

of regulation of stabilized parameter and the nominal starting and maximum torques under the action of stochastic loads is developed.

Keywords: *induction electric drive, voltage converter, stochastic load*

УДК 621.314

ОЦІНКА ВПЛИВУ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТЕХНІКИ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЇЇ ЗАСТОСУВАННЯ

О. І. ЩЕПОТЬЄВ¹, кандидат технічних наук, професор

І. Б. КУЗНЕЦОВ², кандидат технічних наук, доцент

А. В. ЖИЛЬЦОВ¹, доктор технічних наук, доцент

В. В. ВАСЮК¹, асистент

¹Національний університет біоресурсів
і природокористування України

²Національний університет оборони України імені Івана
Черняховського

e-mail: nni.elektrik@gmail.com

Анотація. Розглянуто питання оцінки впливу експлуатаційних властивостей техніки на ефективність її застосування.

Ключові слова: *надійність, допусковий контроль, інструментальна достовірність, об'єкт контролю*

Експлуатаційні властивості – властивості, які характеризують процеси зміни параметрів об'єктів техніки за їх експлуатації, а також роботи, які необхідно проводити на об'єктах за їх технічної експлуатації і застосування та пристосованість об'єктів до виконання цих робіт. До експлуатаційних властивостей техніки прийнято відносити: готовність до застосування, надійність, експлуатаційна технологічність, контролепридатність, стандартизованість і уніфікованість, автономність, транспортабельність і пристосовуваність до базування, ергономічність.

Мета досліджень – розробка методики оцінки впливу експлуатаційних властивостей техніки на ефективність її застосування.

Матеріали та методика досліджень. Показником готовності об'єкта до застосування є ймовірність його готовності до застосування в заданий момент часу:

$$P_{\Gamma} = P_{\text{рем}} \cdot P_{\text{пр}} \cdot P_{\text{рес}} \cdot P_{\text{підг}}, \quad (1)$$

де $P_{\text{рем}}$ – ймовірність того, що на об'єкті до заданого моменту часу виконано усі ремонтні роботи;

$P_{пр}$ – ймовірність того, що на об'єкті до заданого моменту часу виконано усі профілактичні роботи і усунуті усі виявлені несправності;

$P_{рес}$ – ймовірність наявності у об'єкта ресурсу, не менше заданого;

$P_{підг}$ – ймовірність того, що до заданого моменту часу об'єкт буде підготовлений до застосування.

Ймовірність наявності на об'єкті потрібного залишку ресурсу $t_{зад}$ визначається за формулою:

$$P_{рес}(t_{зад}) = \int_0^{t_{зад}} f(t_{напр}) dt_{напр}, \quad (2)$$

де $f(t_{напр})$ – щільність розподілу напрацювання об'єкта;

$t_{зад} = \Theta \cdot t_R$, t_R – встановлений (призначений) ресурс об'єкта;

Θ – припустимий запас (залишок) ресурсу об'єкта.

Ймовірність своєчасної підготовки об'єкта до застосування визначається за формулою:

$$P_{підг} = P_0(t_{п}) \cdot P_{св}(t_{п}) + [1 - P_0(t_{п})] P_v(t_{п}) \cdot P_{св}(t_{п}), \quad (3)$$

де $P_0(t_{п})$, $P_{св}(t_{п})$, $P_v(t_{п})$ – відповідно ймовірності безвідмовної роботи, своєчасної підготовки і відновлювання об'єкта за час підготовки $t_{п}$.

Ймовірності $P_{св}(t_{п})$ і $P_v(t_{п})$ визначаються на базі відомих вихідних даних про середній час критичного шляху виконання робіт за підготовки об'єкта до виконання завдання $t_{кр}$ або відновленого після несправностей на об'єкті і величини середньо квадратичного відхилення часу критичного шляху $\sigma_{кр}$:

$$P_{св}(t_{зад}) = \Phi \left[\frac{t_{заст} - t_{кр}}{\sigma_{кр}} \right], \quad (4)$$

де $t_{зад}$ – заданий час виконання підготовки (відновлення об'єкта);

$\Phi(t)$ – функція нормального розподілу часу.

