УДК 621.311

ІМОВІРНА ОЦІНКА НОРМИ ПИТОМИХ ВИТРАТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ПРИ ОЧИЩЕННІ ЗЕРНА НА ЗЕРНОПУНКТАХ

Постнікова М. В.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Запропоновано для оцінки реальності і точності норми витрат електроенергії, що проектується, при очищенні зерна застосувати теорію імовірності.

Постановка проблеми. Проблема нормування витрати електроенергії стосовно до зернопунктів в теперішній час не отримала належного вирішення і потребує подальшого удосконалення в напрямку розробки науково-обґрунтованих питомих норм витрати електроенергії на основі математичного моделювання предмета дослідження і рішення оптимізаційних задач. Первинною елементарною нормою питомої витрати електроенергії, що може бути технічно обґрунтована шляхом експериментів і розрахунків, є технологічна норма на очищення 1 т зерна в потоковій лінії. При цьому мінімум питомої витрати електроенергії може бути прийнятий за норму тільки, якщо технологічні показники будуть задовольняти стандартним показникам якості зерна. В зв'язку з цим необхідність проведення імовірної оцінки норми питомих витрат електроенергії при очищенні зерна на зернопунктах є актуальною проблемою.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питомі норми витрати електроенергії, що пропонуються в технічній літературі і розробках НДІ, відрізняються для одних і тих же зерноочисних агрегатів в 2-3 рази. Крім того, в теперішній час по цьому питанню практично відсутня будь-яка нормативна документація. Раніше розроблені норми (1981…1992 р.р.) питомих витрат електроенергії при очищенні зерна на зернопунктах необхідно удосконалювати та переглядати в міру росту технічного прогресу [2-5]. Нормування витрати електроенергії стає ефективним фактором енергозбереження лише при умові системного підходу при впровадженні норм: затвердження норм на відповідному рівні як офіційного нормативного документа; своєчасне сезонне або річне планування норм для зернопунктів та інших структур АПК; впровадження сучасних електронних приладів обліку витрати електроенергії з класом точності 1,0; впровадження системи економічного стимулювання при виконанні встановлених норм, а також застосування адміністративного впливу аж до матеріальних санкцій за невиконання норм і перевитрату електроенергії.

Мета статті. Метою статті є імовірна оцінка реальності і точності норми, що проектується, при очищенні зерна на зернопунктах із застосуванням теорії імовірності.

Основні матеріали дослідження. Мінімальна питома витрата електроенергії буде залежати від набору машин у потоковій лінії. Наприклад, якщо очищення зерна буде здійснюватися двома потоковими лініями ЗАВ-20 із трієрами, то за норму можна прийняти $W_{пит.}$ = 1,4 кВт·год./т при Q = 15 т/год.

Необхідно дати імовірну оцінку реальності прийнятої за норму величини, користуючись теорією імовірностей. Для обчислення імовірності того, що питома витрата електроенергії, як випадкова величина, прийме яке-небудь значення в інтервалі $y_2 – y_1$ скористаємося загальною формулою [1]

$$P\left(y_1 \le У \le y_2\right) = \int_{y_1}^{y_2} \varphi\left(y\right) dy\,, \tag{1}$$

де $\varphi(y)$ - щільність імовірності.

Так як питома витрата електроенергії розподіляється по нормальному закону, то щільність імовірності [1]

$$\varphi_н\left(y\right) = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(y-a)^2}{2\sigma^2}}\,.$$

Отже,

$$P\left(y_1 \le У \le y_2\right) = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot \int_{y_1}^{y_2} e^{-\frac{(y-a)^2}{2\sigma^2}} dy\,. \tag{2}$$

Зробивши в інтегралі заміну перемінної отримаємо

$$\frac{y_1 - a}{\sigma} = t_1 \;; \qquad \frac{y_2 - a}{\sigma} = t_2\,.$$

Інтеграл не виражається через елементарні функції, але його можна вичислити через спеціальну функцію, що виражає так називаний інтеграл імовірностей, для якого складені таблиці [1]. Вибираємо в якості такої функції

$$\Phi\left(y\right) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \int_0^y e^{-\frac{t^2}{2}} dt\,.$$

Ця функція являє собою функцію розподілу для нормально розподіленої випадкової величини. Таким чином, імовірність попадання на ділянку випадкової величини питомої витрати електроенергії, розподіленої по нормальному закону з будь-якими параметрами, через стандартну функцію розподілу Ф(у), що відповідає найпростішому нормальному закону, виражається залежністю [1]

$$P\left(y_1 \le У \le y_2\right) = \Phi\left(\frac{y_2 - a}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{y_1 - a}{\sigma}\right). \quad (3)$$

Таким способом можна установити імовірну оцінку реальності норми. Для цього необхідно визначити параметри емпіричного і теоретичного розподілу. До визначення параметрів емпіричного і теоретичного розподілу виконуються попередні обчислення (табл. 1).

