

УДК 65.01:656.2

**ПІДХІД ДО ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ПРИБОРІВ ЗАЛІЗНИЧНОЇ АВТОМАТИКИ**

Канд. техн. наук А.О. Лапко

**ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ УСТРОЙСТВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ**

Канд. техн. наук А.А. Лапко

**APPROACH TO THE ASSESSMENT OF THE EFFICIENCY OF MAINTENANCE DEVICE RAIL AUTOMATION**

Cand. of techn. sciences A. Lapko

*Визначено особливості організації системи технічного обслуговування пристроїв залізничної автоматики. Запропоновано критерій для оцінки організації системи технічного обслуговування пристроїв залізничної автоматики, який є інтегральним показником і враховує як трудомісткість технічного обслуговування, так і отриманий ефект від його проведення. Критерій може використовуватися при моделюванні в якості цільової функції з метою вибору найбільш ефективного варіанта організації технічного обслуговування.*

**Ключові слова:** *технічне обслуговування, залізнична автоматика, трудомісткість технічного обслуговування, ефективність технічного обслуговування, дистанція сигналізації та зв'язку.*

*Определены особенности организации системы технического обслуживания устройств железнодорожной автоматики. Предложен критерий для оценки организации системы технического обслуживания устройств железнодорожной автоматики, который является интегральным показателем и учитывает как трудоемкость технического обслуживания, так и полученный эффект от его проведения. Критерий может использоваться при моделировании в*

качестве целевой функции с целью выбора более эффективного варианта организации технического обслуживания.

**Ключевые слова:** техническое обслуживание, железнодорожная автоматика, трудоемкость технического обслуживания, эффективность технического обслуживания, дистанция сигнализации и связи.

*The features of the organization of maintenance of railway automation devices. The main features are a selection of concepts: philosophy, method and technology of maintenance. Also highlights the need to ensure traffic safety and reliable operation of railway automation devices at the lowest possible cost for their maintenance. The criterion to assess the organization of the maintenance of railway automation which is the integral index, and takes into account both the labour intensiveness of maintenance and the resulting effect on the meeting. A criterion is proposed to call – the coefficient of performance of maintenance. Effect of maintenance is estimated using the availability factor. When calculating the labour intensiveness of maintenance it is proposed to take into account the labour intensiveness of planning and prevention, planning and recovery and rescue and recovery operations, as well as a valid indicator of the volume of work. The criterion can be used in the simulation as the objective function to select the more efficient variant organization of maintenance.*

**Keywords:** maintenance, railway automation, labour intensiveness, efficiency of maintenance, office signalling and communication.

**Вступ.** На етапі експлуатації збереження здатності пристроїв залізничної автоматики (ЗА) виконувати функції залежить від початкових умов розроблення та проектування, якості будівництва та монтажу і значною мірою від технічного обслуговування (ТО). Відомо, що існуюча система ТО пристроїв ЗА побудована на основі планово-профілактичної стратегії ТО. Поява сучасних методів і засобів діагностування дозволяють перейти на стратегію ТО за фактичним станом, а за наявності резервування – і на відновлювальну стратегію. При цьому застосування перспективних методів і стратегій ТО пристроїв ЗА мають бути аргументовані як з технічного боку: забезпечення та надійність, так і з економічного.

**Постановка задачі у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями.** Виступаючи як об'єкт матеріального світу, технічна система взагалі, а пристрої ЗА зокрема, являють собою сукупність засобів людської діяльності, що створені для здійснення процесів виробництва [1]. Різноманітність технічних систем накладає особливості на процеси експлуатації та ТО. Однак з позицій системного підходу створення та експлуатація технічних систем мають однакові принципи. Аналіз джерел [2–11] показав, що загальний принцип організації системи ТО має ієрархічну структуру, яка

охоплена як прямими, так і зворотними зв'язками з керування ТО (рис. 1). При цьому можна виділити дві складові: статичну і динамічну. У “статичній” одноразово виконується вибір стратегії, методу і технології ТО з відповідним формуванням нормативно-технічної документації. Складова структури “динамічна” відображує функціонування системи ТО в процесі експлуатації. Тому в роботі розглядається загальний випадок технічної системи, що належить до класу “людина–машина” виробничого використання, яка існує в природно-кліматичному та соціальному середовищах.