Показниками надійності об'єктів є показники їх безвідмовності (ймовірність безвідмовної роботи, інтенсивність відмов, середній час безвідмовної роботи), довговічності (середній ресурс, гамма-відсотковий ресурс, середній термін служби, гамма-відсотковий служби), ремонтпридатності (ймовірність відновлення за даний час, інтенсивність відновлення, середній час відновлення) і збережуваності (середній термін збережуваності, гамма-відсотковий термін збережуваності).

Показниками експлуатаційної технологічності є питома трудомісткість технічного обслуговування, питома вартість технічного обслуговування, ймовірність відновлення працездатного стану об'єкта за заданий час, середній час відновлення.

Питома трудомісткість технічного обслуговування:

$$K_T = \frac{T_1 + T_2(n-1) + T_3}{n \cdot \tau}, \quad (5)$$

де T_1 – трудомісткість попередньої підготовки об'єкта;

T_2 – трудомісткість підготовки об'єкта між сусідніми застосуваннями об'єкта;

n – кількість застосувань об'єкта;

T_3 – трудомісткість заключної підготовки об'єкта;

τ – тривалість одиничного застосування об'єкта.

Питома вартість технічного обслуговування:

$$K_C = C_{ТО} \cdot K_T = \frac{C_T}{n \cdot \tau}, \quad (6)$$

де $C_{ТО}$ – середня вартість однієї людино-години технічного обслуговування.

Контролепридатність – властивість об'єкта, яка характеризує пристосовуваність його до проведення експлуатаційного контролю заданими засобами.

Показниками контролепридатності є: методична достовірність контролю, повнота контролю, глибина контролю, середній час контролю, трудомісткість контролю, ступінь автоматизації контролю.

До допоміжних показників експлуатаційної технологічності і контролепридатності відносяться коефіцієнт зручності підходів, коефіцієнт розкриваємості, коефіцієнт сумісності робіт, коефіцієнт пристосовуваності до автоматизованого контролю.

Коефіцієнт зручності підходів – віднесення трудовитрат (або часу), потрібних на виконання основних робіт, до суми основних і допоміжних робіт. Його величина складає не менш 0,75-0,90.

Коефіцієнт розкриваємості – відношення сумарної площі експлуатаційних і технологічних кришок люків і панелей об'єкта, що розкриваються, до загальної площі об'єкта, на якій вони розташовані.

Коефіцієнт сумісності робіт – відношення часу виконання робіт за умови їх сполучення за часом до фактичного часу виконання комплексу робіт. Величина коефіцієнта складає 0,5-0,75.

Коефіцієнт пристосовуваності до автоматизованого контролю – відношення часу контролю об'єкта за використання автоматизованих засобів до часу контролю без використання автоматизованих засобів.

Показниками контролепридатності є методична достовірність контролю, повнота контролю, глибина контролю, середній час контролю, трудомісткість контролю, ступінь автоматизації контролю.

Стандартизованість – властивість об'єкта, яка характеризує ступінь застосування в його конструкції стандартизованих систем, агрегатів і вузлів. Показником її є відношення кількості стандартизованих виробів до загальної кількості виробів.

Уніфікованість – сукупність властивостей які характеризують ступінь відповідності виробів об'єкта виробам однакового функціонального призначення, застосованим на однакових об'єктах. Показником його є коефіцієнт уніфікації – відношення кількості уніфікованих виробів однакового призначення до кількості виробів однакового призначення.

Автономність – властивість об'єкта, яка характеризує його пристосовуваність до виконання визначених задач без застосування додаткових технічних засобів за застосування об'єкта. Показниками автономності об'єкта є кількість і технічні характеристики засобів, які використовуються від час його застосування та тривалість його автономного застосування.