Таблиця 1 – Попередні обчислення до визначення па-раметрів розподілу (дві лінії ЗАВ-20 з трієрами)

Q	$W_{пит.}$	$W_{пит.(x)}$	$(W_{пит.} - W_{пит.(x)})^2$	$(W_{пит.(x)} - \overline{W}_{пит.(x)})^2$
9	2,548	2,601	0,0028	0,4774
10	2,218	2,27	0,0027	0,1296
11	1,973	2,021	0,0023	0,0123
12	1,782	1,826	0,0019	0,0070
13	1,627	1,673	0,0021	0,0561
14	1,503	1,544	0,0013	0,1339
15	1,399	1,438	0,0015	0,2227
$\sum_{1}^{n}$	13,05	13,373	0,0146	1,039

Визначимо параметри емпіричного розподілу

$$\overline{W}_{пит.} = \frac{\sum_{1}^{n} W_{пит.}}{n};$$

$$\overline{W}_{пит.} = \frac{13,05}{7} = 1,864 \ кВт{\cdot}год./т;$$

$$\sigma_W^2 = \frac{\sum_{1}^{n} W_{пит.}^2}{n} - \overline{W}_{пит.}^2;$$

$$\sigma_W^2 = \frac{25,34}{7} - 1,864^2 = 0,15;$$

$$\sigma_W = \sqrt{\sigma_W^2};$$

$$\sigma_W = \sqrt{0,15} = 0,387.$$

Визначимо параметри теоретичного розподілу

$$\overline{W}_{пит.(x)} = \frac{\sum_{1}^{n} W_{пит.}}{n};$$

$$\overline{W}_{пит.(x)} = \frac{13,373}{7} = 1,91 \ кВт{\cdot}год./т;$$

$$\sigma_{W(x)}^2 = \frac{\sum_{1}^{n} W_{пит.(x)}^2}{n} - \overline{W}_{пит.(x)}^2;$$

$$\sigma_{W(x)}^2 = \frac{26,583}{7} - 1,91^2 = 0,149;$$

$$\sigma_{W(x)} = \sqrt{\sigma_{W(x)}^2};$$

$$\sigma_{W(x)} = \sqrt{0,149} = 0,386.$$

Оцінимо тісноту отриманого зв'язку індексом кореляції

$$R = \sqrt{\frac{\sigma_W^2 - \sigma_{W(x)}^2}{\sigma_W^2}};$$

$$R = \sqrt{\frac{0,15 - 0,002}{0,15}} = 0,99,$$

де

$$\sigma_{W(x)}^2 = \frac{\sum_{1}^{n}\left(W_{пит.} - W_{пит.(x)}\right)^2}{n};$$

$$\sigma_{W(x)}^2 = \frac{0,0146}{7} = 0,002.$$

Як бачимо, індекс кореляції дуже високий. Це підтверджує дуже міцний зв'язок між питомою витратою електроенергії і продуктивністю. Отже, існує велика близькість теоретичної залежності до експериментальної.

Стандарт $\overline{\sigma}_x$, виправлений при малій вибірці

$$\overline{\sigma}_{W(x)} = \sqrt{\frac{\sum_{1}^{n}\left(W_{пит.(x)} - \overline{W}_{пит.(x)}\right)^2}{n-1}};$$

$$\overline{\sigma}_{W(x)} = \sqrt{\frac{1,039}{7-1}} = 0,416.$$

Середня помилка вибірки

$$\varepsilon = \frac{\overline{\sigma}_{W(x)}}{\sqrt{n}};$$

$$\varepsilon = \frac{0,416}{\sqrt{7}} = 0,1572.$$

При коефіцієнті довіри t = 3

$$P = \left[\left(\overline{W}_{пит.(x)} - \tilde{W}_{пит.}\right) \le t \cdot \frac{\overline{\sigma}_{W(x)}}{\sqrt{n}}\right] =$$

$$= P\left[\left(\overline{W}_{пит.(x)} - \tilde{W}_{пит.}\right) \le 3 \cdot 0,1572\right] = 0,997,$$

тобто при коефіцієнті довіри t = 3 гранична помилка вибірки з імовірністю 0,997 не буде перевищувати триразову середню помилку вибірки.

Величина

$$\Delta_{гр.} = t \cdot \frac{\bar{\sigma}_{W(x)}}{\sqrt{n}}$$

складає 6% від норми, що проектується.