Між підсистемами існує постійний обмін інформацією (рис. 1). До технічної системи застосовуються з боку людини регламентовані процеси керування та ТО. Будь-яке відхилення від норми підсистеми, якою управляють, викликає відповідну реакцію у процесі керування та ТО, які повинні привести процес виробництва в стійку рівновагу. Згідно з процесом виробництва для функціонування системи потрібні ресурси та інформація. Слід зазначити, що на систему впливають вади як зовнішні, так і внутрішні. Канали зворотного зв'язку організуються за допомогою оцінки якості продукції, у даному випадку якості та ефективності виконання робіт з ТО, що і викликає необхідність у висуненні відповідних критеріїв.

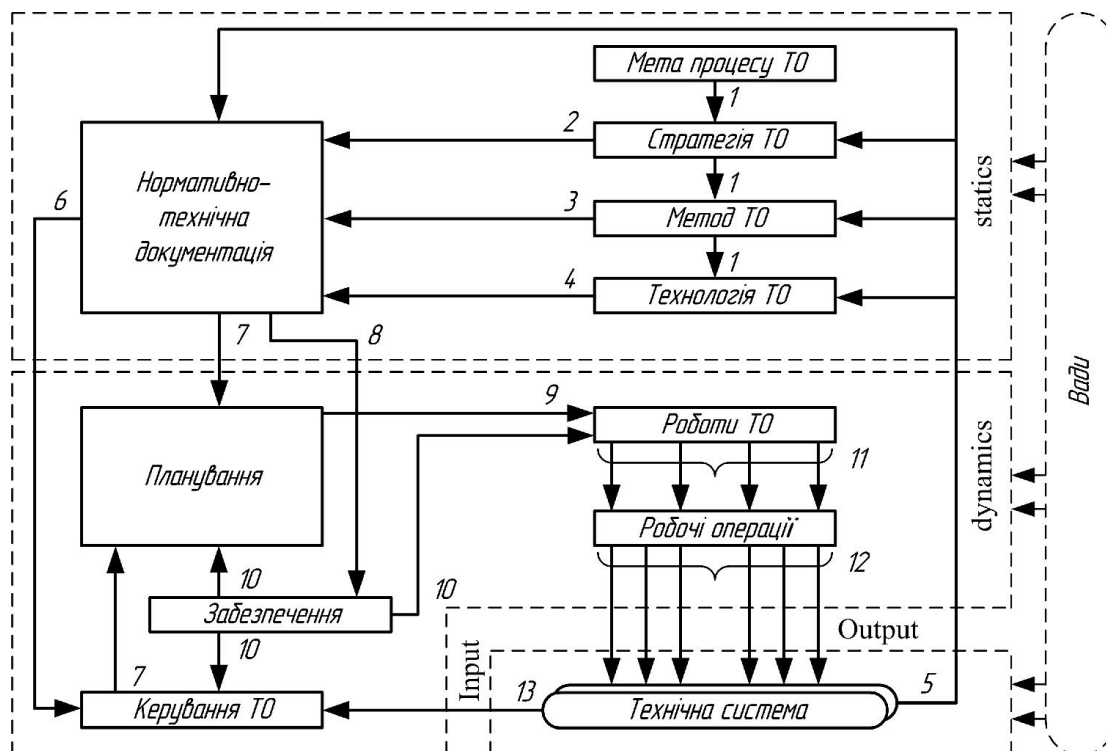


Рис. 1. Структура організації ТО: 1 – алгоритми вибору; 2 – формування комплексу робіт ТО та правил їх призначення; 3 – спосіб виконання комплексу робіт ТО; 4 – прийоми виконання ТО; 5 – технічні характеристики, властивості; 6 – формування організаційної структури; 7 – принципи регламентації ТО (закон керування); 8 – норми; 9 – розподіл робіт ТО в часі; 10 – ресурси, енергія, матеріали; 11 – сукупність робіт; 12 – сукупність операцій; 13 – стан системи

