

Міністерство освіти і науки України

Український державний університет науки та технологій

Кафедра «Автоматика та телекомунікації»

ДОВІДКА

про відсутність плагіату у випускній кваліфікаційній роботі

За результатами перевірки випускної кваліфікаційної роботи (ВКР) здобувача вищої освіти освітнього ступеня (ОС) «магістр»

Чернявського Максима Олеговича
(прізвище, ім'я, по батькові)

на тему: Визначення раціональної періодичності
технічного обслуговування елементів
технологічного радіозв'язку

в роботі не виявлено порушень академічної доброчесності.

Керівник ВКР

В. Мацута
(підпис)

Мацута Р.В.
(прізвище, ім'я, по батькові)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Український державний університет науки і технологій
Кафедра «Автоматика та телекомунікації»

«ДО ЗАХИСТУ»

Завідувач кафедри

Гаврилюк В. І.

(підпис)

2021 р. 12 « 16 »

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ОКР «магістр»

Галузь знань 27 «Транспорт»

Спеціальність 273 «Залізничний транспорт»

Спеціалізація «Системи керування рухом поїздів»

Тема «Визначення раціональної періодичності технічного

обслуговування елементів технологічного радіозв'язку»

Theme «Determination of the rational frequency of maintenance of
technological radio communication elements»

Керівник дипломної роботи

доцент

В. Лагута

Лагута В.В.

(посада)

(підпис)

(ПІБ)

Студент групи 969-М

(підпис)

Чернявський М.О.

(ПІБ)

Student

Cherniavskyi Maksym

(family name)

Дніпро

2021

Український державний університет науки і технологій

Кафедра «Автоматика та телекомунікації»

Галузь знань 27 «Транспорт»
Спеціальність 273 «Залізничний транспорт»
Спеціалізація «Системи керування рухом поїздів»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри

_____ Гаврилюк В.І.
(підпис) (ПІБ)

« _____ » _____ 2021 р.

ЗАВДАННЯ

до дипломної роботи на здобуття освітнього ступеню «магістр»

Чернявський Максим Олегович

(Прізвище та ім'я по батькові)

Тема роботи Визначення раціональної періодичності технічного
обслуговування елементів технологічного
радіозв'язку

Затверджена наказом по університету № 630-ст від « 19 » жовтень 2020 р.

2. Термін подання студентом закінченої роботи 15 грудня 2021 р.

3. Вихідні дані до роботи Інтенсивність відмов пристроїв технологічного
залізничного радіозв'язку

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва розділу	Обсяг %	Кількість креслень
Вступ	5	
1. Огляд досліджень з надійності елементів технологічного залізничного радіозв'язку	20	
2. Аналіз статистичних даних відмов пристроїв технологічного залізничного радіозв'язку	15	
3. Аналіз і оцінка якості процесів системи технологічного залізничного радіозв'язку	20	
4. Визначення раціональних періодів відновлення елементів технологічного радіозв'язку	35	
Висновки	5	

Студент

Науковий керівник

РЕФЕРАТ

Відомості про об'єм пояснювальної записки:

- 52 сторінки,
- 3 таблиці,
- 12 рисунків
- 20 джерел літератури.

Ключові слова: залізничний технологічний радіозв'язок, система утримання, ланцюги маркова, математичне моделювання.

Завданням даної магістерської роботи є визначення раціональної періодичності технічного обслуговування елементів технологічного радіозв'язку.

Пояснювальна записка до дипломного проекту складається з чотирьох розділів

У першому розділі були оглянуті дослідження з надійності елементів технологічного процесу, загальні відомості про вимірювання у системах технологічного радіозв'язку, аварійних ситуацій у цифрових мережах радіозв'язку, діагностика апаратури.

У другому розділі були проаналізовані статистичні дані відмов пристроїв технологічного радіозв'язку.

У третьому розділі проаналізована та оцінена якість процесів системи технологічного залізничного радіозв'язку.

В останньому, п'ятому розділі була визначена раціональна періодичність елементів технологічного радіозв'язку.

