

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО ВАРІАНТУ ЗАМІНИ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ

М.В. Потапенко, кандидат технічних наук, старший викладач

В. Ю. Рамиш, кандидат технічних наук, доцент

В.Л. Шаршонь, асистент

ВП НУБіП України "Бережанський агротехнічний інститут"

E-mail: m.potapenko@i.ua

Анотація. *Технічний стан електрообладнання детально характеризується через показники надійності, які в свою чергу визначаються стратегією його обслуговування і ремонтів. Тому постійно підвищуються вимоги до надійності засобів електрифікації і економічності їх використання. Розв'язання цієї проблеми пов'язано з підвищенням ефективності експлуатації електрообладнання та оптимізацією термінів його роботи.*

Оптимізація термінів служби електрообладнання, яке використовується в сільському господарстві, навіть за спрощеними моделями має специфічні труднощі, а тому для розв'язання таких задач доцільно застосовувати методи прийняття рішень в умовах невизначеності.

У статті розглядається методика визначення оптимального варіанту і терміну заміни електрообладнання в умовах невизначеності, що дозволить підвищити ефективність експлуатації електрообладнання. Визначення оптимальних термінів роботи електротехнічних засобів є складною техніко – економічною задачею. Необхідно враховувати досягнутий рівень і напрямки розвитку технічних засобів, запаси і темпи використання ресурсів, закономірності експлуатації техніки та стан і перспективи розвитку економіки.

В основу оцінки якості покладено метод зонування, який при невеликому числі можливих рішень, дозволяє визначити, що кожний варіант заміни буде оптимальним для деякої зони вихідних даних. У задачах визначення оптимального терміну служби економічним критерієм ефективності є сумарні витрати на одиницю напрацювання електрообладнання за увесь період експлуатації. Одержано залежності для визначення складових цих витрат в частках від балансової вартості нового електрообладнання.

Аналітичне розв'язання задачі пов'язаної з вибором варіанта заміни електрообладнання полягає у визначеності границь зон вихідних даних, в яких розглядувані варіанти оптимальні. Здійснено вибір визначення рівня заміни і оптимального терміну експлуатації електрообладнання. На основі запропонованої

методики можна планувати заходи щодо організації технічного сервісу з мінімальними затратами часу.

Ключові слова: *варіант заміни, електродвигун, термін служби, питомі витрати, оптимізація*

Актуальність. Масштаби застосування електрообладнання в сільському господарстві України постійно розширюються. Зростають кількість, номенклатура, складність і відповідальність функцій, які воно виконує. Тому підвищуються вимоги до надійності засобів електрифікації і економічності їх використання. Розв'язання цієї проблеми пов'язано з підвищенням ефективності експлуатації електрообладнання та оптимізацією термінів його роботи.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Визначення оптимальних термінів роботи електротехнічних засобів є складною техніко – економічною задачею. Необхідно враховувати досягнутий рівень і напрямки розвитку технічних засобів, запаси і темпи використання ресурсів, закономірності експлуатації техніки та стан і перспективи розвитку економіки.

Складність врахування наведених факторів спонукає до застосування наближеного розрахунку, орієнтованого на визначення середнього, економічно найбільш доцільного, терміну експлуатації електротехнічного обладнання [2].

Оптимізація термінів служби електрообладнання, яке використовується в сільському господарстві, навіть за спрощеними моделями має специфічні труднощі, це, насамперед, врахування невизначених факторів: зміна в часі властивостей електрообладнання, затрати на експлуатацію, збитки викликані відмовами.

Тому для розв'язання задач оптимізації термінів заміни електрообладнання, доцільно застосовувати методи прийняття рішень в умовах невизначеності [4].

Мета дослідження - розробка методики визначення оптимального варіанту і терміну заміни електрообладнання в умовах невизначеності експлуатації.

Матеріали і методи дослідження. Припустимо, що нове електрообладнання, яке введено в експлуатацію, через період t_0 вийде з ладу. Щоб відновити його працездатність, обслуговуючий персонал повинен прийняти одне із двох рішень:

списати і замінити його новим або виконати капітальний ремонт та продовжити експлуатацію. Після повторного виходу з ладу цього обладнання знову можливі два рішення: списання або капітальний ремонт, і так далі.

На практиці одне й те саме обладнання капітально ремонтується не більше трьох разів. Тому завдання заміни електрообладнання має чотири варіанти рішення:

- 0 – заміна новим після кожного виходу з ладу;
- 1 – заміна новим після першого капітального ремонту;
- 2 – заміна новим після другого капітального ремонту;
- 3 – заміна після третього капітального ремонту.