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Необхідність вирішення подібних завдань виникає і для інших технічних систем [12-16]. У роботах пропонуються підходи, засновані на аналізі вартісних характеристик технічного обслуговування, експлуатаційних витрат і надійності відповідних систем.

**Визначення мети та задачі дослідження.** Система технічного обслуговування пристроїв ЗА існує в складі виробничо-організаційної системи, що наведена на рис. 2, з урахуванням структури її організації (рис. 1). Під виробничо-організаційною системою розуміється дистанція сигналізації та зв'язку (ШЧ).

Головне завдання, що вирішується в ШЧ, – забезпечення процесу перевезень надійно діючими засобами ЗА при мінімально припустимій витраті ресурсів на одиницю продукції [2, 3].

Для удосконалення ТО пристроїв ЗА діяльність ШЧ необхідно проаналізувати в кібернетичному аспекті. Кібернетичний аспект дає можливість проаналізувати стан системи керування ШЧ, виявити недоліки в методах і технології керування системою ТО.

Щоб визначити ефективність виробничого процесу в ШЧ, необхідно розглянути чотири основні групи питань:

- встановити, які завдання повинна вирішити система ТО для досягнення поставленої мети (визначити цільову функцію);
- систематизувати основні входи системи ТО (ресурси);
- визначити основні виходи системи ТО (продукцію);
- проаналізувати внутрішню структуру й установити критерії ефективності системи ТО.

Ресурси, що використовуються ШЧ в процесі виробництва, можна розділити на чотири основні групи: техніка, що обслуговується, фахівці, матеріали й електроенергія, засоби праці. Техніка ЗА віднесена до ресурсів, оскільки вона обробляється персоналом дистанції в процесі ТО. До ресурсів належать люди – фахівці, як головна продуктивна сила процесу виробництва, а також матеріали й електроенергія. Транспортні засоби ШЧ, механізми, інструмент, як засоби праці також, є ресурсами.

