УДК 621.396.6:658.58

Д. А. Мул, Є. В. Прокопенко

УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ЗАСОБІВ ЗВ'ЯЗКУ ТА ІНФОРМАТИЗАЦІЇ НА ОСНОВІ РИЗИК-ОРІЄНТОВАНОГО МОНІТОРИНГУ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ

Анотація. *Запропоновано ризик-орієнтований підхід до планування технічного обслуговування засобів зв'язку та інформатизації на основі діагностичних показників, критичності обладнання й історії відмов. Визначено етапи впровадження та критерії перевірки результативності.*

Ключові слова: *технічне обслуговування; засоби зв'язку; діагностика; оцінювання ризику; технічна готовність.*

Annotation. *A risk-oriented approach to maintenance planning for communications and information systems equipment is proposed. It integrates condition indicators, equipment criticality and failure history. Implementation stages and criteria for evaluating effectiveness are outlined.*

Keywords: *maintenance; communications equipment; condition monitoring; risk assessment; technical availability.*

Надійність засобів зв'язку та інформатизації безпосередньо визначає здатність органів військового управління підтримувати інформаційний обмін за умов зміни обстановки, обмеженості матеріально-технічних ресурсів і порушення штатної інфраструктури. Сучасна система зв'язку охоплює радіостанції, ретрансляційні вузли, маршрутизатори, комутатори, обладнання супутникового доступу, засоби криптографічного захисту, серверні компоненти та автономні джерела електроживлення. Їх різнорідність ускладнює застосування єдиного регламенту технічного обслуговування (ТО), оскільки однакові інтервали перевірок не відображають фактичного навантаження, умов експлуатації та наслідків можливої відмови.

Актуальним завданням є поєднання планово-попереджувальних заходів із діагностикою за фактичним технічним станом і пріоритезацією робіт за ризиком.

Мета дослідження полягає в обґрунтуванні організаційно-методичного підходу до удосконалення ТО і ремонту засобів зв'язку та інформатизації шляхом інтеграції результатів технічного моніторингу, оцінювання критичності обладнання та електронного обліку несправностей.

Методологічну основу становлять положення управління технічним станом обладнання, ризик-орієнтованого аналізу відмов і безперервного моніторингу. Стандарт ISO 17359:2018 визначає загальні підходи до побудови програм контролю стану машин [1]. Його принципи збору параметрів, встановлення критеріїв реагування та перегляду діагностичних правил можуть бути адаптовані до апаратних складових засобів зв'язку; при цьому стандарт не слід розглядати як спеціальний норматив для радіоелектронної техніки. Для програмно-керованих компонентів істотне значення має керування оновленнями, яке в рекомендаціях NIST SP 800-40 Rev. 4 визначено складовою профілактичного обслуговування інформаційних технологій [2]. Положення NIST SP 800-137 щодо постійного моніторингу інформаційних систем [3] застосовні до організації контролю конфігурацій, подій і вразливостей, але не замінюють вимірювань фізичних параметрів обладнання.

Першим етапом пропонується формування уніфікованого реєстру технічних засобів. Для кожної одиниці фіксуються функціональне призначення, тип і модифікація, місце в структурі мережі, дата введення в експлуатацію, встановлене програмне забезпечення, результати останньої перевірки, наявність резервування, гарантійні обмеження та історія відмов. Окремо відображаються взаємозалежності: відмова джерела живлення може спричинити одночасну втрату працездатності кількох радіоелектронних засобів, тоді як несправність одного допоміжного пристрою не завжди призводить до порушення основної послуги.

Другий етап передбачає встановлення набору контрольованих показників відповідно до типу обладнання. Для радіостанцій та ретрансляторів такими показниками можуть бути вихідна

потужність передавача, чутливість приймача, коефіцієнт стоячої хвилі за напругою антенно-фідерного тракту, рівень помилок передавання, температура та стан акумуляторів. Для мережевого обладнання доцільно враховувати частоту перезавантажень, втрати пакетів, заповнення інтерфейсів, помилки портів, температуру, стан вентиляторів і накопичувачів. Для електроживлення важливими є напруга, параметри заряду, температура, час автономної роботи та фактична ємність батарей. Номенклатура і допустимі значення показників установлюються за технічною документацією конкретних виробів і результатами приймально-контрольних вимірювань.