ЗМІСТ

Вступ

1. Огляд досліджень з надійності елементів технологічного залізничного радіозв'язку

1.1. Загальні відомості про вимірювання у системах технологічного радіозв'язку

1.2. Типи аварійних ситуацій у цифрових мережах радіозв'язку

1.3. Повідомлення про аварійні ситуації

1.4. Діагностика апаратури

1.5. Огляд досліджень

2. Аналіз статистичних даних відмов пристроїв технологічного залізничного радіозв'язку

2.1. Огляд радіостанцій що використовуються на залізниці

2.2. Аналіз статистичних даних відмов

3. Аналіз і оцінка якості процесів системи технологічного залізничного радіозв'язку

4. Визначення раціональних періодів відновлення елементів технологічного радіозв'язку

Висновки

Список літератури

ВСТУП

Основною метою вивчення відмов елементів зв'язку на залізничному транспорті, є підвищення ефективності функціонування залізничного транспорту. Головними механізмами досягнення поставленої мети є: реформування системи управління галуззю на основі впровадження систем управління якістю та використання сучасних технологій інформатики, зв'язку і управління .

У цьому поступальному процесі важливе значення має розвиток систем технологічного радіозв'язку, як засобу оперативного управління перевізним процесом, забезпечення безпеки руху, контролю і моніторингу стану залізничних пристроїв, організації та здійснення технологічних процесів, що в свою чергу обумовлює підвищення вимог до якості функціонування залізничних радіомереж.

Актуальність роботи визначається основними проблемами системи технологічного залізничного радіозв'язку, низькою надійністю використовуваного обладнання, наявністю зон з пониженим рівнем сигналу, обмеженням функціональної і технічної можливості.

Ціль роботи: підвищення функціональної надійності системи технологічного радіозв'язку шляхом визначення раціонального періоду обслуговування.

Об'єкт дослідження: елементи технологічного радіозв'язку.

Методи дослідження: методи оптимізації, методи теорії випадкових процесів, математичний аналіз, теорія зв'язку.

Використовувані методи управління функціонуванням системи залізничного радіозв'язку, як показує динаміка відмов, не забезпечують необхідні показники якості, надійності і оперативності радіозв'язку. Це пов'язано з рядом негатив-них тенденцій, таких як — великий знос основних фондів підрозділів зв'язку, недостатнє і нерегульоване матеріально-технічне

забезпечення, дефіцит кваліфікованих кадрів, застарілі технології обслуговування радіопристроїв.

Основна причина такого стану полягає у невідповідності існуючої системи управління в підрозділах зв'язку новим економічним умовам. Перехід до ринкової економіки потребує від підприємств галузі істотного підвищення економічної ефективності та конкурентоспроможності. Це можливо тільки на основі перегляду політики і цілей системи управління на залізничному транспорті, модернізації технологічної і технічної бази технологічних процесів у підрозділах залізничного транспорту.

Існує перелік невирішених задач, пов'язаних з відсутністю галузевих методик контролю та аналізу якості радіозв'язку, технічного обслуговування системи технологічної залізничної радіозв'язку, процедур розробки і реалізації управлінських рішень при виборі, проектуванні, випробуванні і експлуатації радіосистем, дотримання яких гарантує необхідну якість функціонування системи технологічного радіозв'язку.

Основи проектування оптимальних систем виробничого зв'язку та забезпечення необхідних показників їх функціонування були закладені у роботах Матлина Р. М., Зелігера А. Н., Листова В. Н., Рамлау П. Н., Головіна Э.З., Красковского А. Е., Веріго А. М., Ваванова Ю. В.

Питання розробки ефективного управління виробничим системам присвячені праці Ларичева О. В., Лузіна А. Е., Ємельянова СВ., Микони СВ., Дубова Ю. А., Травкіна С.І.

Однак специфіка залізничного транспорту, широкий спектр та різноманітність проблем, що виникають при управлінні мережами радіозв'язку, посилення вимог до систем технологічного залізничного зв'язку (ТЗЗ), нові технічні та функціональні можливості цифрових систем, вимагають розвитку нових підходів в управлінні якістю їх функціонування.

Досвід розвитку залізниць і великих компаній показує, що вдосконалення

системи управління доцільно виконувати на основі міжнародних стандартів серії ISO 9000.

Таким чином, потребують якнайшвидшого вирішення завдання з функціонування системи управління якістю залізничної радіозв'язку — розробка методів управління, контролю і оцінки процесів експлуатації та технічного обслуговування систем радіозв'язку, що гарантують якість функціонування та обслуговування абонентів системи технологічної залізничної радіозв'язку.

РОЗДІЛ 1

Огляд досліджень з надійності елементів технологічного залізничного радіозв'язку

1.1 Загальні відомості про вимірювання у системах технологічного радіозв'язку

Вимірювання у цифрових системах технологічного радіозв'язку фактично є моніторинг ресурсів мережі. Найважливішим елементом будь-якої цифрової мережі радіозв'язку є обладнання базової станції.

Вимірювання продуктивності базових станцій мають важливе значення для оцінки стану мережі зв'язку та її поточних можливостей з надання послуг.

