

УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Лапко Антон Олександрович

УДК 656.257.004.54

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ
ПРИСТРОЇВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ ТА
ЦЕНТРАЛІЗАЦІЇ ШЛЯХОМ КОМПЛЕКСНОГО КОНТРОЛЮ
ТЕХНІЧНОГО СТАНУ**

05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту

Автореферат

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2010

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Українській державній академії залізничного транспорту на кафедрі “Автоматика та комп’ютерне телекерування рухом поїздів”, Міністерство транспорту та зв’язку України.

Науковий керівник – кандидат технічних наук, доцент
Мороз Володимир Петрович,
Українська державна академія залізничного транспорту,
кафедра “Автоматика та комп’ютерне телекерування
рухом поїздів”.

Офіційні опоненти – доктор технічних наук, професор
Загарій Геннадій Іванович,
Українська державна академія залізничного транспорту,
кафедра “Спеціалізовані комп’ютерні системи”,
завідувач кафедри;

– кандидат технічних наук,
Сердюк Тетяна Миколаївна,
Дніпропетровський національний університет
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна,
кафедра “Автоматика, телемеханіка та зв’язок”,
доцент кафедри.

Захист відбудеться “16” грудня 2010 р. о 11.00 год. на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.820.04 в Українській державній академії залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Української державної академії залізничного транспорту, 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7.

Автореферат розісланий “11” листопада 2010 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

А.В. Прохорченко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Вступ. У сучасних умовах ринкової економіки технічне обслуговування (ТО) пристроїв електричної сигналізації та централізації (ЕЦ) залізниць може надати змогу більш ефективно використовувати ресурси дистанцій сигналізації та зв'язку. Якісно організований процес ТО, що підтримує високий ступінь експлуатаційної надійності пристроїв ЕЦ, може стати саме тим ключовим елементом, ефективна робота якого означає досягнення мети експлуатації ЕЦ.

Розробкою методів визначення раціонального ТО систем взагалі та пристроїв ЕЦ зокрема займалися багато вчених, і зараз існує значна кількість відповідних рекомендацій. Незважаючи на це до тепер, не існує достатнього обґрунтування в теоретичному плані методів визначення часу проведення робіт ТО пристроїв ЕЦ зі стратегії за фактичним станом, оперативного планування ТО і поточного ремонту, коригування режимів їх роботи з максимальним урахуванням конкретних умов експлуатації.

Враховуючи існуючий стан ТО пристроїв ЕЦ, у дисертаційній роботі наведено результати теоретичних та експериментальних досліджень, які спрямовані саме на підвищення експлуатаційної надійності пристроїв ЕЦ.

Актуальність теми. Удосконалення ТО пристроїв ЕЦ було і залишається важливою і до кінця не вирішеною задачею, що безпосередньо пов'язана із забезпеченням пропускної спроможності, безпеки руху та ефективністю використання названих пристроїв.

Внаслідок відмов пристроїв ЕЦ згідно зі статистичними даними у 2007 р. затримано 1022 поїзди, а у 2008 р. – 1085 поїздів. Необхідність підтримання справного стану пристроїв ЕЦ вимагає своєчасного виявлення, попередження та усунення можливих пошкоджень. На цей час, більшість робіт з ТО пристроїв ЕЦ передбачає зовнішній огляд та проведення відповідних вимірювань. Проведені дослідження свідчать, що існуюче ТО характеризується значною трудомісткістю робіт та не повною мірою забезпечує підтримання експлуатаційної надійності пристроїв ЕЦ на необхідному рівні. Неякісне та несвоєчасне ТО згідно зі статистичними даними призводить до появи від 85 до 90 % відмов із загальної кількості.

Одним з ефективних шляхів вирішення цієї проблеми є розроблення та впровадження в експлуатацію прогресивних стратегій ТО та технічних засобів, що дозволять у реальному часі достовірно визначити технічний стан пристроїв ЕЦ та виявити в їх вузлах несправності. Саме це завдання визначено для вирішення у дисертаційній роботі.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами. Дисертаційна робота виконувалась з 1999 по 2009 рр. на кафедрі “Автоматика та комп'ютерне телекерування рухом поїздів” Української державної академії залізничного транспорту відповідно до “Стратегії розвитку залізничного транспорту на період до 2020 р.”, схваленої розпорядженням КМУ № 1555-р; Постанови КМУ №1324 “Про створення в Україні транспортних коридорів та входження їх до міжнародної транспортної системи” та планів держбюджетних науково-дослідних робіт УкрДАЗТ, що проводилися у рамках галузевих програм Міністерства транспорту

та зв'язку України та Укрзалізниці з т... "Доопрацювання та запровадження на залізницях України пристроїв для автоматизованого попередження працюючих на коліях, локомотивних бригад та чергового по станції про наближення рухомого складу", ДР№0105U005376 (виконавець); договору про науково-технічне співробітництво з УкрДАЗТ та Укрзалізницею "Розробка єдиного комплексу технічних засобів електричної централізації" № 08/2002-НБ від 01.10.2002 р. та договору "Розробка структури та принципів побудови інтегрованої інформаційно-керуючої системи сортувальної станції" № 574/03-68/05 ЦТех від 17.10.2003 р.

Мета і завдання досліджень. Метою дисертаційної роботи є удосконалення ТО пристроїв ЕЦ для забезпечення готовності їх до експлуатації на основі науково-обґрунтованих методів призначення робіт ТО в залежності від фактичного технічного стану пристроїв ЕЦ, що визначений шляхом комплексного контролю.

Для досягнення зазначеної мети були поставлені такі **основні завдання**:

- аналіз причин відмов пристроїв залізничної автоматики й наслідків у результаті їх виникнення та виявлення напрямків удосконалення ТО пристроїв ЕЦ;
- формалізація та відповідний синтез стратегії ТО пристроїв ЕЦ;
- розроблення методу визначення часу призначення планово-відновлювальних робіт з ТО згідно з фактичним технічним станом пристроїв ЕЦ і терміном експлуатації, з можливістю його реалізації на ЕОМ;
- розроблення моделей пристроїв ЕЦ та моделі системи їх ТО за синтезованою стратегією;
- розроблення та впровадження в експлуатацію автоматизованого робочого місця електромеханіка (АРМ–ШН) з ТО пристроїв ЕЦ;
- наукове обґрунтування та експериментальне підтвердження ефективності запропонованих заходів з удосконалення ТО пристроїв ЕЦ.

Об'єкт дослідження – технічне обслуговування пристроїв ЕЦ.

Предмет дослідження – комплексний контроль технічного стану.

Методи дослідження. Виконані в дисертаційній роботі дослідження ґрунтуються на системному підході. Для аналізу експлуатаційних показників пристроїв ЕЦ використана теорія імовірності і математична статистика. Методи загальної теорії систем використані для формалізації стратегії ТО. Для розроблення методу визначення часу призначення планово-відновлювальних робіт з ТО пристроїв ЕЦ використані теорія випадкових процесів та теорія надійності. При синтезі стратегії ТО пристроїв ЕЦ використовувалась теорія графів та теорія імовірності; об'єктно-орієнтована методологія при розробленні імітаційної моделі системи ТО пристроїв ЕЦ за синтезованою стратегією.

Наукова новизна одержаних результатів. Вирішена науково-прикладна задача удосконалення ТО пристроїв ЕЦ шляхом комплексного контролю технічного стану, що дозволить підвищити рівень готовності до використання пристроїв ЕЦ та скоротити експлуатаційні витрати.

Вперше встановлені, створені та запропоновані:

- залежність між кількістю відмов та затримками поїздів, що дало змогу теоретично обґрунтувати напрямок удосконалення ТО пристроїв ЕЦ та

визначити шляхи подальших досліджень,

- метод визначення часу призначення планово-відновлювальних робіт з ТО пристроїв ЕЦ згідно з їх фактичним технічним станом, що надає можливість попереджати відмови при поступовій зміні узагальнюючих параметрів;

- імітаційна модель системи ТО пристроїв ЕЦ за синтезованою стратегією, яка надає можливість досліджувати в динаміці показники процесу ТО пристроїв ЕЦ при їх експлуатації.

Одержала подальший розвиток формалізація стратегій ТО, яка, на відміну від існуючої, дозволяє синтезувати стратегії для окремих пристроїв ЕЦ.

Практичне значення отриманих результатів полягає у тому, що вони мають прикладний характер і дозволяють застосовувати стратегію технічного обслуговування за фактичним станом для пристроїв ЕЦ, що підтверджено актом застосування у практиці ЗАТ «Інститут Харківський Промтранспроєкт»:

- моделей пристроїв ЕЦ;

- алгоритмічного та технічного забезпечення комплексу засобів АРМ–ШН з ТО пристроїв ЕЦ;

- звітних форм за станом пристроїв ЕЦ.

Інші результати теоретичних та практичних досліджень використовуються у навчальному процесі Інституту перепідготовки та підвищення кваліфікації УкрДАЗТ (підтверджено актом впровадження).