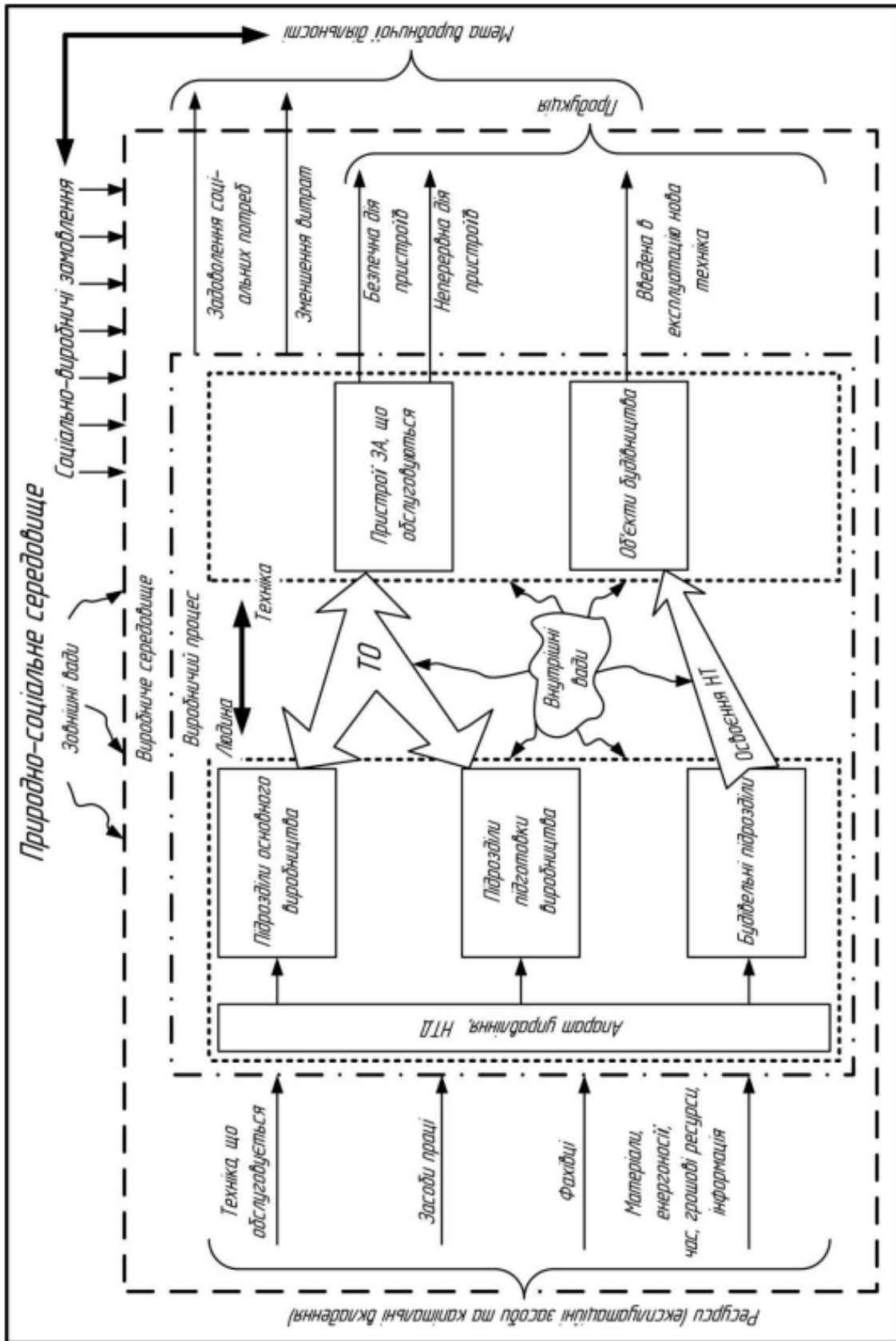


Рис. 2. Формалізоване уявлення системи ТО пристроїв ЗА в складі виробничої системи

ШЧ не створює нового речовинного продукту, а здійснює виробничі процеси, необхідні для діяльності транспорту як виробничого середовища. Основні виробничі процеси – це ТО й ремонт пристроїв ЗА, а також освоєння нової техніки. Продукт праці, який виробляється в зазначених виробничих процесах, і є продукцією дистанції, що забезпечує виконання головного завдання в перевізному процесі. У сфері виробництва при ТО пристроїв ЗА продуктом праці є надійна дія технічних засобів. До 75 % працівників ШЧ зайняті ТО пристроїв ЗА. Тому основною продукцією, яку виробляє ШЧ, слід вважати безпечну та надійну дію пристроїв ЗА. Ця продукція безпосередньо впливає на забезпечення плану перевезень. Припинення або перебої в роботі техніки ЗА можуть призупинити або різко скоротити процес перевезень. Очевидна й споживча вартість цієї продукції – без неї не може ефективно здійснюватися процес перевезень на залізничному транспорті. Для кількісної оцінки продукції використовуються технічні одиниці й показник обсягу робіт. Про результати діяльності ШЧ як виробничої системи можна судити, використовуючи комплекс взаємозалежних показників, що характеризують різні сторони її діяльності [2, 3].