З використанням цих вимірів збирається інформація:

- про готовність ресурсів мережі;
- розподіл трафіку;
- якості послуг, що надаються.

У кінцевому рахунку ідентифікуються проблемні зони в мережі, в яких доцільно вжити ті чи інші коригувальні та запобіжні дії.

Постійний вимір параметрів роботи мережі зв'язку необхідний контролю її продуктивності та виявлення на цій основі можливих невідповідностей чи тенденцій появи невідповідностей. За результатами таких вимірювань можна ухвалити рішення про реконфігурацію мережі зв'язку (включення додаткових частот на базових станціях або підключення додаткових сот). Вимірювання необхідні також для оптимізації параметрів мережі, що діє, залежно від навантаження.

1.2 Типи аварійних ситуацій у цифрових мережах радіозв'язку

Найважливішою ланкою вимірювань у цифрових мережах технологічного радіозв'язку є фіксування та попередження у системі аварійної ситуації. Сигнал про аварійну ситуацію є повідомленням Центру управління та обслуговування (ОМС – operation and maintenance centre) про виниклу несправності. Сигнал про

аварійну ситуацію може виходити з будь-якої точки підсистеми BSC (base station controller), обладнаної апаратним (HW – hardware) або програмним (SW – software) засобом виявлення несправності (датчиком) та має програмне забезпечення, яке виробляє повідомлення про відмову.

Відповідно до такої загальної філософії аварійної сигналізації будь-який сигнал про аварійну ситуацію повинен нести таку інформацію:

- ступінь тяжкості відмови;
- тип позаштатної ситуації.

У підсистемі блоку BSC передбачено п'ять різних ступенів тяжкості збою:

- Критичний;
- Значний;
- Незначний;
- Попередження;
- Усунено.

Критичний рівень відповідає виходу підсистеми з ладу.

Значний рівень відповідає ситуації, коли у підсистемі виникає відмова, що істотно знижує її функціональність.

Незначний рівень відповідає наявності збою в системі, який не знижує її функціональність (наприклад, не працює резервний модуль). Іншими словами, знижується функціональність сегмента підсистеми, але підсистема в цілому може працювати без шкоди для виконання її функції. У такому випадку також потрібно втрутити створ користувача, але воно має терміновий характер, оскільки якість виконання покладеної функції досі прийнятно чи оскільки виконано автоматичне зміна конфігурації.

На рівні «Попередження» у підсистемі є помилка, яка не призводить до відмови (збою) щодо трафіку чи апаратури.

Стан «Усунено» відповідає усуненню раніше зареєстрованої помилки.

Визначено п'ять класів позаштатних ситуацій (невідповідності нормі), які залежать від функціональної частини підсистеми, в якій, власне, виникла відмова:

- якість обслуговування;
- зв'язок;
- обладнання;
- обробка;
- довкілля.

Сигнал про аварійну ситуацію, пов'язаний з якістю обслуговування, відноситься до зниження якості сервісу. Такий сигнал про аварійну ситуації виробляється, наприклад, при радіосигналі рівня 3, коли якість послуги, що надається мобільному абоненту, падає до порогового значення.

Сигнали про аварійну ситуацію класу «Зв'язок» відповідають операціям та/або процесам, що відносяться до обміну інформацією між елементами підсистеми. В основному беруться до уваги наступні відмови:

- помилки ліній зв'язку;
- відмови мережі зв'язку, які не стосуються апаратного забезпечення;
- нештатні ситуації у радіоканалі рівня 3.

Обладнання – сигнали про аварійну ситуацію, пов'язані з відмовими апаратури. Сигнали цього класу виявляються та аналізуються у процесі операцій з обслуговування, які мають на меті усунення відповідних відмов за рахунок резервування обладнання. В цьому випадку на дисплеї сигналів несправності відображається як функція, що викликала його, так і відповідний ступінь тяжкості збою.

Обробка – сигнали про аварійну ситуацію, пов'язані з помилками програмного забезпечення. Це може бути просто попередження про події, які ведуть відмови. Інакше можуть викликати перезавантаження програмного забезпечення плати.

1.3 Повідомлення про аварійні ситуації

Розглянемо приклади повідомлень у цифрових системах радіозв'язку про виникнення аварійних ситуацій.

Подія збою зв'язку: відмова такого типу в основному пов'язана з процедурою та/або процесом, необхідним для передачі інформації з однієї точки

в іншу. У принципі повідомляється про наступні події відмови: збої, пов'язані з усіма лініями зв'язку BSC; проблеми, пов'язані з блокуванням комутацій у мережі (але не апаратного походження), несправності, пов'язані з блокуванням принаймні одного радіоавтомата рівня 3.