Особистий внесок здобувача. Всі результати досліджень та наукові положення, що виносяться на захист, отримані особисто автором. У наукових працях, що опубліковані у співавторстві, особистий внесок автора такий: у роботі [1] визначення критеріїв аналізу та вимог до АРМ; у роботі [2] розрахунок коефіцієнта кореляції між кількістю відмов та затримками поїздів; у роботі [3] опрацьована класифікація та формалізація стратегії і модель системи ТО пристроїв ЕЦ; у роботі [5] розроблено апаратно-програмну структуру та структуру бази даних; побудовано граф функціонування станційної ізольованої секції [6]; у роботах [7, 9] відповідно запропоновані застосування мови UML до розроблення АРМ–ШН та його функціональне наповнення; у роботі [10] принципи застосування стратегії ТО за фактичним станом; у роботі [11] запропоновані напрямки удосконалення ТО пристроїв ЕЦ.

Апробація результатів дисертаційної роботи. Основні положення та результати дисертаційної роботи доповідалися, обговорювалися та схвалені на 13 наукових конференціях та школах-семінарах:

- 1 міжнародній науково-практичній конференції “Наука в транспортному вимірі” 2005 р. (м. Київ);

- 1 міжнародній конференції “Ресурсозберігаючі технології в експлуатації засобів транспорту в умовах реформування залізниць України” (м. Євпаторія, 2007 р.);

- міжнародних школах-семінарах: 13, 14, 15, 16, 22 “Перспективні системи управління на залізничному, промисловому і міському транспорті” (м. Алушта, 2000 – 2003, 2009 рр.);

– 61, 63, 64, 65, 67, 70 міжнародних науково-технічних конференціях кафедр УкрДАЗТ та спеціалістів : 4 ничного транспорту і підприємств (УкрДАЗТ, м. Харків, 1999, 2001– 2003, 2005, 2008 pp.).

Повністю дисертаційна робота доповідалася на розширених засіданнях кафедр: “Автоматика та комп’ютерне телекерування рухом поїздів” УкрДАЗТ за участю членів спеціалізованої вченої ради і “Автоматика, телемеханіка та зв’язок” Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна у 2004-2010 pp.

Публікації. Основні матеріали дисертаційної роботи опубліковані в шести статтях, у наукових фахових виданнях, затверджених ВАК України, з яких одна без співавторів. Також результати представлено в семи додаткових роботах.

Структура й обсяг дисертаційної роботи. Робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, що містить 157 найменувань на 16 сторінках, та 13 додатків на 78 сторінках. Повний обсяг роботи складає 249 сторінок, з яких 142 сторінки основного тексту, 48 рисунків і 4 таблиці з яких 1 таблиця та 12 рисунків на повний аркуш.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі надана загальна характеристика роботи, представлено обґрунтування актуальності теми, сформульовані мета та завдання дослідження, визначена наукова новизна і практична цінність отриманих результатів.

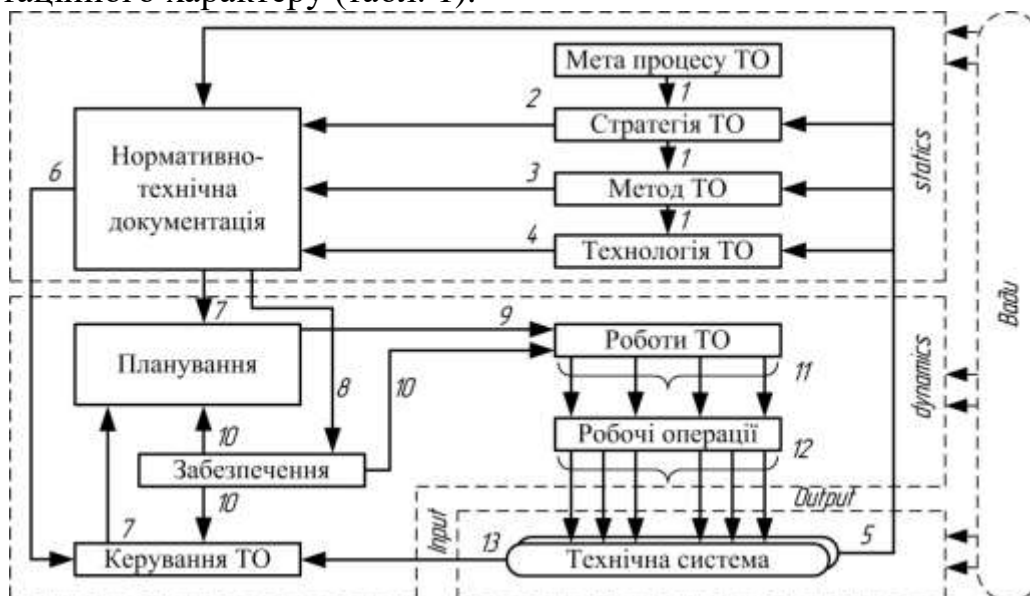
У першому розділі дисертаційної роботи зосереджено результати аналітичного огляду існуючих і перспективних стратегій, методів і технологій ТО пристроїв ЕЦ як в Україні, так і за кордоном, а також проведено аналіз експлуатаційної надійності пристроїв залізничної автоматики.

Вагомий внесок у вирішення проблем ТО та діагностування складних технічних засобів та систем зробили: Е.Ю. Барзилович, Т.В. Бутько, О.Б. Бабанін, В.Ф. Воскобоев, Г.В. Дружинін, В.І. Каштанов, А.В. Мозгалевський, Г.Г. Маншин, Е.Д. Тартаковський, М.М. Смирнов та інші. Питання підвищення експлуатаційної надійності пристроїв ЕЦ на основі науково-обґрунтованої організації ТО та діагностування розглядалися у працях таких вчених і практиків: Н.К. Анісімова, М.М. Бабаєва, А.Б. Бойніка, К.А. Бочкова, А.І. Брейда, В.І. Гаврилюка, І.Є. Дмитренко, І.В. Жуковицького, Г.І. Загарія, Г.П. Лабєцької, В.М. Лисенкова, Н.Я. Меншикова, В.В. Сапожникова, Вл.В. Сапожникова, Т.М. Сердюк, А.П. Разгонова, А.Е. Федотова, Р.Ш. Ягудина та інших.

У процесі експлуатації організація ТО пристроїв ЕЦ має структуру, що наведена на рис. 1. Слід зауважити, що в різних галузях техніки терміни “стратегія” та “метод ТО” мають не однакове тлумачення, що пов’язано з об’єктом обслуговування. Так, для рухомих об’єктів ці два терміни найчастіше мають одне й те саме значення. Для нерухомих об’єктів, що територіально і в значній кількості розосереджені, як пристрої ЕЦ, – це є різні поняття.

У результаті проведеного аналізу статистичних даних про відмови пристроїв залізничної автоматики та затримки поїздів, які надані службою Ш Укрзалізниці, з’ясовано, що визначальними у потоці відмов є відмови

експлуатаційного характеру (табл. 1).



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

Рис. 1. Структура організації ТО пристроїв ЕЦ

При дослідженні причин відмов експлуатаційного характеру встановлено, що допущені персоналом помилки призводять до невиконання графіка ТО та неякісного виконання робіт, а це вказує на недотримання вказівок нормативно-технічної документації та недостатню кваліфікацію. Сумарний відсоток цих порушень у середньому складає 68 %, а коефіцієнт кореляції між кількістю відмов з експлуатаційних причин та чисельністю обслуговуючого персоналу дорівнює - 0,32.

Таблиця 1

Відмови пристроїв залізничної автоматики та затримки поїздів, які виникли в наслідок цього

Роки	Кількість відмов пристроїв залізничної автоматики				Кількість затримок поїздів
	загальна	з вини служби Ш	з експлуатаційних причин	ті, що викликали затримку поїздів	
2000	29709	3256 (10,9%)	2818 (86,5%)	362 (11,1%)	984
2001	26248	3828 (14,6%)	3337 (87,2%)	358 (9,4%)	1007
2002	16887	3179 (18,8%)	2708 (85,2%)	341 (10,7%)	928
2003	12843	2788 (21,7%)	2434 (87,3%)	447 (16,1%)	1356
2004	9084	2172 (23,9%)	1899 (87,4%)	292 (13,4%)	867
2005	8035	1870 (23,3%)	1597 (85,4%)	330 (17,6%)	972
2006	6795	1484 (21,9%)	1242 (83,7%)	160 (10,8%)	492
2007	6866	1498 (21,8%)	1248 (83,3%)	277 (18,5%)	1022
2008	5547	1337 (24,1%)	1122 (83,9%)	310 (23,2%)	1085
					Коефіцієнт кореляції 0,9

При проведенні аналізу статистичних даних з'ясовано, що більше половини відмов спричиняють пристрої ЕЦ (від 59,79 до 65,72 %). З чого можна зробити висновок, що ТО пристроїв ЕЦ є відповідним етапом процесу їх експлуатації. Також з'ясовано, що основні причини відмов кабельних ліній полягають в обриві, пошкодженні при виконанні робіт, зниженні опору ізоляції та проявах неякісної пайки; рейкових кіл – в обриві дросельних перемичок і з'єднувачів; стрілочних переводів – у забрудненні і відсутності змащення стрілочних подушок та невідповідному затягуванні болтів у корні гостряка. Більшість з перелічених відмов мають поступовий характер виникнення і, як правило, не діагностуються обслуговуючим персоналом у ході виконання планових робіт ТО. Наведені дані свідчать про стійкість впливу суб'єктивного фактора з боку обслуговуючого персоналу.