При оцінюванні функціонування будь-якої виробничої системи найчастіше застосовують до продукції, що виробляється, поняття “якість” [1, 2, 3, 5, 15]. У загальному випадку для системи ТО пристроїв ЗА якість визначається як сукупність основних властивостей продукції процесу ТО, що забезпечують підтримку заданих характеристик експлуатованих пристроїв [2, 3]. Однак при удосконаленні ТО пристроїв ЗА необхідно використовувати поняття ефективності системи ТО. Це пояснюється тим, що під ефективністю системи ТО розуміється сукупність всіх властивостей системи ТО, що забезпечують досягнення поставлених перед нею основних цілей. А основними цілями системи ТО є забезпечення заданої надійності й готовності пристроїв до використання, підвищення продуктивності праці, поліпшення умов праці й побуту обслуговуючого персоналу і, що особливо важливо в сучасних умовах, зниження приведеної трудомісткості і відповідно вартості ТО пристроїв ЗА на одиницю продукції.

**Основна частина дослідження.** У зв’язку з тим, що при визначенні ефективності використовується певна кількість властивостей, то в таких випадках застосовують узагальнені або інтегральні показники:  $P_i = W/C$  [17]. Інтегральний показник якості є комплексним показником у вигляді відношення сумарного корисного ефекту ( $W$ ) від отриманої продукції до сумарних витрат на її виготовлення ( $C$ ). Тому для оцінки ефективності організації системи ТО пристроїв ЗА запропоновано критерій результативності системи ТО, який є інтегральним показником:

$$K_{\text{ТО}} = f(Ef, Q_{\text{ТО}}) \rightarrow \max, \quad (1)$$

де  $Q_{\text{ТО}}$  – трудомісткість ТО;

$Ef$  – ефект від проведення ТО.

У зв’язку з тим, що продукцією ШЧ, яка і здійснює ТО пристроїв ЗА, є забезпечення та надійна робота пристроїв ЗА при завданому обсязі руху поїздів (рис. 2), під ефектом від проведення ТО можна розуміти коефіцієнт готовності  $K_T$  [2, 17, 18] як імовірність того, що пристрій буде справним у довільний момент часу, крім періодів, що заплановані і протягом яких використання пристрою не передбачається. Коефіцієнт готовності має сенс визначення для систем, що працюють у режимі очікування та повинні знаходитися в справному стані в момент отримання заявки на використання, як у випадку пристроїв ЗА.

Отже, для пристроїв ЗА необхідно знати множину  $S_C = [S_{C1}, S_{C2}, \dots, S_{Cn}]$  справних станів. Під справним станом розуміється такий стан, при якому основні (робочі) і другорядні (зовнішній вигляд, працездатність додаткових пристроїв, що забезпечують зручність експлуатації, та ін.) параметри відповідають технічним вимогам і, крім того, виріб не має відмов резервних вузлів і агрегатів [18].

Через різну розмірність складових у функціоналі (1) трудомісткість ТО слід подавати в безрозмірній величині за допомогою коефіцієнта трудомісткості  $K_Q$ , який фактично є показником виробничої технологічності системи ТО пристроїв ЗА:

$$K_Q = Q_{\text{ТО}} / Q_{\text{ТО Доп}}$$

де  $Q_{\text{ТО Доп}}$  – допустиме значення трудомісткості.

І тоді

$$K_{\text{PTO}} = K_{\Gamma} / K_Q \geq 1,$$

де  $K_{\Gamma} = t_{\text{НВ}} / (t_{\text{НВ}} + t_{\text{АВР}})$ ;

$t_{\text{НВ}}$  – наробіток на відмову;

$t_{\text{АВР}}$  – час на аварійно-відновлювальні роботи.

При визначенні трудомісткості ТО [19] слід враховувати підготовчо-заклучний час  $t_{\text{ПЗ}}$ , час на обслуговування робочого місця  $t_{\text{ОМ}}$ , час

на відпочинок та особисті потреби  $t_{\text{В}}$ . Для пристроїв ЗА справедливо співвідношення

$$t_{\text{ПЗ}} + t_{\text{ОМ}} + t_{\text{В}} = 0,226 \times T_{\text{Оп}},$$

де  $T_{\text{Оп}}$  – оперативний час на виконання роботи.

