

УДК 658.011.56

ПЕРЕБУДОВА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ НА ЗЕРНОПУНКТАХ

Никифорова Л.Є., к.т.н.

Постнікова М.В., аспірант

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-23-41

Анотація – запропоновано для розробки науково-обґрунтованих норм витрат електроенергії на потокових лініях зернопунктів використовувати метод перебудови математичної моделі технологічних процесів.

Ключові слова – раціональне використання електроенергії, питомі витрати електроенергії, нормування електроспоживання, багатофакторний експеримент.

Постановка проблеми. В зв'язку з дефіцитом енергоресурсів виникає необхідність економії електроенергії, так як одна одиниця зекономленої електроенергії може зекономити не менш п'яти одиниць первинних енергоресурсів [1]. Кінцевою мірою ефективності роботи потокових ліній зернопунктів сільськогосподарських підприємств є питома витрата електроенергії. Тому питання нормування витрати електроенергії на потокових лініях зернопунктів є актуальним.

Аналіз останніх досліджень. При розробці науково-обґрунтованих норм витрат електроенергії на потокових лініях зернопунктів доцільно користуватися методами планування експерименту, так як на робочі органи і процеси зерноочисних агрегатів роблять вплив одночасно безліч факторів. Проектування норм витрати електроенергії представляє собою багатомірний розрахунок, що задається у вигляді системи формул, емпіричних коефіцієнтів, таблиць, графічних залежностей, які в сукупності можуть розглядатися як модель проектування. Методами перебудови моделі проектування в модель, що складається з алгебраїчних, явно виражених диференціальних функцій, користуються при проектуванні електричних машин. Ефективність перебудови моделі підтверджена в ряді робіт [2, 3]. Цими методами можна користуватися також при проектуванні норм витрати електроенергії на зернопунктах.

Формулювання цілей статті. Метою статті є обґрунтування мінімальної витрати електроенергії на процесах очищення зерна на по-

токових лініях ЗАВ-25 методом перебудови математичної моделі технологічних процесів.

Основна частина. При процесах очистки зерна на поточкових ліній зернопунктів на питому витрату електроенергії впливають різноманітні фактори (рис. 1) [4].