Для процесу ТО пристроїв ЕЦ отримано математичний вираз оцінки надійності від якості виконання обслуговування:

$$P_{ЗБВР} = (1 - (1 - P_{БВРП})[1 - P_{ВГР}(1 - (1 - P_{Д})(1 - P_{КД}))P_{ЯВ}P_{ПТО}])P_{БВРР}, \quad (1)$$

де $P_{ЗБВР}$ – загальна імовірність безвідмовної роботи; $P_{БВРП}$, $P_{БВРР}$ – відповідно, імовірність безвідмовної роботи за поступовими та раптовими відмовами; $P_{ВГР}$ – імовірність виконання графіка ТО; $P_{Д}$ – імовірність діагностування; $P_{КД}$ – імовірність контролю діагностування при ТО; $P_{ЯВ}$ – імовірність якісного виконання відновлюваних робіт ТО; $P_{ПТО}$ – імовірність помилок при виконанні ТО;

У результаті проведених досліджень з'ясовано, що ТО пристроїв ЕЦ, яке засноване на планово-профілактичній стратегії, здатне тільки стабільно підтримувати на невисокому рівні показники роботи. Удосконалення існуючої стратегії ТО пристроїв ЕЦ повинно відбуватися на базі стратегії за фактичним станом з застосуванням експлуатаційних моделей пристроїв ЕЦ.

Другий розділ присвячений удосконаленню ТО пристроїв ЕЦ шляхом формалізації й відповідного синтезу нової стратегії та розробленню методу визначення часу призначення планово-відновлювальних робіт з ТО пристроїв ЕЦ згідно з їх фактичним технічним станом.

У першу чергу для оцінки ефективності ТО запропоновано критерій результативності ТО, який приймається в якості цільової функції

$$K_{РТО} = f(Ef, Q_{ТО}) \rightarrow \max, \quad (2)$$

де $Q_{ТО}$ – трудомісткість технічного обслуговування; Ef – ефект від проведення технічного обслуговування, за який можна прийняти коефіцієнт готовності $K_{Г}$.

Через різну розмірність складових трудомісткостей слід представити у безрозмірній величині за допомогою коефіцієнта трудомісткості K_Q

$$K_{РТО} = K_{Г}/K_{Q} \geq 1 \quad (3)$$

або у повному вигляді

$$K_{\text{PTO}}(t) = \frac{K_{\Gamma}(t)}{\left(\sum_{i=1}^n \left[\sum_{j=1}^k \frac{K_{\text{ч}} \cdot q_{\text{ППР}} \cdot m \cdot \tau}{\tau_{\text{ППР}j}} + K_{\text{ч}} \cdot q_{\text{ПВР}} \cdot x + K_{\text{ч}} \cdot q_{\text{АВР}} \cdot y \right] \right) / Q_{\text{ТО Доп.}}} \quad (4)$$

при обмеженнях $K_{\Gamma} \geq K_{\Gamma \text{ зад}}$, $K_{\Gamma} \rightarrow 1$; $Q_{\text{ТО}} \geq Q_{\text{ТО Доп}}$, $Q_{\text{ТО}} \rightarrow \min$, $q_{\text{ПВР}} < q_{\text{АВР}}$, де $K_{\Gamma \text{ зад}}$ – задане значення; $Q_{\text{ТО Доп}}$ – допустиме значення; n – кількість об'єктів ЕЦ різного типу; k – кількість виконуваних планово-профілактичних робіт; $q_{\text{ППР}}$ – трудомісткість планово-профілактичних робіт; m – кількість об'єктів даного типу; τ – розрахунковий період; $\tau_{\text{ППР}j}$ – 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 пристроїв ЕЦ $K_{\text{ч}}$ складає 1,226.

Рішення з удосконалення ТО пристроїв ЕЦ, можна одержати, якщо відомі аналітичні залежності, що зв'язують K_{PTO} , складові елементи стратегії ТО та експлуатаційні характеристики пристроїв ЕЦ, аналітичні вирази яких істотно відрізняються в залежності від призначення та способу виконання робіт з обслуговування та конструктивних особливостей пристроїв ЕЦ.

Відомо, що множина технічних станів S пристрою складається з працездатних $S_{\text{П}}$ та непрацездатних станів $S_{\text{НП}}$: $S = S_{\text{П}} \cup S_{\text{НП}}$. Причому до множини $S_{\text{П}}$ входять справні та несправні, але працездатні стани: $S_{\text{П}} = S_{\text{С}} \cup S_{\text{НСП}}$, а до множини $S_{\text{НП}}$ – граничні та несправні непрацездатні стани: $S_{\text{НП}} = S_{\text{Г}} \cup S_{\text{НСНП}}$.

Конкретний пристрій ЕЦ D складається з елементів $D = [e_1, e_2, \dots, e_n]$ та характеризується вектором властивостей

$$B_D = [\eta_{\text{С}}, \eta_{\text{ПК}}, \eta_{\text{НП}}, Ch, r_{\text{РЕС}}, U], \quad (5)$$

де $\eta_{\text{С}}$ – значення параметра η , що характеризує справний стан; $\eta_{\text{ПК}}$ – передкритичне значення параметра η , що характеризує несправний, але працездатний стан з урахуванням часу, який необхідний на ТО; $\eta_{\text{НП}}$ – значення параметра η , що характеризує непрацездатний стан; Ch – кількість каналів при наявності резервування; $r_{\text{РЕС}}$ – ресурс пристрою; на рівень параметра η впливає характер використання U та зовнішнє середовище ζ : $\eta = f(U, \zeta)$.

На час призначення робіт з ТО і на допуск щодо зміни параметра η , впливає стратегія. Тому в роботі запропонована наступна формалізація. Стратегія ТО складається з елементів

$$MP = [W_{\text{ТО}}(A), R_{\text{W}}(S_D), O_{\text{W}}, M_{\text{W}}, Q_{\text{W}}], \quad (6)$$

де $W_{\text{ТО}}(A)$ – роботи з ТО; A – робочі операції; $R_{\text{W}}(S_D)$ – правила призначення робіт; O_{W} – порядок виконання робіт з ТО; M_{W} – забезпечення підготовки до виконання робіт; Q_{W} – трудомісткість робіт; S_D – технічні стани пристрою ЕЦ.

Таким чином, стратегія ТО – це система принципів регламентації дій персоналу, який зайнятий у процесі ТО. Ця система містить опис типів робіт з ТО; правила їх призначення на основі можливих станів системи; порядок

виконання робіт; опис процесів забезпечення робіт; норми трудомісткості. Включення до стратегії ТО порядку виконання робіт необхідне для формалізації умов забезпечення безпеки руху поїздів, що є важливим при обслуговуванні пристроїв ЕЦ.

З аналізу комплексу робіт ТО пристроїв ЕЦ виявлені такі основні класи: ППР – планово-профілактичні роботи, ПВР – планово-відновлювальні та АВР – аварійно-відновлювальні, які можна зобразити у вигляді вектора: $W_{TO} = [W_{ППР}, W_{ПВР}, W_{АВР}]$. До забезпечення підготовки виконання робіт можна віднести такі заходи: навчання та контроль знань обслуговуючого персоналу, планування виконання робіт та оформлення звіту g і. Правила призначення робіт з ТО можна подати як: $R_W = f(S_D)$.

Матриця можливих станів формується на основі вектора властивостей (5)

$$\|S_D\| = \{f(B_D) | e \in D\}, S_D = \begin{bmatrix} s_{C1}, s_{C2}, \dots, s_{Cn} \\ s_{HC1}, s_{HC2}, \dots, s_{HCn} \\ s_{HP1}, s_{HP2}, \dots, s_{HPn} \end{bmatrix}. \quad (7)$$

Тоді правила призначення робіт з ТО можна записати так:

$$R_D^W = \begin{cases} t = \tau_{ППР} \xrightarrow{P_W} W_D^{ППР}; \\ (S_{1Ch}^{HCП} \vee n_{Pec} \vee S_{BasicCh}^{HP}) \xrightarrow{P_W} W_D^{ПВР}; \\ (S_{AllCh}^{HP} \vee S^\Gamma) \rightarrow W_D^{АВР}, \end{cases} \quad (8)$$

де P_W – планування робіт, $P_W = \min \Delta t \{ \max(W_{ППР} \cap W_{ПВР}) \}$.

У свою чергу масив робіт з ТО можна подати у вигляді матриці $\|W_{TO}\|$, що формується відповідно до формул (7) та (8):

$$\|W_{TO}\| = \{f(R_W) | s \in S_D\}, W_{TO(G, K)} = \begin{bmatrix} w_{ППР1}, w_{ППР2}, \dots, w_{ППРn} \\ w_{ПВР1}, w_{ПВР2}, \dots, w_{ПВРn} \\ w_{АВР1}, w_{АВР2}, \dots, w_{АВРn} \end{bmatrix}. \quad (9)$$

Класи G робіт ТО відповідно розподілені за видами K для кожного елемента. Види робіт для відповідного елемента можуть бути такими: клас ППР – зовнішній огляд, вимірювання параметрів, перевірка дії і т. п.; клас ПВР – дрібний поточний ремонт, регулювання і т. п.; клас АВР – середній ремонт, заміна і т. п.