Для кожного параметра доцільно визначити три зони інтерпретації: нормальну, попереджувальну та критичну. Перебування показника у нормальній зоні передбачає виконання планових робіт; поява стійкого відхилення у попереджувальній зоні ініціює додаткову діагностику; вихід у критичну зону потребує рішення про обмеження експлуатації, перемикання на резерв або відновлення працездатності. Порогові значення не можуть бути універсальними для всіх виробів. Їх уточнення має враховувати паспортні характеристики, похибки засобів вимірювання, особливості середовища та допустиме погіршення якості послуги.

Третім етапом є визначення пріоритетів виконання ТО. Для цього пропонується використовувати інтегральну оцінку ризику, яка поєднує ймовірність виникнення відмови, важкість її наслідків та спроможність своєчасно виявити несправність. Початкові бальні оцінки встановлюються експертною групою із застосуванням узгоджених шкал, а після накопичення статистики уточнюються за фактичними даними. Першочергового обслуговування потребують засоби, несправність яких може призвести до втрати єдиного каналу зв’язку, порушення функціонування вузла управління або одночасного відключення залежного обладнання. Водночас сам факт тривалої експлуатації не повинен автоматично означати найвищий пріоритет, якщо виміряні параметри залишаються стабільними і передбачене ефективне резервування.

Для практичного застосування пропонується матриця рішень із чотирьох категорій. Категорія А охоплює критичні засоби з ознаками деградації, для яких плануються невідкладна перевірка та готовність резерву. Категорія Б включає критичні засоби без відхилень, що потребують посиленого контролю і своєчасного профілактичного обслуговування. До категорії В належить некритичне обладнання з виявленими відхиленнями, для якого призначається адресне усунення причин. Категорія Г охоплює стабільні допоміжні засоби, які можуть обслуговуватися за штатним графіком. Перехід між категоріями здійснюється після отримання нових діагностичних даних або зміни ролі обладнання в топології мережі.

Окремим напрямом удосконалення є запровадження електронного журналу технічного стану, сумісного з використанням локальних баз даних або табличних засобів. Запис про кожну подію повинен містити ідентифікатор виробу, час виявлення відхилення, симптоми, результати перевірки, встановлену причину, застосовані запасні частини, тривалість відновлення та підтвердження працездатності після ремонту. Для обладнання, яке експлуатується в ізольованих сегментах, збір і передавання даних організовуються з урахуванням установлених режимних обмежень. Стандартизовані коди причин відмов дають змогу відрізняти дефекти живлення, антенно-фідерного тракту, апаратні несправності, помилки конфігурації та пошкодження програмного забезпечення.

Для оцінювання результативності запропоновано використовувати взаємопов’язану систему показників: середню тривалість відновлення працездатності, частку повторних відмов, кількість позапланових виїздів ремонтних груп, виконання графіка профілактичних робіт і коефіцієнт технічної готовності. За наявності достатньої кількості спостережень доцільно окремо розраховувати середній час між відмовами для однорідних груп обладнання. Порівняння здійснюється за однакових умов експлуатації та за визначений період, а вплив випадкових чинників оцінюється через довірчі інтервали або аналіз розкиду. Необґрунтовано переносити отримані показники з одного типу мережі на інший чи заявляти відсоткове підвищення готовності без результатів експериментальної перевірки.

Порядок апробації доцільно побудувати на пілотній групі однотипних засобів. На підготовчому етапі формується реєстр обладнання та збираються вихідні відомості про відмови, ремонти і тривалість простоїв. Далі запроваджуються контрольні карти технічного стану, узгоджені критерії ризику та електронна реєстрація втручань. Після завершення визначеного періоду порівнюються результати з базовими значеннями, а також аналізуються додаткові

трудовитрати на діагностику. Важливо врахувати, що збільшення кількості виявлених відхилень на початковому етапі може свідчити про покращення спостережуваності, а не про фактичне погіршення надійності. Лише після такого аналізу можна обґрунтовано змінювати періодичність допоміжних перевірок у межах дозволених експлуатаційними документами.