Повідомлення про ці несправності виробляються протоколами відповідних ліній зв'язку, щойно реєструється виникнення проблеми, функцією радіо 3-го рівня та/або функцією управління з'єднаннями мережі, щойно виявляється блокування у системі виклику. Відповідно з цим визначенням об'єктами, що виробляють подібне повідомлення про відмову, є, наприклад, протоколи ліній зв'язку та програма адміністратор радіо 3-го рівня.

Події якості послуги: збій цього пов'язаний з погіршенням якості функціональності BSC. Така подія відмови генерується радіо 3-го рівня у будь-якому разі, коли якість послуг, що надаються мобільному абоненту, падає нижче за деякий заданий пороговий рівень. Об'єкти, які могли б викликати генерування події цього типу, визначити нелегко, оскільки вони створюють посилення на конкретні фізичні об'єкти. Наприклад, до об'єктів, які можуть генерувати подібні події відмови, можна віднести процес управління радіо 3-го рівня. Разом з повідомленням про факт події відмови може бути вказано статус автомата, у якому відмова зареєстрована.

Події відмови апаратури: події цього типу пов'язані з відмовами обладнання та є найбільш традиційними. Вони виникають у формі несправності апаратури, які повідомляються та аналізуються процедурами обслуговування з метою вжити необхідних коригуючих дій з допомогою резервування апаратного складу BSC. У тому, що стосується відображення цих подій на місцевому рівні, крім факту повідомлення про збій та ступінь його тяжкості видається інформація, що дозволяє встановити несправний блок (елемент) – джерело повідомлення.

Подія збою обробки: ця категорія подій пов'язана з помилками програмного забезпечення, яких будь-кому хотілося б позбутися, оскільки вони викликані помилками, допущеними під час програмування.

Встановлення такого класу подій та повідомлень та інформація, що міститься в них, необхідні для усунення несправностей.

Подія збою середовища: такий сигнал про аварійну ситуацію пов'язаний із приміщенням (об'єктом), в якому розміщена апаратура BSC. BSC має можливість реєструвати такі причини збоїв, отримуючи інформацію від відповідних сенсорів через контрольні точки.

Ступінь тяжкості: цей параметр визначає один із п'яти рівнів аварійної ситуації в тій мірі, як вона оцінюється алгоритмом програмного забезпечення. П'ять рівнів її (у порядку посилення загрози):

- Відбій: цей рівень тяжкості відповідає скидання одного та більше попередніх сигналів про аварійну ситуацію. Сигнал про аварійну ситуації цього типу скидає всі попередні сигнали про аварійну ситуацію для конкретного об'єкта, що мають такий тип аварійної ситуації та можливу причину. Він повідомляється як повідомлення про припинення помилки;

- Попередження: цей рівень відповідає стану, при якому об'єкт повідомив про можливу або «очікувану» помилку, яка поки що не вплинула на функціональність BSC. Це швидше запрошенням почати необхідні дії з діагностики та виправлення проблеми до того, як ступінь її тяжкості підвищиться. Для події відмови такої низького рівня генерування сигналу припинення аварійної ситуації не обов'язково. У будь-якому випадку запис про стан або екземпляр (копія) об'єкта, що його згенерували, не зберігається (об'єкт не може бути опитування ОМС), і воно не відображається візуальними засобами (наприклад, світлодіодами);

- Незначний: відповідає повідомленню про такий збій, який не порушує функціональність об'єкта (наприклад, увімкнувся резервний елемент) або, у кращому випадку, відображає те, що функціональність частини BSC погіршилася, але вона може виконувати свої функції без суттєвого збитку якості;

- **Значний:** відповідає повідомленню об'єкта про таке збої, який суттєво погіршує його функціональність або, у кращому у випадку, показує, що якась функціональна частина системи BSC істотно нефункціональна;

- **Критичний:** цей рівень показує, що об'єктом видано повідомлення про таку відмову, яка повністю вивела його з ладу, або, у кращому разі, вказує на те, що якась функціональна складова блоку BSC повністю не задіяна (не доступна системі).

1.4 Діагностика апаратури

Діагностика призначена для перевірки функціональності модулів обладнання та визначення місцезнаходження відмови.

Блок BSC складається з багатьох елементів, пов'язаних між собою. При цьому часто відмовивши блок завдяки взаємозв'язку модулів може впливати на підлеглі йому елементи, блокуючи їхню нормальну роботу. Оператор повинен враховувати це і при пошуку несправного блоку керуватися блок-схемою, наведеною нижче.