Трудомісткість робіт ТО можна подати як:

$$\|W_{TO}\| \rightarrow \|Q_{TO}\|, Q_{TO(G, K)} = \begin{bmatrix} q_{ППР1}, q_{ППР2}, \dots, q_{ППРn} \\ q_{ПВР1}, q_{ПВР2}, \dots, q_{ПВРn} \\ q_{АВР1}, q_{АВР2}, \dots, q_{АВРn} \end{bmatrix}. \quad (10)$$

Тоді виконання робіт фактично є функцією $\mathcal{E}_W(t) = f\{O_W, M_W, A[Q_W(t)]\}$.

Технічний стан пристрою можна визначити за значенням його параметрів.

Отже, постає задача пошуку узагальнюючого параметра для кожного із пристроїв ЕЦ та відповідно передкритичного рівня $\eta_{ПК}$ і рівня непрацездатності $\eta_{НП}$. Рівень $\eta_{НП}$ визначається окремо для кожного пристрою ЕЦ виходячи з аналізу режимів функціонування. Узагальнюючим є параметр, який максимально характеризує технічний стан пристрою в усіх режимах роботи. При неможливості задовольнити таку умову проводиться пошук узагальнюючого параметра для кожного з режимів роботи.

Для визначення передкритичних рівнів узагальнюючих параметрів була використана теорема про поглинаючі екрани, що дало змогу отримати наслідок. Припущенням є те, що контроль за параметрами проводиться безперервно ($\Delta t_K \rightarrow 0$), а зміни значе ρ підпорядковані нормальному закону розподілу зі зміною математичного очікування та дисперсії в часі за будь-якими законами. З урахуванням отриманого наслідку побудована математична модель визначення передкритичного рівня узагальнюючого параметра

$$\eta_{ПК} = \frac{(\eta_{НП} - m(t_2)) \times \sigma(t_1)}{\sigma(t_2)} + m(t_1), \quad (11)$$

де $m(t_1)$, $m(t_2)$ – значення математичного очікування параметра η в момент t_1 та t_2 відповідно; $\sigma(t_1)$, $\sigma(t_2)$ – значення дисперсії параметра η в момент t_1 та t_2 .

Вираз (11) є моделлю зупинки експлуатації і тоді метод визначення часу призначення планово-відновлювальних робіт ТО пристроїв ЕЦ згідно з їх фактичним технічним станом полягає в такому:

- для групи однотипних пристроїв з однаковим режимом роботи визначаються закони зміни математичного очікування значення узагальнюючого параметра та його дисперсії у часі ($m(t)$ та $\sigma(t)$);

- визначається нормативний час $t_H^{ПВР}$, який необхідний на виконання планово-відновлювальних робіт ТО, та час на підготовку до виконання $t_{П}^{ПВР}$;

- для закону зміни $m(t)$ узагальнюючого параметра η визначається довірча межа: $\bar{h} = f(t, m(t), \sigma(t), t_H^{ПВР}, t_{П}^{ПВР})$. Нижня h'' для спадного процесу, верхня h' для зростаючого. До визначеної довірчої межі застосовується правило зупинки експлуатації (формула 11), внаслідок чого визначається передкритичний рівень $\eta_{ПК} = f(t, \bar{h}, \sigma(t), t_H^{ПВР}, t_{П}^{ПВР}, \eta_{НП})$ за умов $(\tau = t_1 - t_2) \geq (t_H^{ПВР} + t_{П}^{ПВР})$; $\eta_{НП} = const$;

- визначається момент, в який параметр $\eta(t)$ перетне $\eta_{ПК}(t)$ та який і стане часом призначення планово-відновлювальних робіт ТО пристроїв ЕЦ.

У результаті аналізу режимів роботи пристроїв ЕЦ з'ясовано, що для деяких з них можливе застосування стратегії ТО за фактичним станом, а для інших – слід залишити планово-профілактичну з перспективою переходу на стратегію з наробітку з урахуванням місцевих умов. Отже, стратегія ТО пристроїв ЕЦ повинна бути сукупністю окремих стратегій елементів та загальної, яка містить правила перспективного та оперативного планування. З урахуванням режимів роботи для пристроїв ЕЦ, які мають як технічні S , так і експлуатаційні E стани, визначено:

$$C_{\text{ЕЦ}} = S \cup E; E = (E_{\text{ВЗВ}}^{\text{PP}} \cup E_{\text{Оч}}) \cap W_{\text{ТО}}; E_{\text{Оч}} = S_{\text{П}} \cup S_{\text{НП}}; S_{\text{НП}} = S_{\text{НСНП}} \cup S_{\text{Г}}; \quad (12)$$

$$E_{\text{ВЗВ}} = S_{\text{П}} = S_{\text{С}} \cup S_{\text{НСП}}; E_{\text{ТО}} = E_{\text{Оч}} = W_{\text{ППР}} \cup W_{\text{ПВР}} \cup W_{\text{АВР}},$$

де в індексах Оч – очікування; ВЗВ – виконання заявки на використання.

Для синтезу стратегії ТО в якості цільового стану обрано справний стан $S_{\text{С}}$. Синтез стратегії виконано на основі базових, які попередньо визначені при класифікації. Ефективність застосування синтезованої стратегії визначалась за допомогою коефіцієнта перебування у цільовому стані при експлуатації для різних варіантів об'єднання базових стратегій

$$H_{\text{С}} = \frac{\pi_{\text{С}} \mu_{\text{С}}}{\pi_{\text{С}} \mu_{\text{С}} + \sum_{k \neq \text{С}} \pi_k \mu_k}, \quad (13)$$

де $\pi_{\text{С}}, \pi_k$ – стаціонарні імовірності перебування об'єкта відповідно в цільовому стані $S_{\text{С}}$ та інших станах експлуатації S_k ; N – кількість інших станів експлуатації; $\mu_{\text{С}}, \mu_k$ – середні тривалості перебування об'єкта у відповідних станах.

Для порівняння були обрані існуюча планово-профілактична стратегія ТО та синтезована стратегія на основі стратегії з фактичного стану, яку можна назвати превентивною. Для цих стратегій аналітично отримано, що $H_{\text{С}}^{\text{С}} > H_{\text{С}}^{\text{ПП}}$.

У методичному плані для опису стратегії ТО пристроїв ЕЦ зручно користуватися графом, який побудований на основі формул (7)–(9), (11) та (12) (рис. 2). У зображеному графі для експлуатаційних станів ТО виділено діагностування (Д) та відновлення (В). Експлуатація конкретного фізичного пристрою ЕЦ зациклена на стані збереження (ЗБ).

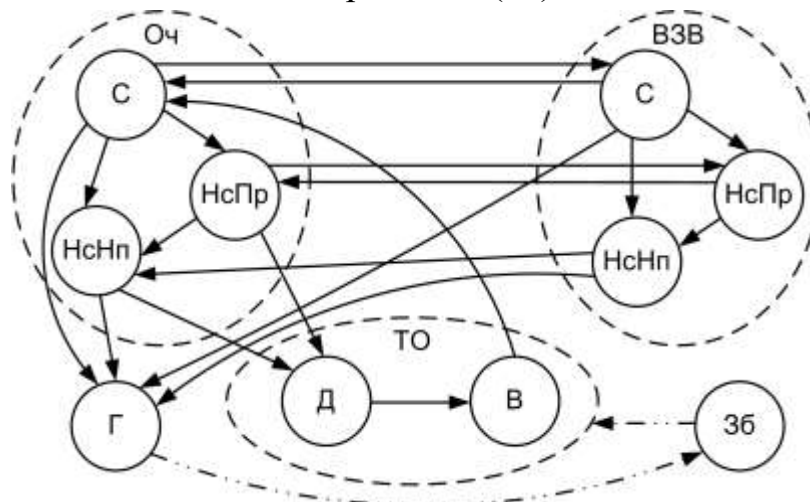


Рис. 2. Граф станів та переходів процесів експлуатації і ТО пристроїв ЕЦ

Третій розділ присвячений розробленню моделей пристроїв ЕЦ та моделі системи їх ТО за синтезованою стратегією з метою подальшого дослідження запропонованих заходів. Моделі розроблені з урахуванням процесу експлуатації пристроїв ЕЦ. Аналіз режимів роботи станційної ізольованої секції показав, що вона має дванадцять стійких станів (рис. 3). Відомо, що узагальнюючим

параметром станційного рейкового кола є напруга на колійному приймачі $U_{\text{КП}}$, на значення якої впливає багато дестабілізуючих факторів. При моделюванні роботи рейкового кола з колійним приймачем ДСШ-15 та з довжиною рейкової лінії 1000 м було встановлено, що математичне очікування та дисперсія $U_{\text{КП}}$ протягом 7 років змінюються за такими залежностями

$$U_{\text{КП}}(t) \begin{cases} m(t) = 19,9 - 1,22 \times t; \\ \sigma(t) = 0,013 + 0,26 \times t \end{cases} \quad (14)$$

при обмеженнях $U_{\text{КП Макс}} = 22 \text{ В}$; $U_{\text{КП}}^{\text{НП}} = 11,9 \text{ В}$; $t = 0 \div 7 \text{ р}$; опір ізоляції рейкової лінії $R_{\text{I}} = 0,2 \div 20 \text{ Ом} \times \text{км}$; кількість несправних стикових з'єднувачів $n_{\text{СЗ}}^{\text{НС}} = 1 \div 76 \text{ шт.}$; опір дросельних перемичок $R_{\text{ДП}} = 0,0007 \div 0,9 \text{ Ом}$; максимальний опір стикових з'єднувачів $R_{\text{СЗ Макс}} = 0,00348 \text{ Ом}$.