Транспортабельність – властивість об'єкта, яка характеризує його пристосованість до перевезення різними видами транспорту. Показниками її є кількість і характеристики потрібних для перевезення транспортних засобів, потрібні умови транспортування, трудовитрати і тривалість робіт у разі підготовки до транспортування і приведення в готовність до застосування після транспортування.

Пристосування до базування – властивість об'єкта, яка характеризує можливість його застосування в різних умовах базування. Показниками його є навантаження на покриття, проходимість ґрунту, потрібні розміри і міцність ґрунту базування.

Ергономічність – сукупність властивостей, які характеризують ступінь погодження об'єкта з психологічними властивостями обслуговуючого персоналу. Показниками її є ступінь погодження параметрів системи управління об'єктом, а також експлуатаційної документації з можливостями обслуговуючого персоналу.

Вплив окремих показників експлуатаційних властивостей техніки на ефективність її застосування визначається ймовірністю успішного виконання завдання:

$$P_3 = P_r \cdot P_6, \quad (7)$$

де $P_6 = e^{-\omega t_3} = 1 - \omega \cdot t_3$ – ймовірність безвідмовної роботи техніки за час виконання завдання t_3 ;

ω – параметр потоку відмов техніки.

Приведені залежності відображають вплив експлуатаційних чинників на експлуатаційні властивості техніки, а також залежність ефективності застосування техніки від окремих показників експлуатаційних властивостей.

На практиці часто ефективність техніки оцінюють не за одним а за декількома показниками. Комплексна оцінка ефективності потребує штучного об'єднання декількох показників в один узагальнений показник (критерій). Наприклад, конкретною є задача "досягнення максимального ефекту за заданих витрат або за мінімальних витратах". При цьому рішення питання оцінки практичної оптимальності об'єктів зводиться до визначення коефіцієнтів важливості (вагових коефіцієнтів) часткових показників ефективності. Практична оптимальність систем може визначатися на базі головного показника якості системи, який обирається, виходячи з їх приз-

начення. Наприклад, для визначеного класу систем головним показником ефективності є:

$$E = \frac{P}{C}, \quad (8)$$

де P – нанесений (або запобіжний) збиток в результаті застосування систем;

C – витрати, які пов'язані з нанесенням або запобіганням збитку.

У такому випадку в якості об'єднаного показника можна прийняти дріб, у чисельнику якого ставлять показники W_1, \dots, W_m , які слід зменшувати, а у знаменнику – W_{m+1}, \dots, W_k , які слід зменшувати,

$$U = \frac{W_1, \dots, W_m}{W_{m+1}, \dots, W_k}.$$

Об'єднаний показник можна також представити у вигляді «виваженої суми» окремих показників ефективності W_i :

$$U = \alpha_1 W_1 + \alpha_2 W_2 + \dots + \alpha_i W_i + \dots + \alpha_k W_k$$

де $\alpha_1, \alpha_2, + \dots, +, \alpha_i, + \dots, + \alpha_k$ – вагові коефіцієнти, які відповідають ступеню важливості окремих показників.

При цьому необхідно мати на увазі, що

$$\sum_{i=1}^k \alpha_i = 1.$$

У випадку, коли показники ефективності W_i мають різні розмірності, необхідно застосовувати їх відносні значення:

$$\bar{W}_i = \frac{W_i}{W_{i \max}},$$

де $W_{i \max}$, - максимальне значення і-го показника.

Наприклад. З трьох автомобілів, для яких відомі швидкості v_i , час безперервного руху t_i і показники надійності (ймовірності безвідмовної роботи) p_i згідно таблиці обрати кращий.

Вихідні дані

$N \backslash W_i$	v_i	t_i	P_i	E_i
1	100	12	0,92	2,59
2	150	8,0	0,95	2,62
3	140	7,2	0,99	2,50

Відомі значення $Y_{\max} = 150$ км/год і $t_{\max} = 12$ год.