Діагностика здійснюється двома способами:

- запуск оператором LMT – локальним терміналом обслуговування або ОМС;

- самозапуск діагностики системою, якщо система хоче запустити діагностику на пристрої, щодо якого пройшло повідомлення про відмову: якщо результат діагностики задовільний, пристрій повертається у процес експлуатації; якщо ні, пристрій вважається виведеним з експлуатації.

Етапи діагностики:

- введення команд на елемент апаратних засобів;
- порівняння фактичного відгуку пристрою з очікуванням;
- використання фази, на якій зареєстровано невдале порівняння, як основи виявлення причини відмови.

Процес діагностики поділяється на фази. Кожна фаза – це перевірка функціональності частини апаратури, яка може проводитись незалежно (індивідуально) та більш точно вказувати на можливу проблему.

У разі збою результат фази діагностики повинен враховувати конкретні елементи апаратури, перевірені у її ході, та загальну картину діагностики.

Виділяють такі обов'язкові фази діагностики:

- старту – для правильного встановлення плати;
- закінчення – відновлення нормальних робочих умов апаратури. Ця фаза завжди виконується останньою крім випадків аварійного переривання тестування чи припинення діагностики оператором;
- аварійне переривання – для відновлення характеристики апаратури незалежно від фази в даний момент.

До переліку підозрілих можна занести до чотирьох модулів. Це особливо важливо у разі відмови об'єкта, що є елементом мережі (NTW – Network). Це єдиний випадок, коли відповідність між фізичним та логічним об'єктом – місцезнаходженням відмови – не може бути безпосередньо та негайно виявлено.

Кожен вид обладнання має свою діагностику. Результати певної фази діагностики різні для кожної окремої діагностики: зазвичай для кожного тесту є біт, який вказує, пройшло обладнання тест чи ні, і значення бітів залежить від конкретного випробуваного пристрої. Якщо діагностика виконана успішно, у вихідній доповіді буде відображено лише перелік виконаних фаз.

Невдале проходження фази діагностики може мати різні ступені тяжкості. Зокрема, може статися, що невдала перевірка зробить неможливим будь-яке подальше діагностичне випробування на пристрої (наприклад, якщо об'єкт або його частина недоступні, або якщо процесор плати не відповідає). В цьому випадку все залишивши еся фази (крім фази закінчення) будуть пропущені. В інших випадках невдалого результату перевірки діагностика буде продовжено попри поганий результат тесту.

1.5 Огляд досліджень

Проводиться аналіз інформаційної бази управління системи залізничного радіозв'язку - систем контролю і оцінки функціонування системи ТЗЗ.

Визначаються показники якості системи ТЗЗ з урахуванням специфіки використання радіозв'язку в технологічних процесах підрозділів залізничного транспорту.

Імовірність якісного функціонування системи ТЗЗ можебути визначена в такий спосіб:

$$P(Q_{\text{ТЗЗ}}) = \sum_{i=1}^N [(Q_{\text{ТЗЗ}}/E_i) \times p(E_i)], \quad (1.1)$$

де $P(Q_{\text{ТЗЗ}})$ - умовна ймовірність, що враховує вплив i - го елемента на якість системи $Q_{\text{ТЗЗ}}$; $p(E_i)$ ймовірність стану i – го елемента ТЗЗ.

На основі формули (1), що характеризується якість системи ТЗЗ $P(Q_{\text{ТЗЗ}})$ виконується: аналіз структури системи контролю ТЗЗ, типу реєстрованих даних і використовуваних технологій обробки інформації.

Виявлені такі недоліки існуючої системи: неповнота реєстрованих даних, відсутність комплексної системи контролю та аналізу стану всіх елементів системи ТЗЗ, низька достовірність і відсутність методології аналізу даних.

Кількісні показники, що характеризують вплив елементів системи ТЗЗ на її надійність (таблиця 1.1).

Відмови		Перевищення терміну експлуатації	
Причина	Оцінка	Вид радіостанцій	Оцінка
Підрозділи зв'язку	До 90%	ПРС*	
		Стаціонарні радіостанції	28%
		Локомотивні радіостанції	62%
Служба електропостачання	До 20%	СРС*	
		Стаціонарні радіостанції	61%
		Локомотивні радіостанції	52%
Помилки абонентів	До 20 %	Портативні радіостанції	
		двосторонній парковий зв'язок	52%

Таблиця 1.1-Оцінка факторів, впливаючих на надійність ТЗЗ

ПРС*- поїзний радіозв'язок, СРС *- станційний радіозв'язок.

