

Єгольников О.О.

Миколаївський коледж транспортної інфраструктури Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка Всеволода Лазаряна

ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ, ДІАГНОСТУВАННЯ І МОНІТОРИНГУ ЗАСОБІВ АВТОМАТИКИ НА ОБ'ЄКТАХ ЗАЛІЗНИЧНО-ВОДНОГО СПОЛУЧЕННЯ

Стаття присвячена розв'язанню актуального науково-практичного завдання управління процесами діагностування та моніторингу засобів залізничної автоматики на припортових залізницях, поромних станціях, залізничних поромах. Розглянуто особливості експлуатації та технічного обслуговування, які полягають у поєднанні функцій залізничного транспорту з водним. Запропоновано концепцію інформаційної платформи для залізничного порома.

Об'єктом моніторингу є електричні параметри пристроїв залізничної автоматики (рейкових кіл, стрілок, світлофорів), які у вигляді числових значень або застережних інформаційних повідомлень передаються на спеціалізовані технологічні вікна або на автоматизоване робоче місце технолога; одержані дані зазнають оброблення та використовуються для складання практичних рекомендацій. Інформаційну базу досліджень становлять нормативна документація Укрзалізниці й законодавча база України, наукові праці вітчизняних і зарубіжних вчених із розробки методів і систем технічного діагностування та моніторингу. Як теоретичне підґрунтя використані положення дискретної математики, основи теорії ймовірності, дослідження операцій, теорії надійності й діагностування, теорії ризиків та управління якістю. Постановка експериментальних досліджень містила визначення показників струму й напруги в процесі роботи у звичайному експлуатаційному режимі пристроїв залізничної автоматики припортової залізниці.

Запропоновано модель задачі управління процесами діагностування та моніторингу засобів автоматики на об'єктах залізнично-водного сполучення, яку розв'язано за допомогою математичного апарату ланцюгів Маркова. За інформаційний критерій прийнято циклічність пошкоджень. Результати спрямовані на ефективність і вірогідність оцінювання, прогнозування технічного стану, апробовані в навчальному процесі під час підвищення кваліфікації кадрів.

Ключові слова: припортові залізниці, поромні станції, залізничні пороми, залізнична автоматика, система технічного діагностування та моніторингу, накопичення дефектів.

Постановка проблеми. Розширення номенклатури та обсягу вантажів по транспортним шляхам України, які включатимуть у себе понад 22 тис км залізничних колій [1], призвело до диспропорції між пропускною і переробною здатністю портів (поромних сервісів) [2], які забезпечують перевезення між Україною, Грузією, Туреччиною, Болгарією та іншими країнами. Проблемними питаннями ефективною експлуатації об'єктів залізнично-водного сполучення є розлад, неузгоджена подача суден, накопичення нерозвантажених поїздів, які залишені на припортових станціях. В основу вирішення цих недоліків повинні бути покладені принципи синхронізації керуючих дій на залізничних під'їзних шляхах і автоматизованої роботи портів (поромних переправ) з урахуванням повної завантаженості суден. Важлива роль при цьому відводиться роботі залізничної автоматики і телемеханіки; її надійна експлуата-

ція пов'язана зі вживанням профілактичних заходів щодо попередження відмов, що є важливим науково-практичним завданням, актуальним для транспортних технологій на об'єктах залізнично-водного сполучення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Засоби залізничної автоматики являють собою складний об'єкт для досліджень. Існуючі методи технічного діагностування і обслуговування ґрунтуються на впровадженні різнопланових апаратно-програмних засобів, які створювались поетапно і вирішували задачі локального значення на момент їх розроблення та впровадження. Це обумовлює протиріччя між об'ємами перевезень та рівнем управління технічними заходами з обслуговування. Розв'язання цих проблемних питань пов'язано зі створенням комплексу технічних, програмних і організаційних заходів. Досвід сучасної практики управління процесами