Реалізація підходу потребує організаційних передумов. Серед них — визначення відповідальних за достовірність записів, метрологічне забезпечення вимірювань, резервне зберігання документації, підготовка персоналу до роботи з типовими діагностичними картами та узгодження процедур передачі техніки в ремонт. Доцільно передбачити окремі процедури для випадків, коли доступ до виробу тимчасово відсутній, діагностичні відомості неповні або виконання вимірювань створює ризик переривання критичної послуги. У таких ситуаціях рішення повинно прийматися на підставі наявної інформації, із фіксацією невизначеності та збереженням встановлених вимог безпеки. Додатковим обмеженням є необхідність захисту відомостей про склад і топологію спеціальних мереж.

Науково-практична новизна запропонованого підходу полягає у спільному розгляді діагностичних ознак, функціональної критичності та експлуатаційної історії техніки як підстав для планування ТО. На відміну від незалежного ведення журналів несправностей і календарних графіків, пропонується замкнений цикл «вимірювання — оцінювання ризику — призначення робіт — перевірка результату — коригування правил». Його практичною перевагою є можливість поступового впровадження без обов’язкового придбання складної автоматизованої платформи: початковий облік може здійснюватися в електронних таблицях із подальшим переходом до спеціалізованої системи технічної підтримки. Водночас ефективність такого переходу підлягає перевірці на реальних експлуатаційних даних.

Отже, удосконалення системи технічного обслуговування і ремонту засобів зв’язку та інформатизації доцільно здійснювати шляхом переходу від переважно календарного розподілу робіт до поєднання регламентного ТО, контролю фактичного стану та оцінювання наслідків відмов. Запропонована послідовність охоплює паспортизацію обладнання, вибір діагностичних показників, формування рівнів реагування, ризик-орієнтоване планування і накопичення структурованої історії ремонту. Очікуваними, але такими, що потребують емпіричного підтвердження, результатами є скорочення непродуктивних втручань, зменшення тривалості відновлення критичних елементів і підвищення обґрунтованості потреб у запасних частинах. Подальші дослідження слід спрямувати на експериментальне визначення вагових коефіцієнтів ризику та оцінювання результативності методики для різних класів засобів зв’язку. Практична перевірка методики має охоплювати усі різні типи обладнання.

Список використаних джерел:

1. ISO 17359:2018. Condition monitoring and diagnostics of machines — General guidelines. ISO, 2018. URL: https://www.iso.org/standard/71194.html.

2. Souppaya M., Scarfone K. Guide to Enterprise Patch Management Planning: Preventive Maintenance for Technology. NIST SP 800-40 Rev. 4. 2022. URL: https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/SpecialPublications/NIST.SP.800-40r4.pdf

3. Dempsey K. et al. Information Security Continuous Monitoring (ISCM) for Federal Information Systems and Organizations. NIST SP 800-137. 2011. DOI: 10.6028/NIST.SP.800-137.

Мул Дмитро Анатолійович *– кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри зв’язку та інформаційних систем Національної академії Державної прикордонної служби України імені Б. Хмельницького (в/ч 9960), м. Хмельницький, e-mail: dmitry.mul@gmail.com, ORCID https://orcid.org/0000-0003-2662-4770.*

Прокопенко Євгеній Володимирович *– кандидат технічних наук, доцент, начальник кафедри зв’язку та інформаційних систем Національної академії Державної прикордонної служби України імені Б. Хмельницького (в/ч 9960), м. Хмельницький, e-mail: mydocent@gmail.com, ORCID https://orcid.org/0000-0002-6825-2357.*

Dmytro Anatoliiovych Mul *– Candidate of Technical Sciences (Ph.D.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Communications and Information Systems,*

Bohdan Khmelnytskyi National Academy of the State Border Guard Service of Ukraine (Military Unit 9960), Khmelnytskyi, Ukraine, e-mail: dmitry.mul@gmail.com, ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2662-4770

Yevhenii Volodymyrovych Prokopenko *– Candidate of Technical Sciences (Ph.D.), Associate Professor, Head of the Department of Communications and Information Systems, Bohdan Khmelnytskyi National Academy of the State Border Guard Service of Ukraine (Military Unit 9960), Khmelnytskyi, Ukraine, e-mail: mydocent@gmail.com, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6825-2357*