Представивши всю сукупність вихідних даних, включаючи невизначені фактори, як m станів системи, а варіанти заміни – як n варіантів рішень, отримуємо типову задачу вибору стратегій в умовах невизначеності.

Для її розв'язання необхідно ввести критерій ефективності і вирахувати його значення для кожної парної ситуації: стан – вирішення. Всі ці значення в сукупності утворюють матрицю, яка дозволяє вибрати оптимальне рішення за принципом Лапласа, Вальда, Байеса, Севіджа [1].

Але вказані принципи мають суттєвий недолік, тому що оптимальне рішення формується безвідносно до дійсного стану системи.

Якість вибору можна покращити методом зонування, який при невеликому числі можливих рішень, дозволяє визначити, що кожний варіант заміни буде оптимальним для деякої зони вихідних даних [3].

Суть методу полягає в розбитті великої кількості вихідних даних на зони в яких один із варіантів кращий за інші. З цією метою для кожного варіанту рішень складається рівняння критерію ефективності b_i і послідовно знаходять шукані зони, досліджуючи їх парні границі: $b_i = b_{i+1}$, $b_{i+1} = b_{i+2}$ і так далі. При цьому можна визначити найкращий варіант заміни і оптимальний термін служби електрообладнання.

Результати досліджень та їх обговорення. У задачах визначення оптимального терміну служби економічним критерієм ефективності є сумарні

витрати на одиницю напрацювання електрообладнання за увесь період експлуатації.

Для нульового b_0 і наступних варіантів b_i заміни можна записати:

$$b_0 = \frac{E_e \cdot K \cdot t_0 + E_e K(t_n - t_0) + E(t) \cdot t_0 - E_p \cdot K \cdot t_0 + 3}{t_0}, \quad (1)$$

$$b_i = \frac{E_e \cdot K \cdot t_{ci} + E_e K(t_n - t_{ci}) + E(t) \cdot t_{ci} + n_i \cdot K_p + (n_i + 1)3}{t_{ci}}, \quad (2)$$

де E_e, E_p - річні норми відрахувань на повне відновлення і капітальний ремонт; K - балансова вартість обладнання; K_p - вартість капітального ремонту; $t_n = \frac{1}{E_e}$ - нормативний термін служби; $E(t)$ - змінні експлуатаційні витрати; 3 - вартість технологічних збитків при відмові; $t_0 = t_{c0}$ - термін служби при нульовому варіанті; t_{ci} - термін служби в i - му варіанті заміни; n_i - число капітальних ремонтів в i - му варіанті.

У рівняннях (1), (2) другі складові в чисельнику враховують збитки від недоамортизації основних фондів при $t_{ci} < t_n$.

Виразимо всі складові витрат в частках від балансової вартості нового електрообладнання:

$$b'_0 = \frac{b_0}{K}, \quad b'_i = \frac{b_i}{K}, \quad e = \frac{E}{K}, \quad r = \frac{K_p}{K}, \quad y = \frac{3}{K_p}.$$

Після підстановки цих величин в (1), (2) одержимо:

$$b'_0 = \frac{1 + e(t) \cdot t_0 + ry - E_p \cdot t_0}{t_0}, \quad (3)$$

$$b'_i = \frac{1 + e(t) \cdot t_{0i} + r[n_i(n_i + 1)y]}{t_{ci}}. \quad (4)$$

Ці залежності дозволяють визначити ті сукупності вихідних даних, при яких кожний із варіантів буде оптимальним.

Для ілюстрації методу зонування звернемось до вибору оптимальних варіантів заміни асинхронних електродвигунів, якщо відомо: $E_p = 0,03$, $r = 0,5 \dots 1,2$, $y = 0 \dots 5$ [3].

Експлуатаційні витрати приймемо постійними, тоді вони будуть однаковими для всіх варіантів, тому можемо їх не розглядати.

Термін служби в нульовому варіанті рівний одному періоду безвідмовної роботи, в першому – двом, у другому – трьом і так далі. При цьому другий і наступні періоди менші від першого.

У технічних умовах на капітальний ремонт асинхронних електродвигунів вказано, що показники їх надійності після ремонту повинні складати не менше 80 % від значень показників нових електродвигунів. Тому можна записати: $t_{c0} = t_0$, $t_{c1} = at_0$, $t_{c2} = a^2t_0$, де $a = 0,8$.

Тоді термін служби електрообладнання в порівнюваних варіантах визначимо:

$$t_{ci} = t_0 \sum_{i=0}^{n+1} a^n, \quad n = 0, 1, 2, 3 \quad (5)$$

За рівняннями (3), (4), (5), для наведених вище даних, побудуємо криві (рис.1) $b'_i = f(t_{ci})$.