У результаті застосування запропонованого методу визначення часу призначення планово-відновлювальних робіт ТО до отриманих законів розподілу $m(t)$ та $\sigma(t)$ зі значенн $11 \text{ ППР} + t_{\text{П}}^{\text{ПВР}} = 720 \text{ год}$, були отримані залежності, які наведені на рис. 4.

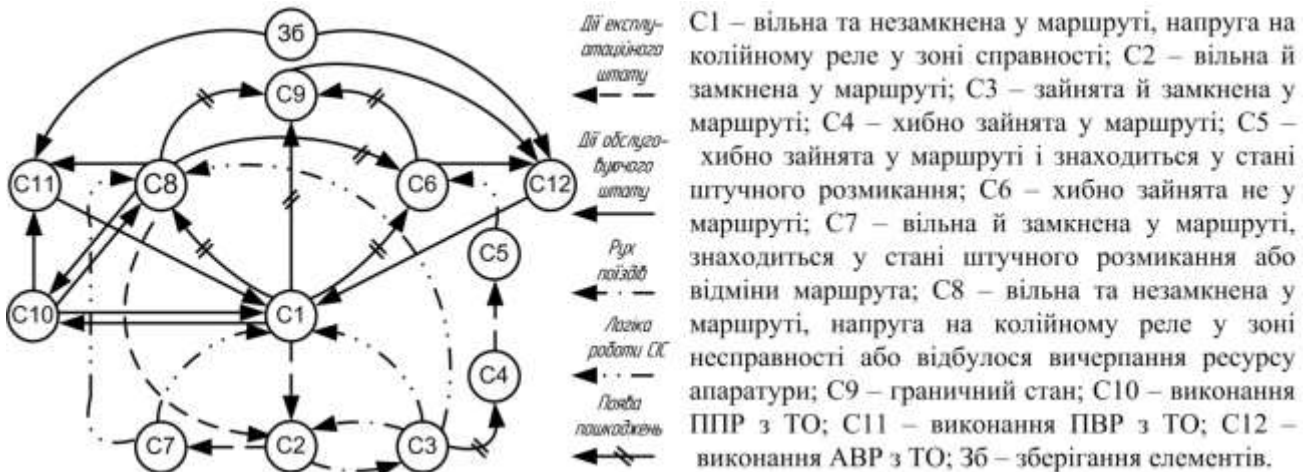


Рис. 3. Граф станів станційної ізолюваної секції

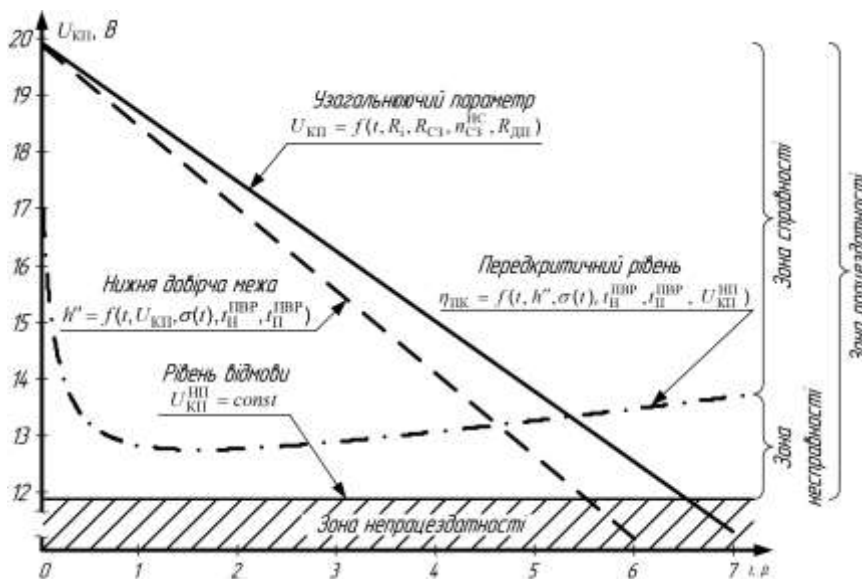


Рис. 4. Результати моделювання залежності передкритичного рівня від часу

експлуатації для рейкового кола

Експериментальне дослідження режимів роботи стрілочних переводів за даними функціонування АРМ–ШН станції Нова Баварія Південної залізниці показало, що час переведення ($t_{\text{Пер.}}$) є одним з показників стану. Отримані експериментальні дані $t_{\text{Пер.}}$ поодинокого стрілочного переводу апроксимовані залежностями

$$t_{\text{Пер.}}(t) \begin{cases} m(t) = 4561 + 126 \times t; \\ \sigma(t) = 11 + 26 \times t. \end{cases} \quad (15)$$

Гіпотеза була перевірена за допомогою критерію погодження Пірсона. З'ясовано, що при автоматичному контролі $t_{\text{Пер.}}$ до стрілочного переводу можна застосувати стратегію за фактичним станом та запропонований метод призначення ПВР ТО (рис. 5). Збільшення $t_{\text{Пер.}}$ відбувається у результаті забруднення та відсутності змащення стрілочних подушок, невідповідного затягування болтів у корні гостряка, що призводить до його пружності.

Математична модель системи ТО за синтезованою стратегією для пристроїв ЕЦ в процесі їх експлуатації є опис 12 омпонентів і функцій та відображає істотні властивості зазначених процес...

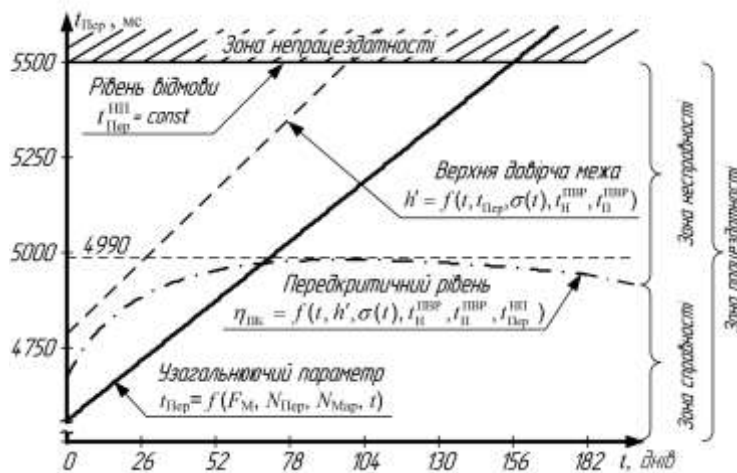


Рис. 5. Визначення передкритичного рівня за експериментальними даними роботи стрілочного переводу

Модель системи ТО пристроїв ЕЦ можна узагальнити таким чином

$$S_{\text{SYS}_{\text{ТОЕЦ}}} = \begin{cases} Str_{\Phi} = \begin{cases} In = \{In_{\text{рес}}, In_{\text{ін}}\}; El = \{ \mathcal{E}, M_{\text{в}}, Reg \}; Out = \{W_{\text{ТО}}(t)\}; \\ Con = In \xrightarrow{Reg, M_{\text{в}}} Out; \end{cases} \\ Str_{\text{ОВ}} = [\mathcal{E} = \{\mathcal{E}_1, \mathcal{E}_2, \dots, \mathcal{E}_n\}; Div_{\text{в}} = \{Div_{\Phi}, Div_{\text{Т}}, Div_{\text{ПК}}\}] \\ Reg = \{MP, Met_{\text{ТО}}\}; Exist = \frac{dE_{\text{ДЕЦ}}}{dt}; K_{\text{рТО}} = f\{K_{\Gamma}(t), Q_{\text{в}}(t)\}; \end{cases} \quad (16)$$

де Str_{Φ} , $Str_{\text{ОВ}}$ – функціональна та організаційно-виробнича структура; $In_{\text{рес}}$, $In_{\text{ін}}$ – ресурсні та інформаційні входи; El – складові елементи; \mathcal{E} – виконавці; Reg – регламент; Con – зв'язки між елементами; Div_{Φ} , $Div_{\text{Т}}$, $Div_{\text{ПК}}$ – поділ праці за формою: функціональний, технологічний та професійно-кваліфікаційний $Met_{\text{ТО}}$ – метод ТО; $Exist$ – умови існування системи, Out – виходи.