діагностування і моніторингу рейкових кіл, стрілок, світлофорів наведений в роботах Д.В. Єфанова, А.О. Ликова, В.І. Гаврилюка, В.В. Лагути, А.І. Годяєва [3–7], у яких висвітлені проблемні питання, пов'язані з аналізом відмов і методів контролю показників для визначення та прогнозування технічного стану об'єкту. Передусім це необхідність проведення статистичної обробки і архівації вимірених та оброблених значень з селекцією інформації, що значно обмежує застосування на практиці розроблених моделей. Прийняті в роботі [8] науково-методичні принципи створення нової системи діагностування залізничної автоматики містять взаємозалежні завдання, пов'язані з математичним моделюванням процесу функціонування об'єкту діагностування та пошкоджуваності пристроїв, розробкою алгоритму діагностування як сукупності елементарних перевірок, за результатами яких відбувається ідентифікація пошкоджуваності та визначається технічний стан. Як методологічна основа сучасних напрямків систем технічної діагностики і моніторингу швидкісних магістралей застосовуються експериментально-теоретичні методи і математичні моделі, побудовані на основі пасивних спостережень або функцій розподілу напрацювання до відмови, проте через інші специфічні умови експлуатації вони не можуть бути застосовані для об'єктів залізнично-водного сполучення.

Постановка завдання. Мета роботи – розвиток теоретично-методологічного підґрунтя управління процесами діагностування і моніторингу залізничної автоматики, визначення її технічного стану на об'єктах залізнично-водного сполучення.

Виклад основного матеріалу дослідження. *Особливості технічного обслуговування засобів залізничної автоматики на припортових залізницях та поромних станціях* полягають у поєднанні функцій залізничного транспорту з водним, що вимагатиме постановки додаткових досліджень, які, крім спостереження за показниками пристроїв, повинні включати у себе додаткову інформацію: постановку та розв'язання ситуаційних задач, розробку та впровадження новітніх засобів інформаційної підтримки. Системний підхід передбачатиме об'єднання процесів обслуговування залізничних поромів і припортових залізниць з максимальною типізацією експлуатаційних рішень, в основу яких покладено багатоаспектні уявлення щодо особливостей функціонування засобів залізничної автоматики. Одним з таких важливих факторів слід вважати кліматичні і погодні умови (табл. 1).

Вихідними даними для побудови досліджень є інформація про комплектування встановленого обладнання (зокрема кількість та стан запасних інструментів і приладів) і якість його роботи, яка надходить з журналів, графіків та планів технічного обслуговування та ремонту, дефектів і відмов, протоколів відомчих і Державних перевірок. Джерелом також може бути інформація про працездатність залізничної автоматики та суміжних з ними систем; відомості з журналів обліку вимушених зупинок за кількісними характеристиками і аналізом прийнятих рішень щодо їх усунення. Реалізація стратегії включає у себе реальне дослідження предметної області із залученням фахівців, зокрема системних аналітиків. Як приклад, на рис. 1 у графічному

Таблиця 1

Кліматичні умови експлуатації залізничної автоматики на об'єктах залізнично-водного сполучення півдня України (складено автором)

Місяць	Температура, °С		Вологість, %	Сила вітра, м/с	Середньмісячна норма опадів, мм
	вдень	вночі			
Січень	-9	-16	81	4,8	42,6
Лютий	-11	-18	83	4,7	28,9
Березень	+17	-1	72	5,2	29,1
Квітень	+21	+4	65	4,9	29,4
Травень	+30	+9	66	4,2	32,5
Червень	+33	+15	62	4,2	58,6
Липень	+32	+29	61	4,1	24,8
Серпень	+32	+27	53	4,9	21,9
Вересень	+31	+8	60	4,3	29,5
Жовтень	+23	+4	72	4,4	24,0
Листопад	+15	-4	84	4,6	22,7
Грудень	+6	-7	85	4,8	29,2

вигляді наведено концепцію інформаційної платформи, складену для обслуговування залізничного порома, для чого було проаналізовано сучасний досвід крупних компаній, зокрема: морського спеціалізованого порту «Ніка-Тера», морського торговельного порту «Південий», судноплавної компанії «UkrFerry», компанії «АртПорт».

Теоретичні передумови і методологія досліджень. Об'єктом моніторингу є електричні параметри пристроїв залізничної автоматики (рейкових кіл, стрілок, світлофорів), які у вигляді числових

значень або попереджуючих інформаційних повідомлень передаються на спеціалізовані технологічні вікна або на автоматизоване робоче місце технолога; одержані дані зазнають оброблення та використовуються для складання практичних рекомендацій. Теоретичні і експериментальні дослідження проведено автором роботи особисто з використанням лабораторної бази відділення «Автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій» Миколаївського коледжу транспортної інфраструктури Дніпровського національного