З урахуванням вище наведеного коефіцієнт результативності ТО в повному вигляді можна записати так:

$$K_{\text{PTO}}(t) = \frac{K_{\Gamma}(t)}{\left( \sum_{i=1}^n \left[ \sum_{j=1}^k \frac{K_{\text{ч}} \cdot q_{\text{ППР}} \cdot m \cdot t}{\tau_{\text{ППР}j}} + K_{\text{ч}} \cdot q_{\text{ПВР}} \cdot x + K_{\text{ч}} \cdot q_{\text{АВР}} \cdot y \right] \right) / Q_{\text{ТО Доп}}}, \quad (2)$$

де  $n$  – кількість об'єктів різного типу;

$k$  – кількість виконуваних планово-профілактичних робіт;

$q_{\text{ППР}}$  – трудомісткість планово-профілактичних робіт;

$m$  – кількість об'єктів даного типу;

$t$  – розрахунковий період;

$\tau_{\text{ППР}}$  – періодичність планово-профілактичних робіт;

$q_{\text{ПВР}}$  – трудомісткість планово-відновлювальних робіт;

$x$  – кількість передвідмовних станів;

$q_{\text{АВР}}$  – трудомісткість аварійно-відновлювальних робіт;

$y$  – кількість відмов;

$K_{\text{ч}}$  – коефіцієнт, що враховує підготовчо-заклучний час, час на обслуговування робочого місця та на відпочинок, для станційних пристроїв ЗА  $K_{\text{ч}} = 1,226$  [19].

Вираз (2) може прийматися в якості цільової функції для удосконалення ТО пристроїв ЗА при таких обмеженнях:

$$\begin{cases} K_{\Gamma} \geq K_{\Gamma \text{ Зад}}, K_{\Gamma} \rightarrow 1; \\ Q_{\text{ТО}} \leq Q_{\text{ТО Доп}}, Q_{\text{ТО}} \rightarrow \min; \\ q_{\text{ПВР}} < q_{\text{АВР}}; \end{cases}$$

де  $K_{\Gamma \text{ Зад}}$  – задане значення.

**Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку.** Критерій результативності системи ТО можна використовувати як при моделюванні організації системи ТО з метою визначення найбільш ефективного варіанта, так і для оцінювання в процесі експлуатації. Ефективною можна вважати систему ТО, для якої  $K_{\text{PTO}}$  більше або дорівнює 1.

### Список використаних джерел

1. Мухин, В.И. Исследование систем управления [Текст] / В.И. Мухин. – М.: Экзамен, 2002. – 384 с.
2. Техническая эксплуатация устройств и систем железнодорожной автоматики и телемеханики: [Текст] / Вл.В. Сапожников, Л.И. Борисенко, А.А. Прокофьев, А.И. Каменев; под ред. Вл.В. Сапожникова. – М.: Маршрут, 2003. – 336 с.
3. Лабеецкая, Г.П. Организация, планирование и управление в хозяйстве сигнализации и связи [Текст]: учеб. для вузов ж.-д. трансп. / Г.П. Лабеецкая, Н.К. Анисимов, А.Н. Брендт. – М.: Маршрут, 2004. – 348 с.
4. Барзилович, Е.Ю. Модели технического обслуживания сложных систем [Текст] / Е.Ю. Барзилович. – М.: Высш. школа, 1982. – 231 с.