Пристрої ЕЦ розглядаються як об'єкти експлуатації з кінцевою множиною Θ технічних станів s_i , зміна яких у часі утворює стохастичний процес $s(t)$. Стани s_i утворюються шляхом деякого розбиття $S \subseteq \Theta$, а множина індексів $I = \{i\}$ вважається ізоморфною розбивці множини S . Припускається, що об'єднання відповідних станів s_i складають підмножини справних, працездатних, несправних та граничних станів із множини S . При цьому пристрої ЕЦ піддаються експлуатації, яка містить кінцеву множину Ξ станів ξ_j , отриманих шляхом розбиття $E \subseteq \Xi$, де $j \in J$, а елементи з J ідентифіковані елементам розбиття множини E . Відповідні ξ_j або їх можливі об'єднання утворюють підмножини станів $E_{ВЗВ}$, $E_{ТО}$, $E_{Оч}$. Стани ξ_j визначаються у відповідності до виникаючих технічних станів пристроїв ЕЦ s_i . Процес експлуатації $\xi(t)$ утворюється за рахунок послідовної зміни станів ξ_j . Тобто припускається, що $\xi(t)$ є відображення процесу $s(t)$

$$\xi_j(\Theta) : \Theta \rightarrow s_i(\Xi). \quad (17)$$

Пристрої ЕЦ, що потрапили в той або інший стан експлуатації, зазнають зовнішніх впливів і тому

$$s_i(\Xi) \stackrel{13}{\xi_j(\Theta)}. \quad (18)$$

Таким чином, передбачається, що пристрої ЕЦ індукують стани експлуатації, а відповідні технічні стани пристроїв ЕЦ виникають за рахунок впливів на них ззовні, що визначаються обраними станами експлуатації. З виразу (18) отримана матриця переходів від технічних станів пристроїв ЕЦ до станів експлуатації

$$\psi = \|\psi_{ij}\| = \|\xi_j(s_i)\|. \quad (19)$$

За допомогою формули (19) встановлена необхідна відповідність між станами пристроїв ЕЦ та процесу експлуатації. Зокрема стани експлуатації можуть бути відокремлені шляхом об'єднання тих $\xi_j(s_i)$, для яких індекс j має фіксоване значення. Події типу $\xi_j[s_i(\xi_k)]$ визначають переходи по станах експлуатації.

Припускаючи, що функції розподілу часу станів є довільними і визначаються тільки типом стану експлуатації, можна визначити, що у відомому просторі станів Ξ технічної експлуатації його розбиття E визначає вибір елементів ξ_j через елементи

$$s_i \in S \subseteq \Theta. \quad (20)$$

Отже, оскільки у визначеному процесі експлуатації є стани ТО пристроїв ЕЦ, то запропонована цільова функція (4) встановлена як критерій ефективності. Безпосередньо простір можливих станів процесу експлуатації і ТО пристроїв ЕЦ можна подати у вигляді рівняння

$$C_{\text{ЕЦ}}(t) = f(s^0, \vec{u}(t), \vec{\rho}(t), \vec{\xi}(t), \vec{\lambda}, \vec{\eta}(t), \vec{\eta}_{\text{НС}}(\eta), \vec{\tau}_{\text{ППР}}(t), \vec{\mu}(t), R_w, Q_{\text{ТО}}). \quad (21)$$

При обмеженнях $s^0 = S_C$; $\pi \leq 1/n_{\text{Мар.}}$, $n_{\text{Мар.}} \leq 150$; $\rho \leq 1/t_{\text{Мар.}}$, $t_{\text{Мар.}} \leq 0,5$ год; $Q_{\text{ДОПМ}} = Q_{\text{ППР}} \times 1.226 + Q_{\text{ПВР}} \times 1.226 \times 0.09 + Q_{\text{АВР}} \times 1.226 \times 0.06$; $\lambda = 10^{-3} \dots 10^{-6}$ год $^{-1}$; $\tau_{\text{ППР}} \leq 720$ год; $\mu = \{\mu_{\text{ППР}}(t), \mu_{\text{ПВР}}(t), \mu_{\text{АВР}}(t)\}$, $\mu_{\text{ППР}} \leq 1/T_1, g$, $\mu_{\text{ПВР}} \leq 1/T_2, g$, $\mu_{\text{АВР}} \leq 1/T_3, g$.

З урахуванням формули (8) формується модель правила R_W призначення робіт ТО за синтезованою стратегією (випадок монотонно спадного процесу для $\eta(t)$):

$$R_W = \left\{ \begin{array}{l} \left\{ S_C \left[(t = \tau_{\text{ППР}}) \wedge (\eta_{en} > \eta_{\text{ПК}}) \right] \wedge E_{\text{Оч}} \right\} \xrightarrow{P_W} W_{\text{ППР}}; \\ \left\{ S_{\text{НСП}} \left[(\eta_{\text{ПК}} > \eta_{e1} > \eta_{\text{НП}}) \Big|_{t_{\text{Н}}^{\text{ПВР}} \leq t_{\text{ВП}}} \vee (\eta_{e^{\text{BasicCh}}} < \eta_{\text{НП}}) \vee u = n_{\text{Рес.}} \right] \wedge E_{\text{Оч}} \right\} \xrightarrow{P_W} W_{\text{ПВР}}; \\ \left\{ S_{\text{НП}} \left[(\eta_{\text{АІСн}} < \eta_{\text{НП}}) \vee (\eta_{en} \ll \eta_{\text{НП}}) \right] \right\} \rightarrow W_{\text{АВР}}; \end{array} \right. \quad (22)$$

де η_{e1} – вимірне значення одного каналу узагальнюючого параметра з урахуванням похибки вимірювань. Вид конкретної роботи визначається за формулою (9).

Наведені вище моделі були покладені в основу алгоритмічного та технічного забезпечення АРМ–ШН пристроїв ЕЦ. Для реалізації запропонованих заходів функціональна структура АРМ містить такі рівні: збір і первинна обробка інформації з пристроїв ЕЦ; архівація; логічна обробка та формування рішень; видача результатів роботи та іншої інформації.

Четвертий розділ присвячений дослідженню ефективності запропонованих заходів з удосконалення ТО пристроїв ЕЦ. Дослідження математичної моделі полягало в проведенні імітаційного моделювання процесів, що пов’язані з експлуатацією та ТО пристроїв ЕЦ.

Імітаційна модель, на прикладі станційної ізольованої секції, побудована за об’єктно-орієнтованою методологією та являє собою сукупність екземплярів класів (рис. 6). Модель належить до моделей з дискретними станами та неперервним часом, яка реалізована у прикладній програмі для моделювання – Model Visual Studio. Значення узагальнюючого параметра генерувалися згідно із законами змін $m(t)$ та $\sigma(t)$ вбудованим в MVS датчиком випадкових величин. Поведінка екземплярів класів описана на основі формул (11), (12), (14), (16), (22) та графів (рис. 2 та 3). Час на проведення планово та аварійно-відновлювальних робіт ТО визначався на основі випадкового значення, отриманого згідно з відповідними законами розподілу. Оцінка ефективності полягала у визначенні ступеня впливу призначення зазначених робіт на критерій результативності $K_{\text{РТО}}$ (формула 4). Для цього за наведеною структурою (див. рис. 6) було реалізовано дві моделі: на основі існуючої та синтезованої стратегії ТО пристроїв ЕЦ.

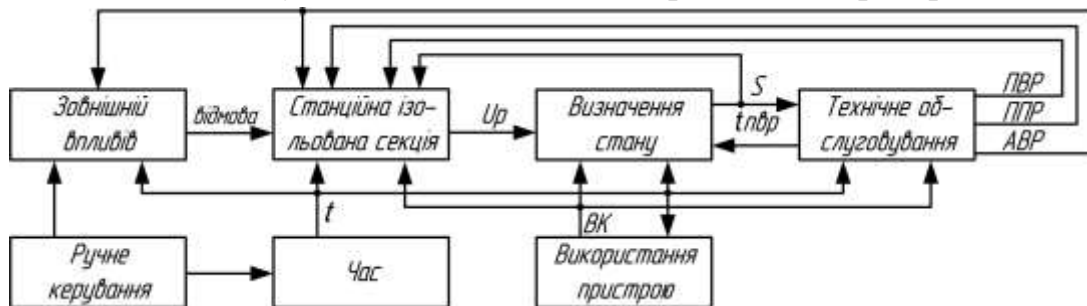


Рис. 6. Структура імітаційної моделі системи ТО пристроїв ЕЦ

У результаті багаторазового моделювання протягом тривалого часу при імітації поступових відмов шляхом зміни у часі $\eta(t)$ проведення планово-відновлювальних робіт ТО, що призначалися за запропонованим методом, сприяло своєчасному відновленню справного технічного стану пристрою, тим самим не допускаючи переходу в $S_{\text{нп}}$. Одночасна імітація появи раптових відмов і відповідно їх усунення не внесли в процес призначення та проведення планово-відновлювальних робіт дестабілізуючого впливу.

Адекватність запропонованої моделі системи ТО пристроїв ЕЦ перевірена при моделюванні за планово-профілактичною стратегією. Дані, що отримані, відрізняються від відомих статистичних не більш ніж на 9,7 %.

При заходах з удосконалення, що пропонуються, спостерігається збільшення K_{Γ} , відповідно і $K_{\text{рТО}}$. Однак збільшення $K_{\text{рТО}}$ відбувається не тільки за рахунок збільшення K_{Γ} , а і за рахунок зменшення $Q_{\text{ТО}}$. Трудомісткість зменшується за рахунок того, що передбачається автоматизація виконання деяких планово-профілактичних робіт, що пов'язано з автоматизованими вимірюваннями параметрів, а також при цьому забезпечується і більша, у порівнянні з ручним способом, достовірність результатів вимірювань. Для рейкових кіл трудомісткість зменшується з 88,36 до 51,81 люд.хв. на місяць, що складає 41,36 %; для світлофорів з 37,81 до 31,84 люд.хв (17,55 %); для централізованих стрілок з 184,01 до 154,29 люд.хв. (16,15 %). Таким чином, крім підвищення надійності, з'являються і 15 ви щодо підвищення продуктивності праці та зменшення собівартості ТО пристроїв ЕЦ.