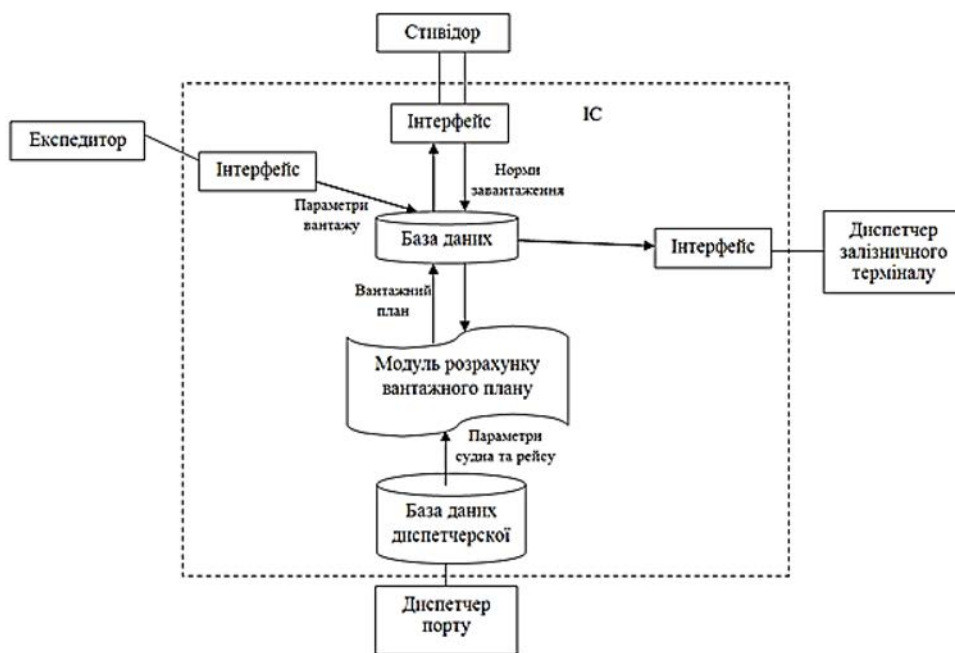


Рис. 1. Концепція проєкту інформаційної платформи для обслуговування залізничного порома

Таблиця 2

Основні етапи, постановка завдань, методи та інструментальне забезпечення досліджень

Етапи досліджень	Методи досліджень та інструментальне забезпечення	Застосовність до результатів досліджень
Системне дослідження параметрів діагностування засобів автоматики	Імітаційне моделювання, математичні методи дослідження операцій [9–11]	Пошук місць та визначення причин відмов та несправностей
Прогнозування технічного стану об'єкту	Імовірнісне моделювання на основі випадкових процесів Маркова [10; 11]	Розробка моделі задачі управління процесами діагностування і моніторингу
Дослідження та вибір заходів з технічного обслуговування засобів залізничної автоматики на об'єктах залізнично-водного сполучення	Ресурсний підхід [12] Метод експертних оцінок [13]	Розробка практичних і методичних рекомендацій щодо технічного обслуговування засобів залізничної автоматики на припортових залізницях, поромних станціях
Визначення економічної ефективності розробок	Метод функціонально-вартісного аналізу [14] Методи економічного, маркетингового і екологічного аналізу інноваційних проєктів [15; 16]	Оптимізація витрат на одиницю корисного ефекту від розвитку методу технічного діагностування і моніторингу для об'єктів залізнично-водного сполучення

університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. В табл. 2 наведено основні етапи досліджень, методи та інструментальне забезпечення.

Постановка експериментальних досліджень включала у себе визначення показників струму і напруги при роботі у звичайному експлуатаційному режимі пристроїв залізничної автоматики припортової залізниці (як приклад розглянуто ділянку морського спеціалізованого порту «Ніка-Тера»). Для вимірювань застосовано прилад Ц4380 (ампервольтметр ТУ У 13566542,002-98) з вхідним опором 1360 Ом [17]. Під час експериментальних вимірювань зафіксовано кліматичні показники. Числову та статистичну обробку даних здійснено за допомогою програмних пакетів *MATLAB (Math Works, Inc)* і *MSExel*. Інформаційну базу досліджень становлять нормативна документація Укрзалізниці та законодавча база України (табл. 3).

Результати та їх обговорення. Результати досліджень представлені у вигляді моделі задачі управ-

ління процесами діагностування і моніторингу на об'єктах залізнично-водного сполучення (табл. 4).