Вибір оптимального варіанту заміни електродвигунів покажемо на рисунку.

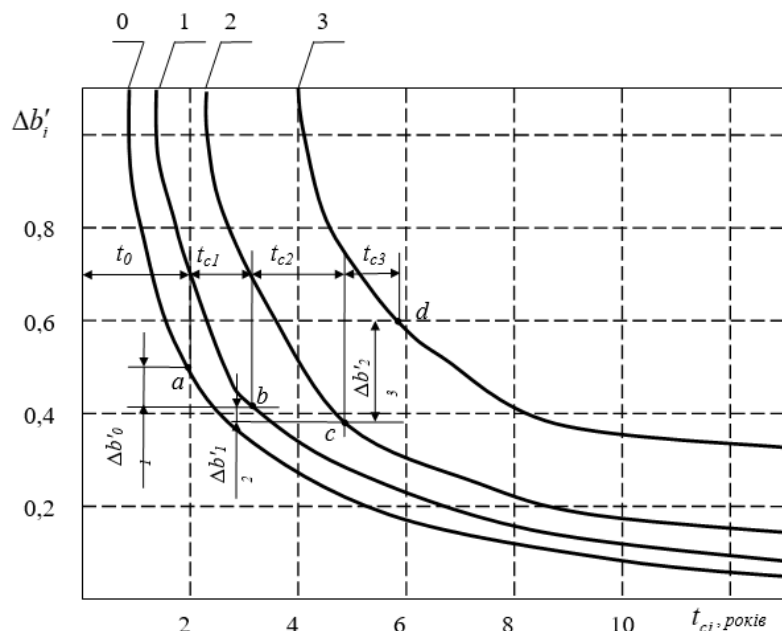


Рис. Обґрунтування оптимального варіанту заміни електродвигунів:

0, 1, 2, 3 – варіанти заміни

Нехай тривалість безвідмовної роботи двигуна $t_0 = 2$ роки, тоді при нульовому варіанті $b'_0 = 0,5$. Перехід до першого варіанту із точки a в точку b зменшує питомі витрати на b_{01} , а до другого ще на Δb_{12} . Але наступний за порядком варіант приводить до збільшення питомих витрат на Δb_{23} , тому що приріст сумарних витрат буде більшим приросту терміну служби електродвигуна. Тому для розглянутої конкретної ситуації оптимальним буде другий варіант – заміна двигуна після двох капітальних ремонтів. При цьому оптимальний термін служби буде дорівнювати 5 років.

Аналітичне розв'язання задачі пов'язаної з вибором варіанта заміни електрообладнання полягає у визначеності границь зон вихідних даних в яких розглядувані варіанти оптимальні. Так, дослідивши рівність $b'_0 = b'_1$ визначаємо рівняння парної границі між нульовим і першим варіантом:

$$t_0 = \frac{a - r(1 + y - ay)}{E_p(1 + a)}. \quad (6)$$

Щоб вибрати варіант заміни, необхідно порівняти дійсний термін служби t_d до першого капітального ремонту з розрахунковим t_0 . Якщо $t_d > t_0$, то оптимальним буде нульовий варіант, а при $t_d < t_0$ - перший. Оптимальний термін служби визначають з рівняння (5).

Висновки і перспективи. Запропоновано методику визначення оптимального варіанту і терміну заміни електрообладнання. Маючи техніко – економічні показники з експлуатації електрообладнання на конкретному підприємстві та застосувавши ПЕОМ для їх опрацювання, можна планувати заходи по організації технічного сервісу з мінімальними затратами часу.

Список літератури

1. Байхельт Ф. Надежность и техническое обслуживание. Математический подход / Ф. Байхельт, П. Франкен – М.: Радио и связь, 1988 – 391 с.
2. Головач А. В. Критерии математической статистики в экономических исследованиях / А. В. Головач – М.: Статистика, 1973 – 136 с.

3. Рипс Я. А. Оптимизация надежности систем электропривода по экономическому критерию / Я. А. Рипс, Б. А. Савельев – М.: Информэлектро, 1970 – 243 с.
4. Саркисян С. А. Теория прогнозирования и принятия решений / С. А. Саркисян – М.: Высшая школа, 1977 – 346 с.