Причини відмов і виявлені тенденції погіршення техніко-експлуатаційних властивостей системи радіозв'язку, підтверджують необхідність розробки нових підходів щодо управління якістю мереж ТЗЗ.

Якість роботи системи залізничного радіозв'язку визначається з використанням показників, які введені для систем виробничого радіозв'язку:

1. Категорія обслуговування, визначається як достовірність переданої інформації:

$$D = \frac{n_m - n_0}{n_m} \times 100\%, \quad (1.2)$$

де D - розбірливість звуків і слів, n_m - загальне число переданих звуків і слів, n_0 - число помилково прийнятих звуків і слів.

2. Час дії системи зв'язку - T (КО):

$$T(KO) = \left(\frac{T_{KO}}{T_H} \right) \times 100\%, \quad (1.3)$$

де T_{KO} - сумарний час, протягом якого категорія обслуговування залишалася не нижче заданої, T_H - час спостереження.

2. Ймовірність обслуговування в системі зв'язку P_0 :

$$P_0 = P[(KO) \geq (KO); (ВД) \geq (ВД)], \quad (1.4)$$

де KO , $ВД$ - задані показники «категорія обслуговування» і «Час дії».

Перераховані показники не відображають специфіку якості для систем ТЗЗ, оскільки не враховують використання радіозв'язку в технологічних процесах, вплив системи радіозв'язку на показники безпеки та ефективності перевізного процесу.

З метою оцінки та управління якістю системи ТЗЗ розроблена система показників, які враховують специфіку проведених робіт, з застосуванням радіозв'язку, розподіл пріоритетів серед абонентів, регламент радіозв'язку, підвищені вимоги до системи радіозв'язку на залізничному транспорті - безпека, надійність, функціональність.

Проведений в роботі аналіз безпеки використання систем радіозв'язку, дозволив виявити небезпечні стани, які призводять до нештатним відмовам:

S_{01} - передача перекрученої інформації, S_{02} -неправильна адресація інформації, S_{03} - втрата або затримка інформації при передачі, S_{04} - неможливість

використання радіозв'язку. За умови незалежності цих подій, безпека системи визначається наступним чином:

$$P_t(S_{om}) = \sum_{n=1}^{N_m} P_t(S_{om}^n) \quad (1.5)$$

$$P_t(S_{om}^n) = 1 - Q_t(S_{om}^n) \quad (1.6)$$

$$Q_t(S_{om}^n) = Q_t\left(\frac{S_{om}^n}{F_{mn}}\right) \times Q_t(F_{mn}) \quad (1.7)$$

де M_n - загальне число небезпечних дестабілізуючих факторів,здатних перевести систему в небезпечний стан, S_{om}^n – m – е небезпечний стан, що виникає при впливі n – го дестабілізуючого чинника; $Q_t\left(\frac{S_{om}^n}{F_{mn}}\right)$ - умовна ймовірність переходу системи в стан S_{om}^n ,якщо виник небезпечний дестабілізуючий фактор F_{mn} .

При відсутності статистичних даних для розрахунку ймовірностей безпеки діючих, а також проєктованих систем, оцінка безпеки виконується з використанням методів аналізу ризику,заснованого на аналізі ймовірності і наслідків небезпечних подій.

Показники		Оцінка
Надійність		
Інтенсивність відмов (на 10 радіостанцій)/год	Поїзний радіозв’язок	Станційний радіозв’язк
Стаціонарні радіостанції	2,57	1,74
Ввозимі радіостанції	3,71	0,99
Портативні радіостанції		0,21
Коефіцієнт готовності	0,86	
Безпека		
Критичне число ризику	КЧР=300	КЧР доп = 210

Функціональність		
Імовірність відновлення з'єднання	0,91	$P_0=0.95$
Разбірливість	$D \leq 3$ класа	$D_0=2$ клас

Таблиця 1.2- Якість функціонування системи ТЗЗ

Для кількісної оцінки безпеки системи введено критичне число ризику (КЧР), що відбиває кількісну оцінку ймовірності виникнення небезпечного стану, тяжкості наслідків і ступінь прийнятності ризику виникнення даного стану.

Для мереж станційного радіозв'язку, при існуючій технології контролю якості їх функціонування, критичне число ризику дорівнює 300, при нормі рівній 210. Це обумовлено, в основному, наступними факторами: відсутність систем паспортизації мереж, перевантаженість каналів радіозв'язку, наявність зон зниженого радіосигналу.