5. Маньшин, Г.Г. Методы профилактического обслуживания эргатических систем [Текст] / Г.Г. Маньшин, Е.Ю. Барзилович, В.Ф. Воскобоев. – Минск: Наука и техника, 1983. – 222 с.
6. Дружинин, Г.В. Анализ эрготехнических систем [Текст] / Г.В. Дружинин. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 160 с.
7. Федотов, А.Е. Техническое обслуживание централизованных стрелок [Текст] / А.Е. Федотов, О.К. Качмарская. – М.: Транспорт, 1988. – 95 с.
8. Барзилович, Е.Ю. Эксплуатация авиационных систем по состоянию [Текст] / Е.Ю. Барзилович, В.Ф. Воскобоев. – М.: Транспорт, 1981. – 197 с.
9. Разгонов, А.П. Методы и средства повышения надежности систем железнодорожной автоматики и телемеханики [Текст]: дис. ... д-ра техн. наук / А.П. Разгонов. – Харьков, 1999. – 365 с.
10. Ясер, Ханан. Оптимізація процесів технічного обслуговування повітряних суден [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.20 / Ханан Ясер. – К., 1999. – 20 с.
11. Машкіна, І.В. Дослідження та розробка методів і математичних моделей інформаційної підтримки автоматизованої системи управління ремонтно-технічного обслуговування [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.13.06 / І.В. Машкіна. – К., 2003. – 20 с.
12. Якушенко, О.С. Використання удосконаленого показника технічного обслуговування для обґрунтованого вибору оптимальних ремонтних підприємств [Текст] / О.С. Якушенко, П.О. Власенко // Авиационно-космическая техника и технология. – 2014. – Вып. № 9 (116182). – С.182-186.
13. Лаврут, О.О. Методика оцінки якості технічного обслуговування засобів зв'язку [Текст] / О.О. Лаврут, В.М. Васюк // Системи обробки інформації. – 2005. – Вип. 4 (44). – С. 86-89.
14. Мачалин, И.А. Стратегии технического обслуживания транспортных систем навигации и связи [Текст] / И.А. Мачалин // Водный транспорт. – 2012. – Вип. 3. – С. 54-60.
15. Колос, О.Л. Визначення середніх питомих витрат на технічне обслуговування за станом і ремонт зразків машин інженерного озброєння в моделях їх інтенсивного функціонування з урахуванням почасової надмірності [Текст] / О.Л. Колос // Зб. наук. праць Національної академії прикордонної служби України. Сер. Військові та технічні науки. – 2014. – Вип. 2 (62). – С. 231–247.
16. Ткаченко, В.А. Теоретичне обґрунтування раціональної періодичності технічного обслуговування спеціальних машин підготовки літальних апаратів [Текст] / В.А. Ткаченко // Зб. наук. праць Державного науково-дослідного інституту авіації. – 2012. – Вип. 15. – С. 210–214.
17. Федюкин, В.К. Методы оценки и управления качеством промышленной продукции [Текст] / В.К. Федюкин, В.Д. Дурнев, В.Г. Лебедев. – М.: Информационно-издательский дом “Филинь” Рилант, 2000. – 328 с.
18. Сапожников, В.В. Надежность систем железнодорожной автоматики телемеханики и связи [Текст] / В.В. Сапожников, Вл.В. Сапожников, В.И. Шаманов. – М.: Маршрут, 2003. – 262 с.
19. Федотов, А.Е. Расчет трудоемкости технического обслуживания устройств СЦБ и построение нормированных графиков [Текст] / А.Е. Федотов // ЦНИИТЭИ МПС. Сер. Автоматика и связь. – М.: ЦНИИТЭИ МПС, 1983. – № 3 (138). – 44 с.

Рецензент д-р техн. наук, професор А.Б. Бойнік

---

Лапко Антон Олександрович, кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматики та комп'ютерного телекерування рухом поїздів, Український державний університет залізничного транспорту. Тел.: (057)730-10-32. E-mail: a.o.lapko@gmail.com.

Lapko Anton Oleksandrovych, cand. science, department of automation and telecontrol computer train traffic, Ukraine State University of Railway Transport. Tel.: (057) 730-10-30. E-mail: a.o.lapko@gmail.com.

Стаття прийнята 11.12.2015 р.