Для моделі системи ТО пристроїв ЕЦ на основі синтезованої стратегії збільшення коефіцієнта складає 21,8 % на початку експлуатації та 18,5 % після трьох років експлуатації (рис. 7). При моделюванні передбачалось, що період прироблення минув, тому в початковий період (7 місяців) можна бачити незмінне значення $K_{\text{рТО}}$, що пояснюється відсутністю раптових відмов, тобто сталим періодом роботи. При існуючій стратегії ТО в деякі періоди спостерігаються значення $K_{\text{рТО}}$ менші за одиницю, що свідчить про недостатній ефект від проведення планово-профілактичних робіт при однакових витратах на підтримку справного стану.

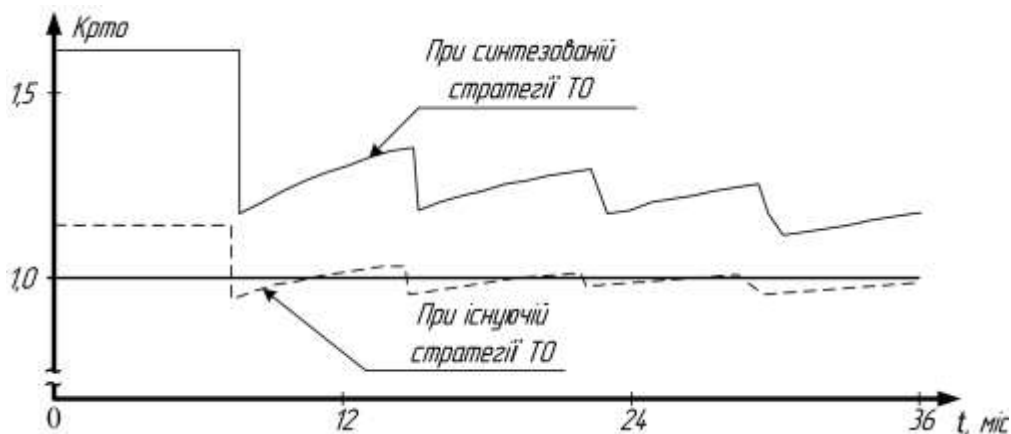


Рис. 7. Динаміка зміни коефіцієнта результативності в часі

ВИСНОВКИ

Основні результати і висновки дисертаційної роботи полягають у наступному:

1. Виконано причинний аналіз відмов пристроїв залізничної автоматики та затримок поїздів, які виникли внаслідок цього. Виявлено, що за останні десятиліття в експлуатації та ТО пристроїв ЕЦ не відбулося значних змін. Встановлено, що більшість відмов виникли з експлуатаційних причин, основними з яких є: невиконання графіка ТО, помилки при виконанні та неякісне виконання робіт. Між відмовами та затримками поїздів існує щільна кореляція позитивного характеру, коефіцієнт кореляції становить 0,9. При аналізі з'ясовано, що більше половини відмов спричиняють пристрої ЕЦ (від 59,79 до 65,72 %), що пояснюється їх кількістю та інтенсивністю використання. Враховуючи результати аналізу запропоновані шляхи і методи удосконалення експлуатації пристроїв ЕЦ.

2. Для удосконалення ТО пристроїв ЕЦ запропонована формалізація стратегії ТО. В якості критерію ефективності запропоновано коефіцієнт результативності ТО, який є інтегральним показником. Принциповою особливістю обчислення коефіцієнта результативності є врахування не тільки отриманого ефекту від проведення обслуговування, а і трудомісткості протягом встановленого терміну експлуатації. Для пристроїв ЕЦ створено синтезовану стратегію ТО. При синтезі враховувалося, що пристрої повинні мати тільки захисну відмову, небезпечна відмова повинна виключатися алгоритмом роботи; пристрої функціонують у двох основних режимах роботи – статичному та динамічному, і постійно знаходяться в режимах використання та очікування на використання по різних функціях у реальному часі; пристрої різнотипні за принципом дії та за функціональною спрямованістю і піддаються різноманітним впливам з боку зовнішнього середовища. Аналітично доведено, що коефіцієнти цільового стану співвідносяться як $H_C^C > H_C^{ПП}$. Внаслідок особливостей пристроїв ЕЦ синтезована стратегія ТО складається зі стратегії за фактичним станом для випадку можливості контролю узагальнюючого параметра, а для протилежного випадку з планово-профілактичної, при можливості переходу на стратегію з наробітку з урахуванням місцевих умов.

3. Розроблено метод визначення часу призначення планово-відновлювальних робіт ТО пристроїв ЕЦ згідно з їх фактичним технічним станом, який покладений в основу реалізації удосконалення ТО пристроїв ЕЦ.

4. У розроблених моделях пристроїв ЕЦ враховуються проведення ТО та режими експлуатації, для пристроїв описана логіка функціонування і визначені узагальнюючі параметри з відповідними передкритичними рівнями, що є необхідним при розробленні їх діагностичного забезпечення. Модель системи ТО пристроїв ЕЦ є описом компонентів і функцій та відображає істотні властивості як самого процесу експлуатації, так і процесу обслуговування.

5. Розроблено та впроваджено в експлуатацію АРМ–ШН для пристроїв ЕЦ з відповідним алгоритмічним забезпеченням з реалізації визначення передкритичного рівня зміни узагальнюючого параметра з метою оцінки технічних станів пристроїв ЕЦ. Визначено, що застосування контролю

технічного стану зменшує трудомісткість ТО. Річний економічний ефект підтверджений актами впровадження станом на 2009 р. при розрахунку на одну технічну одиницю пристроїв ЕЦ складає 5797,85 грн без врахування ціни відмови пристроїв у поїзній роботі. Підраховано, що зменшення трудомісткості обслуговування може складати від 41,36 до 16,15% для різних пристроїв.

6. Для наукового обґрунтування та експериментального підтвердження ефективності запропонованих заходів з удосконалення ТО пристроїв ЕЦ розроблена відповідна імітаційна модель, яка надає можливість оцінювати ефективність ТО. При моделюванні встановлено, що за критерієм результативності для процесу обслуговування на базі синтезованої стратегії збільшення коефіцієнта складає 21,8 % на початку експлуатації та 18,5 % після трьох років експлуатації у порівнянні з існуючою стратегією ТО.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Основні праці:

1. Лапко А.А. Анализ функциональных возможностей автоматизированных рабочих мест дистанции сигнализации и связи / А.А. Лапко, В.П. Мороз // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. –2000. – №5. – С. 84-90.

2. Мороз В.П. Аналіз відмов пристроїв залізничної автоматики / В.П. Мороз, А.О. Лапко // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2007. –№2. – С. 10-15.

3. Мороз В.П. Перспективна стратегія технічного обслуговування станційних пристроїв залізничної автоматики / В.П. Мороз, А.О. Лапко // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2006. – №1. – С. 17-23.

4. Лапко А.О. Метод визначення часу призначення планово-відновлювальних робіт технічного обслуговування для станційних пристроїв залізничної автоматики / А.О. Лапко // Зб. наук. праць.–Донецьк: ДонІЗТ, 2005. – Вип. №4. – С. 34-40.

5. Мороз В.П. Автоматизоване робоче місце по організації та керуванню технічним обслуговуванням пристроїв залізничної автоматики / В.П. Мороз, А.О. Лапко // Зб. наук. праць. –Харків: УкрДАЗТ, 2006. – Вип. №72. –С. 72-77.

6. Мороз В.П. Модель станційної ізольованої секції з використанням сіток Петрі / В.П. Мороз, А.О. Лапко, О.Ю. Дерке // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2008. – №4. – С. 51-55.

Додаткові праці:

7. Применение объектно-ориентированной парадигмы при разработке программного обеспечения верхнего уровня комплекса систем обеспечения безопасности движения поездов / [В.П. Мороз, В.В. Радченко, А.А. Лапко и др.] // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті: матеріали 14-ї Міжнародної школи-семінару, м. Алушта. – 2001. –№4 (додаток). – С. 130-131.

8. Лапко А.О. Побудова моделі технологічного процесу технічного обслуговування пристроїв залізничної автоматики та телемеханіки / А.О. Лапко // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті: Спеціальний

випуск по результатах роботи 63-ї науково-технічної конференції Харківської державної академії та фахівців залізничного транспорту, м.Харків. – 2001. –№5 (додаток). – С. 83-84.

9. Разработка верхнего уровня единого комплекса технических средств управления технологическими процессами на станции / [В.П. Мороз, А.А. Лапко, В.В. Радченко и др.] // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті: матеріали 15-ї Міжнародної школи-семінару, м. Алушта. – 2002. –№4, 5 (додаток). – С. 40-41.

