції продуктивності потокової лінії, вологості зерна та його засміченості, які дозволяють оптимізувати режим обробки зерна.

Сезонний економічний ефект від впровадження енергозберігаючих режимів роботи електромеханічних систем післязбиральної обробки зерна по одному зерноочисному агрегату склав 3...4 тис. грн.

*Ключові слова* – енергозбереження, питомі витрати електроенергії, економія електроенергії, раціональне використання електроенергії, очищення зерна, зерноочисні агрегати.

## АННОТАЦИЯ

**Постникова М.В. Энергосберегающие режимы работы электромеханических систем обработки зерна на зернопунктах. – Рукопись.**

*Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – электротехнические комплексы и системы. – Таврический государственный агротехнологический университет, Мелитополь, 2011.*

В работе обоснована актуальность выбранной темы исследований, сформулированы цель и задачи исследований. Установлено, что расходы электроэнергии в технологических процессах АПК на единицу продукции в 2-3 раза превышают аналогичные затраты в развитых странах. Это свидетельствует о том, что вопрос методики определения удельных расходов электроэнергии требует более радикальных решений. Особенностью поточных линий, с точки зрения установления удельных расходов электроэнергии, является наличие лимитирующих машин, которые определяют производительность всей поточной линии.

Разработан новый метод определения базового удельного расхода электроэнергии на послеуборочную обработку зерна по паспортным данным технологического и электросилового оборудования зерноочистительных агрегатов.

Предложена дифференцированная система оценки потребления активной энергии в системе “электродвигатель – рабочая машина”, которая позволяет определить как потери активной энергии, так и её полезное значение.

В результате расчётного определения удельного расхода электроэнергии по паспортным данным оборудования установлено, что поточные технологические линии очистки зерна комплектуются рабочими машинами с различной производительностью. В этом случае одна из машин является лимитирующей по производительности. Такой машиной для всех зерноочистительных агрегатов является триер с производительностью 7,5 т/ч. Наличие лимитирующей машины обуславливает непроизводительный расход электроэнергии. На это обстоятельство следует обратить внимание предприятий, комплектующих оборудование поточных технологических линий зерноочистительных агрегатов.

Получены аналитические зависимости удельного расхода активной энергии от режимных и конструктивных параметров рабочих машин поточных линий очистки зерна для зерноочистительного агрегата ЗАВ-20, которые позволили определить их оптимальные значения с точки зрения минимального расхода электроэнергии при соблюдении агротехнических требований к качеству очистки зерна пшеницы.

На основе метода планирования эксперимента получены адекватные уравнения регрессии второго порядка параметра оптимизации - удельного расхода электроэнергии в функции параметров влажности и засорённости зерна для наиболее распространённого на юге Украины агрегата ЗАВ-20. Получены оптимальные удельные расходы электроэнергии для поточных технологических линий зерноочистительного агрегата ЗАВ-20.

Разработаны номограммы энергосберегающих режимов работы зависимости удельного расхода электроэнергии, производительности поточных линий обработки

зерна, его влажности и засорённости. Эти номограммы позволят эксплуатационникам контролировать удельный расход электроэнергии, а внедрение разработанных рекомендаций по энергосберегающим режимам работы позволит хозяйствам Запорожской и Херсонской областей экономить в среднем 8-10% электроэнергии.

Сезонный экономический эффект от внедрения энергосберегающих режимов работы электромеханических систем послеуборочной обработки зерна по одному зерноочистительному агрегату составил 3...4 тыс. грн.

*Ключевые слова* – энергосбережение, удельный расход электроэнергии, экономия электроэнергии, рациональное использование электроэнергии, очистка зерна, зерноочистительные агрегаты.

## SUMMARY

**Postnikova M. Energoberegayuschie state of working electric mechanical systems of the processing grain on corn punktah. - Manuscript.**

*Thesis on reception degree candidate of the technical sciences on professions 05.09.03 - an electric technical complexes and systems. - Tavricheskiy state agrarian technological university, Melitopol, 2011.*

Contains the results theoretical and experimental studies of the processes of the processing grain on production lines of the corn points.

The designed method of the determination of the base specific consumption to electric energy on after harvest processing grain on passport given technological and electric power of the equipment corn cleansing unit. It is offered differentiated system of the estimation of the consumption to active energy in system "electric motor - a worker machine", which allows to define as loss to active energy, so and her useful importance. They are received analytical dependencies of the specific consumption to active energy from regime and constructive parameter worker machines flow technological line peelings grain for corn cleansing unit ZAV-20, which have allowed to define their best values with standpoint of the minimum expenses to electric powers at observance agrarian and technical requirements to quality peelings grain of the wheat. The founded dependencies in the manner of equations of the regressions of the specific expenses to energy in functions of capacity to production line, moisture grain and weed, which allow optimizing the mode of the processing grain.

The seasonal economic effect from introduction saving energy regime of the working the electromechanic systems after harvest processing grain on one corn cleansing unit has formed 3...4 thousand grivens.

*The keywords* – saving to energy, specific expenseses to electric energy, economy to electric energy, rational use to electric energy, clear grain, corn cleansing units.





Підписано до друку 23.08.2011 р. Формат 148×210 (60×90/16)  
Замовлення № 425. Обсяг 1,625 ум. друк. арк. Тираж 100 прим.  
Надруковано ПП Верескун В.М.  
Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», свідоцтво ДК № 1125  
м. Мелітополь, вул. К. Маркса, 10, тел.: 6-88-38