Визначимо довірчі інтервали питомої витрати електроенергії (кВт·год./т), виходячи з проектованої норми.

$$W_{пит.2} = W_{пит.\,н} + t \cdot \varepsilon ;$$

$$W_{пит.2} = 1{,}4 + 3 \cdot 0{,}1572 = 1{,}8716 ;$$

$$W_{пит.1} = W_{пит.\,н} - t \cdot \varepsilon ;$$

$$W_{пит.1} = 1{,}4 - 3 \cdot 0{,}1572 = 0{,}92 .$$

Тоді

$$\left[1{,}8716 \geq W_{пит.} \geq 0{,}92\right] = \\ = \Phi\left(\frac{1{,}8716 - 1{,}4}{0{,}416}\right) - \Phi\left(\frac{0{,}92 - 1{,}4}{0{,}416}\right) = 0{,}75$$

Звідси видно, що імовірність попадання фактичної питомої витрати електроенергії в зазначений інтервал складає 75%, тобто в 25 випадках зі ста питома витрата електроенергії буде відрізнятися від значень інтервалу, у межах якого знаходиться проектована норма.

Визначимо імовірність того, що питома витрата електроенергії не перевищить 1,8716 кВт·год./т.

$$P\left(W_{пит.} \leq 1{,}8716\right) = P\left(-\infty \leq W_{пит.} \leq 1{,}8716\right) = \\ = \Phi\left(\frac{1{,}8716 - 1{,}4}{0{,}416}\right) - \Phi\left(\frac{-\infty - 1{,}4}{0{,}416}\right) = 0{,}87$$

Визначимо імовірність того, що питома витрата електроенергії буде більше 0,92 кВт·год./т

$$P\left(0{,}92 \leq W_{пит.}\right) = P\left(0{,}92 \leq W_{пит.} \leq +\infty\right) = \\ = \Phi\left(\frac{\infty - 1{,}4}{0{,}416}\right) - \Phi\left(\frac{0{,}92 - 1{,}4}{0{,}416}\right) = 0{,}87 .$$

По приведеним даним вибіркового спостереження визначимо границі, у яких з деякою гарантованою імовірністю буде знаходитися середня питома витрата електроенергії в генеральній сукупності. Для цього використовуємо критерій Стьюдента [1]. При n′ =7 - 1 = 6 і заданої гарантованою імовірністю в 87% знаходимо α = 2,0. Тоді гранична помилка вибірки (кВт·год./т)

$$\Delta_{гр.} = \frac{\alpha \cdot \bar{\sigma}_{W(x)}}{\sqrt{n}} ;$$

$$\Delta_{гр.} = \frac{1{,}8 \cdot 0{,}416}{\sqrt{7}} = 0{,}283 .$$

Таким чином, з імовірністю 0,87 можна затверджувати, що генеральна середня питомої витрати електроенергії (кВт·год./т) буде укладена в межах

$$1{,}4 \pm 0{,}23 = 1{,}683 \div 1{,}115 ,$$

що підтверджує реальність прийнятої норми.

Висновки. Реально здійсненна норма питомої витрати електроенергії потокових ліній зерноочисних агрегатів з довірчою імовірністю 0,87 дозволяє отримати науково-обґрунтовані норми витрати електроенергії.

Список використаних джерел

1. Смирнов Н. В. Курс теории вероятностей и математической статистики для технологических приложений / Н. В. Смирнов, И. В. Дунин-Барковский. – М.: Наука, 1965. – 511 с.
2. Методические рекомендации по расчёту норм расхода электрической энергии в сельскохозяйственном производстве. – М.: ВИЭСХ, 1983. – 50с.
3. Карпова А. П. Исследование влияния технических и технологических факторов на электропотребление при подработке зерна на юге УССР: автореф. дис… канд. техн. наук / А. П. Карпова. – К., 1981. – 21 с.
4. Нормы потребления электроэнергии в сельскохозяйственном производстве / Н. А. Корчемный, В. П. Машевский, В. М. Головко, В. Е. Богачёва. – Глеваха: 1985. – 52 с.
5. 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.

Аннотация

ВЕРОЯТНОСТНАЯ ОЦЕНКА НОРМЫ УДЕЛЬНОГО РАСХОДА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПРИ ОЧИСТКЕ ЗЕРНА НА ЗЕРНОПУНКТАХ

Постникова М. В.

Предложено для оценки реальности и точности проектируемой нормы расхода электроэнергии при очистке зерна использовать теорию вероятности.

Abstract

PROBABILISTIC ESTIMATION OF THE NORM SPECIFIC CONSUMPTION OF THE ELECTRIC POWER AT CLEARING OF A GRAIN ON THE GRAIN STATIONS

M. Postnikova

It is offered for an estimation of a reality and accuracy of the designed norm(standard) of the consumption of the electric power at clearing of a grain, to use a law of probability.