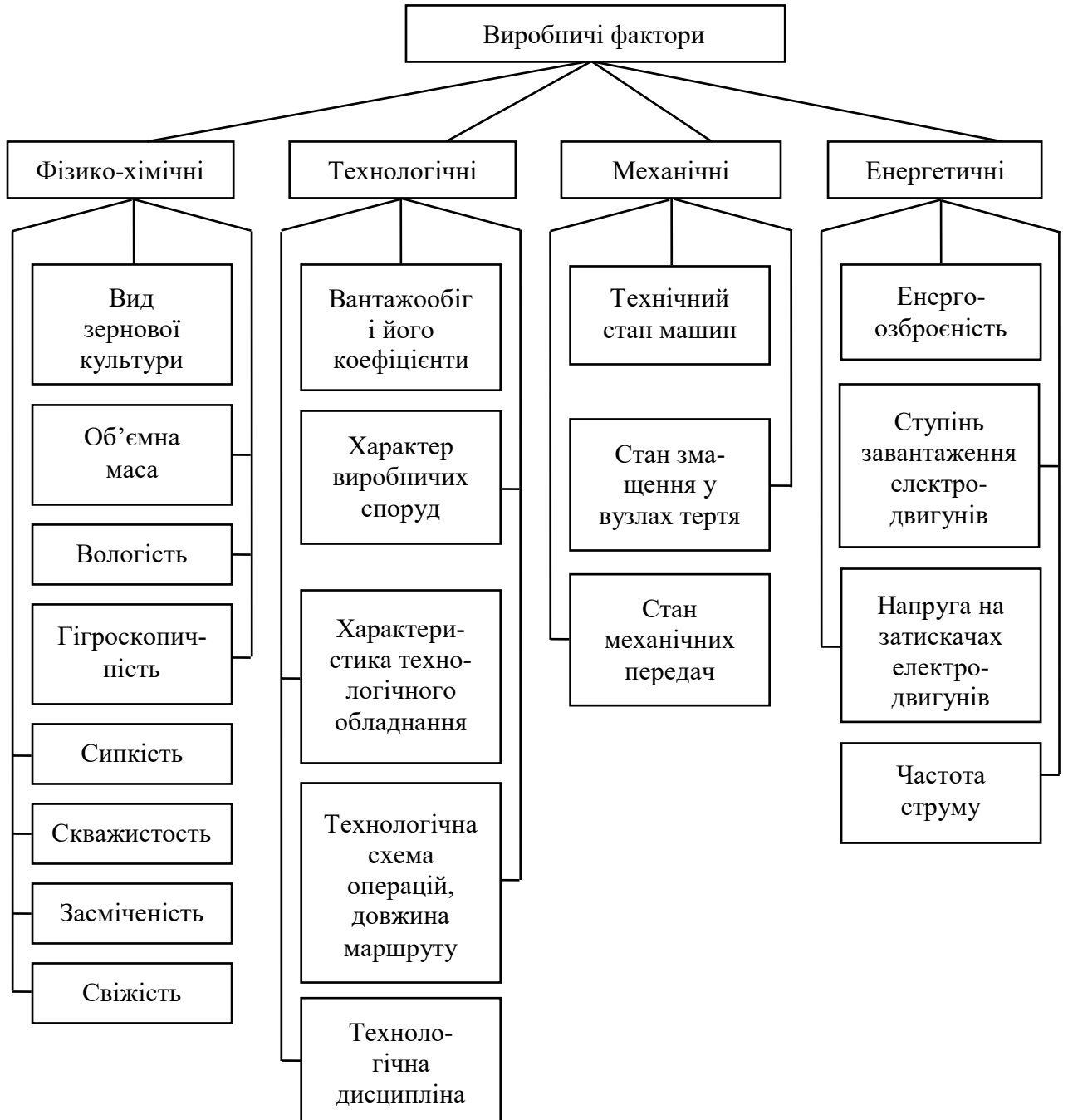


Рис. 1. Класифікація факторів, що впливають на питому витрату електроенергії поточкових ліній зернопунктів.

Для того, щоб отримати з достатньою для практичного застосування ступенем точності алгебраїчні апроксимації складних багатомірних залежностей питомої витрати електроенергії був використаний математичний апарат теорії планування експерименту [5].

При цьому математична модель об'єкта перетвориться в просту модель, що складається з поліномів - відрізків ряду Тейлора виду

$$\tilde{y} = b_0 + \sum_{i=1}^N b_i \cdot x_i + \sum_{i<j}^N b_{ij} \cdot x_i \cdot x_j + \sum_{i<j<k}^N b_{ijk} \cdot x_i \cdot x_j \cdot x_k + \dots$$

де \tilde{y} - оцінка будь-якої шуканої функції мети;

b_0, b_i, b_{ij} - коефіцієнти поліномів;

x_i, x_j, \dots, x_n - незалежні перемінні.

Однак, методи планування експерименту розроблені стосовно до складних об'єктів з невідомими функціональними зв'язками вхідних і вихідних параметрів, у яких крім основних фізичних факторів діє ряд випадкових величин.

У випадку застосування методів теорії планування експерименту до математичної моделі об'єкта під "експериментом" мається на увазі сукупність розрахунків, що дає однозначне рішення для шуканої функції мети \tilde{y} . При цьому відсутні дисперсії як вхідних, так і вихідних величин. Урахування цієї обставини складає основну особливість застосування методів планування експерименту до математичної моделі об'єкта. Відпадає необхідність дублювання розрахунків у крапках факторного простору і рандомізації їх у часі. Але відсутність дисперсії функції мети не дозволяє отримати опис шуканої функції поліномом з обмеженим числом членів. Тому необхідно задати точність бажаної інтерполяції і формально зв'язати припустиму помилку розрахунку з деякою оцінкою дисперсії функції мети. У цьому випадку всі передумови регресійного аналізу дотримуються.