Фізична ситуація моделі складена на підставі експериментальних досліджень, які показали дискретність електричних ланцюгів внаслідок циклічності процесу навантаження. За осередненими значеннями визначався момент часу, у якій показники пристроїв перевищували нормативні значення, проте у період цього часу динаміка процесу мала монотонний характер. Тобто процес накопичення дефектів можна розглядати як невідновний, тобто кумулятивний, який за допомогою ланцюгів Маркова [11] можна описати як послідовність подій. При цьому введено поняття «кумулятивне пошкодження» – незворотне накопичення пошкоджень пристроїв при циклічних діях, де швидкість монотонного накопичення пошкоджень описується як $V(x, y, z, t) = const$, де x – значення напруги (або інших електричних характеристик) пристроїв залізничної автоматики (наприклад, на колійному реле); y – характерис-

Таблиця 3

Нормативна документація

Нормативний документ	Предмет досліджень
ГОСТ 20911-89. Техническая диагностика. Термины и определения	Обслуговування припортових залізниць
Правила обслуговування залізничних під'їзних колій (Затв. Наказом Міністерства транспорту України від 21 листопада 2000 р. № 644 із змінами і доповненнями)	
ДСТУ 4178-2003. Комплекси технічних засобів систем керування та регулювання руху поїздів. Функційна безпечність і надійність. Вимоги та методи випробування.	Прийняття рішень при обслуговуванні засобів автоматики на об'єктах залізнично-водного сполучення
ДСТУ 4151-2003. Комплекси технічних засобів систем керування та регулювання руху поїздів. Електромагнітна сумісність. Вимоги та методи випробування	
ДСТУ ГОСТ 33514:2018 Продукція залізничного призначення. Правила верифікації методики неруйнівного контролю	
ДСТУ 32.0.08.001-97 Порядок розроблення та постановлення продукції на виробництво для потреб залізничного транспорту в системі міністерства транспорту України	
ДСТУ ISO / IEC 33063:2015. Інформаційні технології оцінювання процесу. Моделювання процесу для тестування програмного забезпечення	Інформаційна підтримка діагностування і моніторингу пристроїв автоматики
Правила технічної експлуатації залізниць України (Затв. Наказом Міністерства транспорту України від 20 грудня 1996 р. № 411 із змінами і доповненнями)	Розробка практичних рекомендацій зі складанням алгоритму автоматичного визначення технічного стану
Інструкція з технічного обслуговування пристроїв сигналізації, централізації та блокування ЦШ 0060 (Затв. Наказом Державної адміністрації залізничного транспорту України від 07 жовтня 2009 р. № 090-ЦЗ)	
ЦШ/0024. Релейно-процесорна та мікропроцесорна централізація стрілок та сигналів. Експлуатаційно-технічні та організаційні вимоги. Київ, 2006 р.	
Пам'ятка Р809 «Електромагнітна сумісність мікроелектронних пристроїв сигналізації, централізації та блокування (СЦБ)»	Формулювання та уточнення параметрів діагностування з моделюванням процесу накопичення дефектів
Пам'ятка Р801/4 «Каталог можливих пошкоджень і відмов пристроїв сигналізації, централізації та автоблокування (СЦБ)»	
Пам'ятка Р855 «Основні принципи визначення необхідної надійності пристроїв сигналізації, централізації та автоблокування (СЦБ)»	

тики пристроїв автоматики; z – зовнішні умови експлуатації (зокрема кліматичні умови); t – час.

Під подією розуміється зміна швидкості накопичення пошкоджень на деяку критичну величину $V_{кр}$, яка обирається за результатами експериментальних спостережень на певній ділянці припортової залізниці (поромній станції, під'їзному шляху тощо). При реалізації події $V \geq V_{кр}$ відбувається перехід у наступний стан, де технічний стан засобів автоматики і час розглядаються як дискретні функції. Тобто за допомогою запропонованої моделі можна не тільки ефективно оцінювати технічний стан роботи засобів залізничної автоматики на дільниці, а і передбачати з певною імовірністю вихід її з ладу. *Перспективи подальших* досліджень пов'язані з формалізованим описом дефектів пристроїв автоматики з постановкою числових експериментів.

Результати роботи апробовано у Навчально-науковому центрі розвитку професійної освіти при підвищенні кваліфікації електромеханіків СЦБ, електромеханіків контрольно-вимірювальних пристроїв СЦБ, техніків ШЧ. Під час опанування новими методами курсанти пройшли комп'ютерну підготовку, отримали навички роботи з новими, зокрема авторськими програмами [19, 20]. Функціональні завдання інформаційного забезпечення полягають у:

- додаванні інформації про поточні показники пристроїв автоматики та записів про виконання ремонтних робіт;
- виконанні планування заміни та ремонту пристроїв автоматики;
- контролі стану роботи пристроїв автоматики шляхом порівняння поточних показників з граничними; формуванні звітів.