В таблиці відображено існуючі невідповідності технологічних мереж радіозв'язку вимогам, пов'язаним з безпекою і ефективністю технологічних процесів підрозділів залізничного транспорту і всього перевізного процесу.

Концепції процесного підходу до управління і концепції життєвого циклу технічних засобів зв'язку. Управління якістю системи ТЗЗ передбачається на всіх етапах її розвитку : при розробці вимог, проектуванні ,будівництві ,монтажу, випробуваннях, прийманні, технічному обслуговуванні, експлуатації, модернізації.

РОЗДІЛ 2

Аналіз статистичних даних відмов пристроїв технологічного залізничного радіозв'язку

2.1 Огляд радіостанцій що використовуються на залізниці

Технологічний радіозв'язок призначений для підвищення безпеки руху поїздів, оперативного управління перевізним процесом і передачі даних в інформаційно-керуючих системах. Вона поділяється на поїзний, станційний (маневровий) та ремонтно-оперативний радіозв'язок. Безперервний двосторонній поїздний радіозв'язок здійснюється між поїзним диспетчером та машиністами локомотивів, що знаходяться в межах диспетчерської ділянки; між машиністом локомотива, розташованого на перегоні, та черговим найближчою станцією, а також між машиністами зустрічних поїздів. Станційний радіозв'язок застосовується під час виконання маневрових робіт у межах території станції (маневровий зв'язок), розпуску та сортування вагонів (гірковий зв'язок). Системи ремонтно-оперативного радіозв'язку призначені оперативного управління ремонтно-відновлювальними роботами на залізничних перегонах. Залежно від територіального розміщення абонентів зв'язку щодо рухомого локомотива технологічний радіозв'язок поділяється на два види: лінійний та зонний радіозв'язок.

В даний час на залізничному транспорті використовуються переважно лінійні мережі симплексного поїздного радіозв'язку гектометрового (2150 і 2130 кГц) діапазону та зонові (у межах станцій та прилеглих до них перегонів) мережі симплексного поїздного та станційного радіозв'язку метрового (156,70). Ці аналогові радіомережі призначені головним чином передачі мовних повідомлень. Їм притаманні такі недоліки: - обмежені функціональні можливості; значний вплив радіоперешкод на якість зв'язку; проблеми у забезпеченні електромагнітної сумісності радіозасобів, особливо у великих вузлах; складності в експлуатації, обумовлені невисокою надійністю та різноманітністю використовуваних пристроїв. Радіостанції стаціонарні (РС) необхідні для зв'язку диспетчерів з машиністами поїзних локомотивів, а також

керівників ремонтних підрозділів з диспетчерським апаратом відповідних служб та застосовуються в системах лінійного поїзного та ремонтно-оперативного симплексного радіозв'язку. Радіостанція возима (РВ) встановлюється на рухомих об'єктах залізничного транспорту та призначена для зв'язку машиністів з диспетчерським апаратом відповідних служб, керівниками ремонтних підрозділів та працює в мережах зв'язку з ГРУ викликом. Широкого поширення набули радіостанції стаціонарні - РС-46М, РС-46МЦ, возимі - РВ-1М, рідше - РВ-1МЦ.

Стаціонарна радіостанція РС-46М призначена для роботи в системі лінійного та зонного поїзного радіозв'язку, керується за дво- або чотирипровідною лінією зв'язку з боку викличного пристрою – розпорядчої станції СР-23.

Сучасна стаціонарна радіостанція РС-46М на відміну від її попередниці РС-46М може працювати як в аналогових лінійних мережах, так і в цифрових, що забезпечено наявністю цифрового інтерфейсу та відповідної обробки сигналів. Цифрова внутрішня структура РС-46МЦ має ряд переваг: гнучкі алгоритми обробки сигналів, можливість сполучення з цифровим приймачем та ін. Проте приймальні пристрої РС-46МЦ частково зберегли свою структуру і аналогову елементну базу. Взята дуплексно-симплексна радіостанція РВ-1М використовується для організації зв'язку машиністів поїзних локомотивів між собою, з диспетчерами, черговими станціями та іншими абонентами, що знаходяться в поїзді і розосередженими вздовж шляху. Встановлюється на рухомих об'єктах залізничного транспорту: магістральних та маневрових локомотивах, мотор-вагонних поїздах (електро- та дизель-поїзди, рейкові автобуси), спеціальному рухомому складі (мотовози, дрезини, автомотриси, колійні машини). Удосконалена возима радіостанція РВ-1МЦ, як і її попередниця РВ1М, призначена для організації поїзного, станційного та ремонтно-оперативного радіозв'язку на залізничному транспорті у метровому, гектометровому та дециметровому діапазонах (ДМВ). У діапазоні ДМВ

радіостанція РВ-1МЦ надає можливість підключення приймача, що працює в цифровому стандарті TETRA.