Приймаючи за оцінку дисперсії нормально розподіленої випадкової величини деяке припустиме стандартне відхилення шуканої функції цілі, виходить інтерполяційний поліном, який гарантує, що помилка при обчисленнях не перевищить деякої величини з запасом. Таким чином, ця обставина не є перешкодою для використання математичного апарату планування експерименту для дослідження моделі об'єкта.

Успішне одержання нової математичної моделі адекватної вихідної моделі без надмірної витрати часу і ресурсів залежить у значному ступені від вибору плану розрахунків. Необхідно вибрати лише ті плани, що забезпечують зручність розрахунку коефіцієнтів поліномів. Найбільш зручними є плани першого порядку повного факторного експерименту (ПФЕ) і дробового факторного експерименту (ДФЕ). Ці

плани ортогональні, тому оцінки коефіцієнтів поліномів виходять незалежними і розрахунок їх простий. Варіювання незалежних перемінних проводиться на двох рівнях, число дослідів $N \leq 2^n$, де n - число незалежних перемінних. За допомогою таких планів можна одержати модель, що складається з неповних квадратних поліномів, що містять члени виду: $b_i x_i$, $b_{ij} x_i x_j$, $b_{ijk} x_i x_j x_k$ і так далі.

Для перевірки значимості коефіцієнтів і адекватності моделі штучним шляхом вводилася дисперсія відтворюваності дослідів [5].

$$S_B^2 \{y\} = \sigma^2,$$

де σ^2 – дисперсія помилки.

Середня квадратична помилка або стандарт

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2}$$

Приймалася помилка $\pm 2\%$, тобто

$$\sigma = 0,02, \quad 3\sigma = 0,06 \quad \sigma^2 = 0,0036$$

$$S_B^2 \{y\} = 0,0036$$

Під дослідом розумілася сукупність розрахунків для об'єкта, що досліджується.

Так як залежність питомої витрати електроенергії від продуктивності нелінійна, для одержання рівняння регресії використовуються плани другого порядку (ОЦКП) Бокса й Уілсона. Межі зміни досліджуваних факторів прийняли з урахуванням технічних характеристик зерноочисних агрегатів і технічних обмежень, обумовлених одержанням зерна високої якості при очищенні.

Наприклад, для агрегату ЗАВ-25: продуктивність (x_1) $Q = 11-25$ т/год., приєднана потужність агрегату (x_2) $P = 20-40$ кВт.

Було отримано рівняння регресії для розрахунку питомої витрати електроенергії в залежності від продуктивності і приєднаної потужності в безрозмірному вигляді

$$\tilde{y} = 1,666 - 0,764x_1 + 0,622x_2 - 0,255x_1x_2 + 0,297x_1^2 \quad (1)$$

В натуральних значеннях факторів

$$W_{\text{пит.}} = 1,762 - 0,218Q + 0,128P - 0,004QP + 0,006Q^2 \quad (2)$$

За одержаною багатофакторною моделлю для ЗАВ-25 (рівняння 2) виконані розрахунки залежності $W_{\text{пит.}} = f(Q, P)$. Наявність екстремуму функції (2) підтверджується графічною залежністю, приведеною на рисунку 2.