References

1. Baykhel't, F., Franken, P. (1988). Nadezhnost' i tekhnicheskoye obsluzhivaniye. Metematicallyy podkhod [Reliability and technical maintenance. Metematically approach]. Moskow: Radio i svyaz', 391.
2. Golovach, A.V. (1973). Kriterii matematicheskoy statistiki v ekonomicheskikh issledovaniyakh [Criteria of mathematical statistics in economic researches]. Moskow: Statistika, 136.
3. Rips, YA. A., Savel'yev, B. A. (1970). Optimizatsiya nadezhnosti sistem elektroprivoda po ekonomicheskomu kriteriyu [Optimization of reliability of systems of the electric drive by economic criterion]. Moskow: Inform·elektro, 243.
4. Sarkisyan, S. A. (1977). Teoriya prognozirovaniya i prinyatiya resheniy [Theory of forecasting and decision-making]. Moskow: Vysshaya shkola, 346.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО ВАРИАНТА ЗАМЕНЫ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Н. В. Потапенко, В. Ю. Рамиш, В. Л. Шаршонь

Аннотация. *Техническое состояние электрооборудования подробно характеризуется через показатели надежности, которые в свою очередь определяются стратегией его обслуживания и ремонтов. Поэтому постоянно повышаются требования к надежности средств электрификации и экономичности их использования. Решение этой проблемы связано с повышением эффективности эксплуатации электрооборудования и оптимизацией сроков его работы.*

Оптимизация сроков службы электрооборудования, используемого в сельском хозяйстве, даже по упрощенным моделям имеет специфические трудности, а поэтому для решения таких задач целесообразно применять методы принятия решений в условиях неопределенности.

В статье рассматривается методика определения оптимального варианта и срока замены электрооборудования в условиях неопределенности, что позволит повысить эффективность эксплуатации электрооборудования. Определение оптимальных сроков работы электротехнических средств является сложной технико - экономической задачей. Необходимо учитывать достигнутый уровень и направления развития технических средств, запасы и темпы использования ресурсов, закономерности эксплуатации техники, состояние и перспективы развития экономики.

В основу оценки качества положен метод зонирования, который при небольшом числе возможных решений, позволяет определить, что каждый вариант замены будет оптимальным для некоторой зоны исходных данных. В

задачах определения оптимального срока службы экономическим критерием эффективности является суммарные затраты на единицу наработки электрооборудования за период его эксплуатации. Получены зависимости для определения составляющих этих затрат в долях от балансовой стоимости нового электрооборудования.

Аналитическое решение задачи связанной с выбором варианта замены электрооборудования заключается в определенности границ зон выходных данных в которых рассматриваемые варианты оптимальны. Осуществлен выбор определения уровня замены и оптимального срока эксплуатации электрооборудования. На основе предложенной методики можно планировать мероприятия по организации технического сервиса с минимальными затратами времени.

Ключевые слова: вариант замены, электродвигатель, срок службы, удельные расходы, оптимизация

TECHNIQUE OF DEFINITION OF THE OPTIMAL VARIANT OF REPLACEMENT OF ELECTRIC EQUIPMENT

M. Potapenko, V. Ramsh, V. Sharshon

Abstract. *The technical condition of electrical equipment is described in detail through reliability indicators, which, in turn, are determined by the strategy of its maintenance and repairs. Therefore, the requirements for the reliability of electrification means and their efficiency are constantly increasing. The solution to this problem is connected with an increase in the efficiency of electrical equipment operation and the optimization of the terms of its operation.*

Optimization of the service life of electrical equipment used in agriculture, even according to simplified models, has specific difficulties, and therefore it is advisable to apply decision-making methods in conditions of uncertainty to solve such problems.

The article discusses the method of determining the optimal option and the replacement time of electrical equipment in conditions of uncertainty, which will improve the efficiency of electrical equipment operation. Determining the optimal operating time for electrical equipment is a difficult technical and economic task. It is necessary to take into account the achieved level and directions of development of technical means, reserves and rates of use of resources, patterns of operation of equipment, the state and prospects of economic development.

The quality assessment is based on the zoning method, which, with a small number of possible solutions, makes it possible to determine that each replacement option will be optimal for some input data zone. In the tasks of determining the optimal service life, the economic criterion of efficiency is the total cost per unit of electrical equipment operating time over the period of its operation. The dependences are obtained to determine the components of these costs in shares from the book value of the new electrical equipment.

The analytical solution of a problem of the replacement of electric equipment connected with the choice of option consists in definiteness of borders of zones of the output data in which the considered options are optimum. The choice of determination of

level of replacement and optimum service life of electric equipment is carried out. On the basis of the offered technique it is possible to plan actions for the organization of technical service with the minimum expenses of time.

Key words: *replacement option, electric motor, service life, specific expenses, optimization*