10. Мороз В.П. Підходи до вибору стратегії технічного обслуговування / В.П. Мороз, А.О. Лапко, Н.Г. Лапко // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті: матеріали 16-ї Міжнародної школи-семінару, м. Алушта. – 2003. –№ 5 (додаток). – С. 35.

11. Мороз В.П. Людський фактор у процесах технічного обслуговування пристроїв та систем залізничної автоматики / В.П. Мороз, А.О. Лапко // Залізничний транспорт України: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції [“Наука в транспортному вимірі”], (м. Київ, 11-13 травня 2005 р.) – К. – 2005. – Спец. вип. №3/1. – С. 4.

12. Лапко А.О. Оцінка системи технічного обслуговування пристроїв залізничної автоматики за критерієм результативності / А.О. Лапко // Тези доповідей Першої міжнародної конференції [“Ресурсозберігаючі технології в експлуатації засобів транспорту в умовах реформування залізниць України”] (м. Євпаторія, 22-25 травня 2007 р.) – Харків: УкрДАЗТ, 2007 р. – С. 50-51.

13. Лапко А.О. Імітаційне моделювання процесу технічного обслуговування пристроїв залізничної автоматики / А.О. Лапко // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті: матер 18 22-ї Міжнародної школи-семінару, м. Алушта. – 2009. –№ 4 (додаток). – С. ...

АНОТАЦІЯ

Лапко А.О. Удосконалення технічного обслуговування пристроїв електричної сигналізації та централізації шляхом комплексного контролю технічного стану. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.20 – Експлуатація та ремонт засобів транспорту. Українська державна академія залізничного транспорту. Харків, 2010.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню актуальної науково-прикладної задачі – удосконаленню технічного обслуговування пристроїв електричної сигналізації та централізації. Виходячи з поставленої задачі проведено причинний аналіз відмов пристроїв залізничної автоматики та затримок поїздів, що виникли внаслідок цього, а також проведено аналіз існуючих системи та процесу технічного обслуговування пристроїв електричної сигналізації та централізації. Результати аналізу показали, що існуючий стан у технічному обслуговуванні пристроїв електричної сигналізації та централізації недостатньо відповідає сучасним вимогам.

Для оцінки ефективності процесу технічного обслуговування запропоновано коефіцієнт результативності, який є інтегральним показником і принциповою особливістю обчислення якого є не тільки врахування отриманого ефекту від проведення обслуговування, а і його трудомісткості. З метою удосконалення технічного обслуговування пристроїв електричної сигналізації та централізації проведено відповідні формалізація та синтез стратегії їх технічного обслуговування; запропоновано метод визначення часу призначення планово-відновлювальних робіт технічного обслуговування, пристроїв електричної сигналізації та централізації згідно з їх фактичним технічним станом на основі математичної моделі визначення передкритичного рівня зміни узагальнюючого параметра. Для пристроїв електричної сигналізації та централізації побудовані моделі з урахуванням проведення технічного обслуговування, режимів експлуатації та логіки функціонування з визначенням узагальнюючих параметрів і відповідних передкритичних рівнів. Моделі покладені в основу функціонування автоматизованого робочого місця електромеханіка з обслуговування. Для технічного обслуговування на базі синтезованої стратегії побудована імітаційна модель. У ході імітаційного моделювання отриманні залежності, що підтверджують ефективність запропонованих заходів.

Ключові слова: пристрої електричної сигналізації та централізації, технічне обслуговування, стратегія технічного обслуговування, відмова, стан пристрою, параметр, роботи з технічного обслуговування, трудомісткість, імітаційна модель.

АННОТАЦИЯ

Лапко А.А. Усовершенствование технического обслуживания устройств электрической сигнализации и централизации путем комплексного контроля технического состояния. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.20 – эксплуатация и ремонт средств транспорта. Украинская государственная академия железнодорожного транспорта. Харьков, 2010.

Диссертационная работа посвящена решению актуальной научно-прикладной задачи – усовершенствованию технического обслуживания электрической сигнализации и централизации. Исходя из поставленной задачи проведен причинный анализ отказов устройств железнодорожной автоматики и задержек поездов, которые возникли вследствие этого, а также проведен анализ существующего процесса технического обслуживания устройств электрической централизации. Результаты анализа показали, что существующее состояние в техническом обслуживании устройств электрической централизации недостаточно удовлетворяет современные требования. Из общего числа отказов большую часть (от 59,79 до 65,72 %) составляют отказы устройств электрической централизации. Также установлено, что между отказами и задержками поездов существует корреляция положительного характера – коэффициент корреляции составляет 0,9. При этом по вине обслуживающего персонала происходят от 85 до 90% отказов.

С целью усовершенствования технического обслуживания устройств электрической сигнализации и централизации выполнена формализация стратегии технического обслуживания, а для оценки эффективности предложен коэффициент результативности технического обслуживания, который является интегральным показателем. Принципиальной особенностью вычисления коэффициента результативности является учет не только полученного эффекта от проведения обслуживания, но и трудоемкости самого технического обслуживания на протяжении всего срока эксплуатации.

На основе предложенной формализации стратегии технического обслуживания синтезирована стратегия для устройств электрической сигнализации и централизации. При синтезе учитывалось, что устройства должны иметь защитный отказ, при функционировании имеют два режима – статический и динамический и постоянно находятся в режиме использования и ожидания на использование по различным функциям в реальном времени; устройства разнотипные по принципу действия и функциональной направленности и подвержены влиянию внешней среды.

Также разработан метод определения времени назначения планово-восстановительных работ технического обслуживания устройств электрической сигнализации и централизации согласно с их фактическим техническим состоянием. Метод основывается на математической модели определения предкритического уровня изменения обобщающего параметра.

В разработанных моделях устройств электрической сигнализации и централизации учитываются режимы эксплуатации и их техническое обслуживание, для устройств описана логика функционирования и определены обобщающие параметры с соответствующими предкритическими уровнями. Указанные модели были положены в основу технического обеспечения автоматизированного рабочего места электромеханика по техническому обслуживанию устройств электрической сигнализации и централизации.

Для подтверждения эффективности предлагаемых путей по совершенствованию технического обслуживания устройств электрической сигнализации и централизации разг 20 ана имитационная модель системы технического обслуживания на базе синтезированной стратегии. В ходе имитационного моделирования получены зависимости, которые подтверждают эффективность предложенных мероприятий. В результате моделирования установлено, что коэффициент результативности для процесса технического обслуживания на базе синтезированной стратегии больше на 21,8 % в начале эксплуатации и на 18,5 % после трех лет эксплуатации, по сравнению с существующей стратегией технического обслуживания. Также путем расчетов установлено, что снижение трудоемкости технического обслуживания наблюдается с 41,36 до 16,15%.

Ключевые слова: устройства электрической сигнализации и централизации, техническое обслуживание, стратегия технического обслуживания, отказ, состояние устройства, параметр, работы по техническому обслуживанию, трудоемкость, имитационная модель.

SUMMARY

Lapko A.O. Improvement of maintenance of the device electrical signal and centralization system by complex of the control of a technical condition. Manuscript.

The dissertation on competition of a scientific degree of the candidate of technical sciences on a speciality 05.22.20 – exploitation and repair of transport means. Ukrainian state academy of railway transport. Kharkiv, 2010.

The thesis is dedicated to the solving of a pressing theoretical and practical problem – improvement of maintenance of the device of electrical signal and centralization system.

Causal analysis of railway automatics device failures and caused by this train delays has been conducted as well as analysis of the existing process of electric signal and centralization device maintenance. Philosophy maintenance for the electric centralization devices has been formalized and synthesized. For the estimation of maintenance factor of productivity is offered which is an integrated parameter. Basic feature of calculation of factor of productivity is the account of not only received effect from realization of maintenance, but also of labour-intensiveness of the maintenance itself.

Method for time estimation of planned recovery works of electric signal and centralization devices maintenance according to their actual condition on the basis of the engineered mathematical pattern of estimation of pre-emergency level of generalized parameter change has been introduced. Models built for electric signal and centralization devices considering all the modes of maintenance and operation were assumed as a basis of automated workplace of electrician of electric centralization station. Simulation model for the system of maintenance has been built. Dependences obtained in the course of modeling confirm the effectiveness of the introduced measures.

Key words: electric signal and centralization devices, technical service, philosophy maintenance, failure, device condition, parameter, maintenance works, labour-intensiveness, simulation model.

Лапко Антон Олександрович

УДК 656.257.004.54

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ
ПРИСТРОЇВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ ТА
ЦЕНТРАЛІЗАЦІЇ ШЛЯХОМ КОМПЛЕКСНОГО КОНТРОЛЮ
ТЕХНІЧНОГО СТАНУ**

05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту

Автореферат

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом автора

Відповідальний за випуск

ст.викл. О.А. Абакумов

Формат 60x90/16. Умовн.-друк.арк. 0,9. Тир. 100 прим. Зам. № 417-10.
Підписано до друку 08.11.10. Папір офсетний.

Надруковано з макету замовника у СПД ФО Бровін О.В.
м. Харків, майдан Свободи, 7. Т. (057)758-01-08, (066)822-71-30
Свідоцтво про внесення суб'єкта до Державного реєстру
видців та виготовників видавничої продукції серії ДК №3587 від 23.09.09 р.