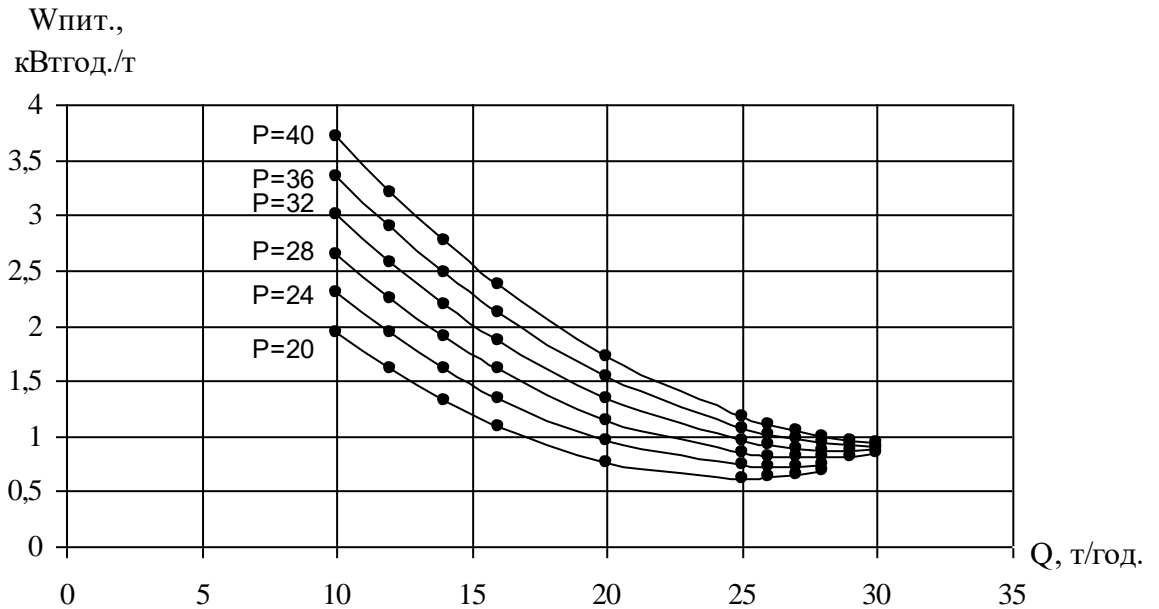


Рис. 2. Залежність $W_{\text{пит.}} = f(Q, P)$ для ЗАВ-25

Математичний опис питомої витрати електроенергії дає можливість отримати мінімальні питомі витрати електроенергії на виконання технологічних процесів очищення зерна.

Висновки.

1. Встановлено, що на мінімальну питому витрату електроенергії при очищенні зерна на зерноочисному агрегаті ЗАВ-25 впливають експлуатаційні фактори: спожита потужність та продуктивність.

2. Одержано рівняння регресії для розрахунку питомої витрати електроенергії, для чого використовувалися дані апріорної інформації при помилці досліду 2%.

3. За допомогою F-критерію Фішера доказано, що одержана математична модель другого порядку достовірно описує залежність питомої витрати електроенергії від продуктивності і потужності з імовірністю не менш 95%.

4. Мінімальне значення питомої витрати електроенергії для ЗАВ-25 буде різним при певній потужності та продуктивності в залежності від набору технологічного обладнання потокової лінії. Наприклад, при $P = 20$ кВт, $Q = 25$ т/год., $W_{\text{пит.}} = 0,55$ кВт·год./т. Це дає можливість обґрунтувати реальну норму питомих витрат електроенергії електроспоживання.

Література:

1. Клепиков В.Б. О роли электропривода в решении проблемы энергоресурсосбережения в Украине / В.Б. Клепиков, В.Ю. Розов // Вісник Національного технічного університету. "Харківський політехнічний інститут". – Харків: НТУ "ХПІ", 2008, №30. – С. 18-21.

2. *Новаковская З.Д.* Методология перестройки модели проектирования электрической машины в модель, приспособленную к решению задач синтеза по стандартным программам на ЦВМ / З.Д. Новаковская, Е.Ф. Кулевская // *Электромеханика: Изв. высш. учеб. завед.* – 1976. - №12. – С. 1395-1399.

3. *Адаменко А.И.* Применение методов планирования эксперимента для построения математической модели серии оптимальных вариантов асинхронных двигателей / А.И. Адаменко, В.И. Кисленко, Г.В. Лукина, Л.Б. Ракицкий // *Проблемы технической электродинамики: Республик. межвед. сборник.* – 1973. – Т.39. – С. 3-14.

4. *Ястребов П.П.* Использование и нормирование электроэнергии в процессах переработки и хранения хлебных культур / Пётр Ястребов. – М.: Колос, 1973. – 331 с.

5. *Налимов В.В.* Статистические методы планирования экстремальных экспериментов / В.В. Налимов, Н.А. Чернова. – М.: Наука, 1965. – 340 с.

REARRANGEMENT OF MATHEMATICAL MODEL MASTER SCHEDULES ON GRAIN POINTS

L. Nikiforova, M. Postnikova

Summary

It is offered for mining the scientifically reasonable norms of a current consumption on line lines of grain points to use a method of rearrangement of mathematical model of master schedules