Технічне обслуговування залізничних поромів і припортових залізниць забезпечується за рахунок кваліфіковано побудованої клієнтської частини, яка, як правило, представляється у вигляді графічних інтерфейсів. Це наглядно полегшує використання програмного продукту та дає персоналу змогу концентруватися виключно на службовій інформації внесення, обробці та аналізі даних.

Наукове і практичне значення одержаних результатів. Робота являє собою важливе системно-аналітичне дослідження в області технічного обслуговування об'єктів залізнично-водного сполучення.

Розвинуто теоретично-методологічне підґрунтя управління процесами діагностування і моніторингу залізничної автоматики, яке на відміну від існуючих враховує особливості експлуатації засобів залізничної автоматики, ймовірнісний підхід до процесу накопичення пошкоджень та дефектів, що новим, ще недослідженим напрямком.

Висновки. Проаналізовано особливості експлуатації засобів автоматики на об'єктах залізнично-водного сполучення, які полягають у поєднанні функцій залізничного транспорту з водним, що наглядно відображено у побудованій концепції інформаційної платформи для обслуговування залізничного порома.

Для об'єктів залізнично-водного сполучення запропоновано нову модель задачі управління процесами діагностування і моніторингу засобів автоматики, складену за результатами експериментальних досліджень і математичного опису за допомогою ланцюгів Маркова з інформативним параметром у вигляді інтенсивності пошкоджень,

Таблиця 4

Характеристика моделі задачі

Характеристика	Опис
Завдання технічного діагностування	Контроль технічного стану об'єкта, пошук місць та визначення причин відмов та несправностей, прогнозування технічного стану об'єкта
Об'єкт моніторингу	Електричні параметри пристроїв залізничної автоматики: рейкових кіл, стрілок, світлофорів
Робоча гіпотеза досліджень	Динаміка накопичення пошкоджень має монотонний характер та ґрунтується на принципах автомодельності з використанням лінійних законів підсумування на певній ділянці часу
Вимоги до моделювання	Моделювання ситуації повинно враховувати статистичний досвід з відмов пристроїв автоматики за аналогічний період часу
Припущення	У початковий момент система не мала збоїв
Інформативний критерій	Інтенсивність пошкоджень $\bar{V} = \frac{V}{V_{кр}}$ – зміна швидкості накопичення пошкоджень на деяку критичну величину $V_{кр}$
Реалізація моделі	Оцінювання реального технічного стану пристроїв залізничної автоматики та прийняття рішення щодо можливості їх подальшої експлуатації

що спрямовано на підвищення ефективності оцінки прогнозування технічного стану.

Результати роботи апробовано у Навчально-науковому центрі розвитку професійної освіти при підвищення кваліфікації електромеханіків

СЦБ, електромеханіків контрольно-вимірювальних пристроїв СЦБ, техніків ШЧ Миколаївського коледжу транспортної інфраструктури Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна.

Список літератури:

1. Прейгер Д., Жаліло Я., Собкевич О., Ємельянова О. Реалізація транзитного потенціалу України як фактор зміцнення економічних зв'язків між Європою та Азією. *Економіка України*. 2012. № 4. С. 47–59.
2. Ширяєва Л.В., Шагіна М.В. Аналіз можливостей використання залізничних поромів СК «УКРФЕРІ» для перевезення контейнерів. *Розвиток методів управління та господарювання на транспорті*. 2017. № 1 (58). С. 76–89.
3. Дунаєв Д.В., Романцев І.О., Гаврилюк В.І. Аналіз отказов и методы контроля рельсовых цепей. *Наука и прогресс транспорта. Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта*. 2010. С. 212–217.
4. Годяев А.И. Методологические основы принятия решений по обеспечению безопасности движения на железнодорожных переездах : монография. Хабаровск : ДВГУПС, 2004. 138 с.
5. Ефанов Д.В. Функциональный контроль и мониторинг устройств железнодорожной автоматики и телемеханики : монография. Санкт-Петербург : ПГУПС, 2016. 171 с.
6. Лагута В.В., Сердюк Т.М., Пархоменко А.А. Аналіз відмов елементів залізничної автоматики. *Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті*. 2017. № 13. С. 57–65.
7. Сердюк Т.Н., Завгородний А.В., Гаврилюк В.І. Измерение электромагнитных полей в обратной тяговой сети. *Наука та прогрес транспорту. Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна*. 2009. № 29. С. 134–139.
8. Мойсеєнко В.І., Чегодаєв Б.В., Зотова О.С. Методи діагностування систем залізничної автоматики. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2014. № 4. С. 26–32.
9. Аверилл М. Лау, В. Девид Кельтон. Имитационное моделирование. Классика CS / пер с англ. 3-е изд. Киев : Издательская группа ВHV, 2004. 847 с.
10. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения. Москва : Наука, 1991. 384 с.
11. Богданов Дж., Козин Ф. Вероятностные модели накопления повреждений / пер. с англ. Москва : Мир, 1989. 344 с.
12. Шемаєв В.В. Теоретико-методологічні засади та пріоритети розвитку транспортної інфраструктури в системі екологічної безпеки України : монографія. Київ, 2018. 494 с.
13. Ситник В.Ф. Системи підтримки прийняття рішень Київ : КНЕУ, 2004. 614 с.
14. Федулова Л.І. Інноваційна економіка : підручник для вузів. Київ : Либідь, 2006. 480 с.
15. Константинов С.М., Пономаренко Ю.Л. Інформаційні технології управління сучасними підприємствами : навчальний посібник : у 2 томах. Львів : Українська академія друкарства, 2010. Т. 2. 355 с.
16. Пічкур Т.В. Стратегія екологічної діяльності на залізничному транспорті. *Збірник наук. праць Державного економічно-технічного університету транспорту. Сер. : Транспортні системи і технології*. 2012. № 21. С. 192–195.
17. Измерительно-вычислительные средства в системе автоматизации диагностирования и контроля устройств ЦСБ : учебное пособие для вузов / А.А. Сепетый, В.В. Кольцов, В.С. Прищепца и др. Ростов-на-Дону : Рост. Гос. Ун-т путей сообщения, 2009. 416 с.
18. Роїк М.В., Присяжнюк О.І., Денісюк В.О. Огляд програмних засобів статистичного аналізу даних. *Ефективна економіка*. 2017. № 7. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua> (дата звернення: 01.06.2020).
19. Єгольников О.О. Основні принципи розробки системи підтримки прийняття рішень управління процесами діагностування і моніторингу засобів автоматики для мереж залізнично-водного сполучення. *East European Scientific Journal Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe*. 2019. № 11 (51). 5. Р. 11–16.
20. Информационные управляющие системы и технологии. Проблемы и решения : монография / под ред. В.В. Вычужанина. Одесса : ОНПУ «Экология», 2019. С. 151–161.

Yeholnikov O.O. FEATURES OF TECHNICAL MAINTENANCE, DIAGNOSTICS AND MONITORING OF AUTOMATION EQUIPMENT AT RAILWAY AND WATER COMMUNICATION FACILITIES

The article is devoted to solving an urgent scientific and practical problem of managing the processes of diagnostics and monitoring of railway automation equipment on the port railways, ferry stations, and railway ferries. The article discusses the features of operation and maintenance, which consist in the coordination of the functions of railway transport with water transport. The article proposes a concept of information support for a railway ferry.

The object of monitoring is the electrical parameters of railway automation devices (track circuits, switches, traffic lights), which are transmitted in the form of numerical values or warning information messages to specialized technological windows or to an automated workstation of a technologist; the obtained data are processed and used to draw up practical recommendations. The information base of the research consists of the normative documentation of the Ukrainian Railway and the legislative base of Ukraine, scientific works of domestic and foreign scientists on the development of methods and systems for technical diagnostics and monitoring. As a theoretical basis for the study, the provisions of discrete mathematics, the foundations of the theory of probability, operations research, the theory of reliability and diagnostics, the theory of risks and quality management were used.

A model of problems of control of the processes of diagnostics and monitoring of automation systems at the reservoir facilities is proposed, since it is associated with an additional mathematical apparatus of Markov chains. The frequency of malfunctions occurrence is taken as an information criterion. The results are aimed at the effectiveness and reliability of assessment and forecasting of technical condition and tested in the educational process in advanced training.

Key words: port railroad, ferry stations, railway ferry, railway automatics, system of technical diagnostics and monitoring, accumulation of defects.