Рішення. Розраховуємо значення:

$$\bar{W}_l i E_i = \sum_{i=1}^3 \bar{W}_l.$$

Отже, кращим за сукупністю показників є другий об'єкт, якщо визначити показники рівноважними. Якщо важливість окремих показників визначити коефіцієнтами $\alpha_1=0,35$, $\alpha_2=0,25$, $\alpha_3=0,4$ відповідно, отримуємо наступне значення комплексного показника: $E_1=0,87$, $E_2=0,86$, $E_3=0,9$. У такому разі кращім слід признати третій об'єкт.

Іноді задачу з декількома показниками можна звести до задачі з одним головним показником W_1 і спрямувати його до максимуму, а на інші допоміжні показники накласти деякі обмеження виду:

$$W_2 \geq \omega_2; W_m \geq \omega_m; W_{m+1} \leq \omega_{m+1}; \dots W_k \leq \omega_k.$$

У такому випадку усі показники ефективності, крім одного, головного, переводяться у розряд заданих умов задачі. Отримані рекомендації, очевидно, будуть залежними від того, як вибрані обмеження для допоміжних показників. Для цього необхідно проваріювати обмеження у розумних діапазонах.

За побудови компромісного рішення застосовують також «метод послідовних уступок».

Висновки

Таким чином, оцінка впливу експлуатаційних властивостей об'єктів техніки на ефективність її застосування відноситься до методів рішення багатокритеріальних задач оптимізації. Вибір головного показника ефективності при цьому визначається, виходячи з призначення об'єкта техніки. Концептуальна складова рішення визначається також особливостями призначення об'єкта.

Список літератури

1. Вентцель Е.С. Исследование операций / Е. С. Вентцель. – М.: Наука, 1972. – 560 с.
2. Мушик Э. Методы принятия технических решений / Э. Мушик, П. Мюллер. – М.: Мир, 1990. – 206 с.
3. Саркисян С. А Теория прогнозирования и принятия решений / С. А. Саркисян. – М.: Наука, 1977. – 352 с.

References

1. Venttsel', E. S. (1972). Ysledovanye operatsyy [Operations research]. Nauka, 560.
2. Mushyk, E., Myuller, P. (1990). Metody prynyatnyya tekhnicheskyykh reshenyy [Methods adoption of technical decisions] Myr, 206.

3. Sarkysyan S. A. (1977). Teoryya prohnozyrovanyya y prynyatyya reshenyy [The theory of forecasting and decision-making]. Nauka, 352.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ТЕХНИКИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЕЕ ПРИМЕНЕНИЯ

**А. И. Щепотьев,
И. Б. Кузнецов,
А. В. Жильцов,
В. В. Васюк**

Аннотация. *Рассмотрены вопросы оценки влияния эксплуатационных свойств техники на эффективность ее применения.*

Ключевые слова: *надежность, допусковый контроль, инструментальная достоверность, объект контроля*

EVALUATION OF THE INFLUENCE EXPLOITATION PROPERTIES OF APPLIANCES ON THE EFFICIENCY OF ITS APPLICATION

**A. Shchepotev,
I. Kuznetsov,
A. Zhiltsov,
V. Vasuk**

Annotation. *The questions assess the impact of exploitation properties of the technology on the efficiency of its use.*

Keywords: *reliability, tolerance control, the accuracy of the tool, the control object*

УДК 631.3:621.1

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ РОБОТИ БАШТОВИХ СИСТЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ

В. Є. ВАСИЛЕНКОВ, кандидат технічних наук, доцент
А. В. ЧУПРИНА, студент магістратури
**Національний університет біоресурсів
і природокористування України**
e-mail: wasil14@ukr.net

Анотація. *Розглядається технологічна і принципова електричні схеми роботи баштових систем водопостачання з використанням підземних джерел і занурювальних насосів..*

Ключові слова: *технологічна схема, башена система водопостачання, насос, напір, витрата*