2.2 Аналіз статистичних даних відмов

Відповідно до п. 6.40 Правил технічної експлуатації залізниць поїздний радіозв'язок повинен забезпечувати надійний двосторонній зв'язок між абонентами радіомережі. Висока надійність електронних пристроїв залізничного транспорту забезпечується комплексом взаємозалежних заходів на всіх етапах їх проектування, виготовлення та експлуатації. Методи підвищення надійності електронної апаратури технологічного радіозв'язку поділяють на три групи: конструктивні (при проектуванні апаратури), технологічні (при її виробництві) та експлуатаційні. Одним із експлуатаційних методів забезпечення необхідного рівня надійності пристроїв технологічного радіозв'язку є проведення технічного обслуговування. Понад те, своєчасне, правильно організоване технічне обслуговування з урахуванням науково обґрунтованих методів – обов'язкова умова підтримки працездатного стану пристроїв радіозв'язку. Такий спосіб підвищення надійності має особливе значення для залізничної апаратури, що працює на локомотивах без постійного спостереження. Радіообладнання поїзних локомотивів може бути перевірено лише під час знаходження локомотивів у депо, причому час огляду часто обмежений. Все це ускладнює обслуговування пристроїв ПРС і потребує серйозної уваги та безперервного вдосконалення методів поточного обслуговування та моделей його організації. Для вдосконалення розроблених раніше моделей оптимізації технічного обслуговування пристроїв радіозв'язку необхідний аналіз відмов радіостанцій, що перебувають у експлуатацію. На основі аналізу отриманих даних про використання засобів технічного радіозв'язку виявлено, що найбільш часто використовуються носимі радіостанції. Це зумовлено тим, що ці радіостанції видаються великій кількості працівників, які безпосередньо працюють на перегоні, на станції, в депо, тоді як стаціонарні та возимі радіостанції встановлюються в кабінах локомотивів, кабінетах диспетчерів та чергових станцій.

Діаграма, що демонструє загальну кількість відмов за видами апаратури представлена на рисунку 2.1.



Рис.2.1 Кількість відмов по виду апаратури

Проаналізувавши діаграму рисунку 2.1, можна дійти висновку у тому, що носимі радіостанції мають найвищий рівень надійності, оскільки переважно вони імпортного виробництва. Найбільша кількість відмов у радіостанцій, що возяться, це обумовлено важкими умовами їх експлуатації. Гістограма з несправностей апаратури представлена на рисунку 2.2.



Рис.2.2 Кількість виявлених відмов

Дані гістограми рисунку 2.2 свідчать про сезонної тенденції відмов радіостанцій. Найбільше її кількість відмов відбувається навесні та восени. Розділивши всі радіостанції на стаціонарні, возимі і носимі, можна виділити три радіостанції, що найбільш використовуються по кожному з типів, це РВ-1.1М, РС-46МЦ і радіостанції, що носяться фірми MOTOROLA серії GP. Розглянемо розподіл кількості відмов радіостанції РВ-1М за складовими її блоками: антенно-узгоджувальний пристрій (АнСУ), блок автоматики (БА), блок живлення локомотивний (БПЛ), блок живлення возимий (БПВ), гучномовець (ГГ), приймач коротких хвиль (ППК), приймач ультракоротких хвиль (ППУ), додатковий пульт управління (ПУ-Д), основний пульт управління (ПУ-ЛП), мікротелефонна трубка (МТ), коробка розподільна (КР), гнучкий шнур з ізоляцією жил з гуми в оплетці (ШРВ). Гістограма відмов за блоками радіостанції РВ-1.1М представлена рисунку 2.3.



Рис.2.3 Гістограма відмов по блокам радіостанції РВ-1.1М

Як очевидно з наведеної рисунку 2.3 гістограми, найчастіше відмовляє МТ, що пов'язано насамперед із механічними ушкодженнями під час експлуатації. Розглянемо розподіл кількості відмов радіостанції РС-46МЦ за складовими її блоками: АнСУ, МТТ, пристрій радіопровідного обладнання (РПО), пристрій введення та захисту (УВЗ), осередок електроживлення (ЕП), пульт управління стаціонарний (ПУС), приймач (УПП1 та УПП2), цифроаналоговий пристрій (ЦАУ), адаптер чотирипровідного каналу (АПК-4), шнур МТТ. Гістограма відмов за блоками радіостанції РС-46МЦ представлена рисунку 2.4.

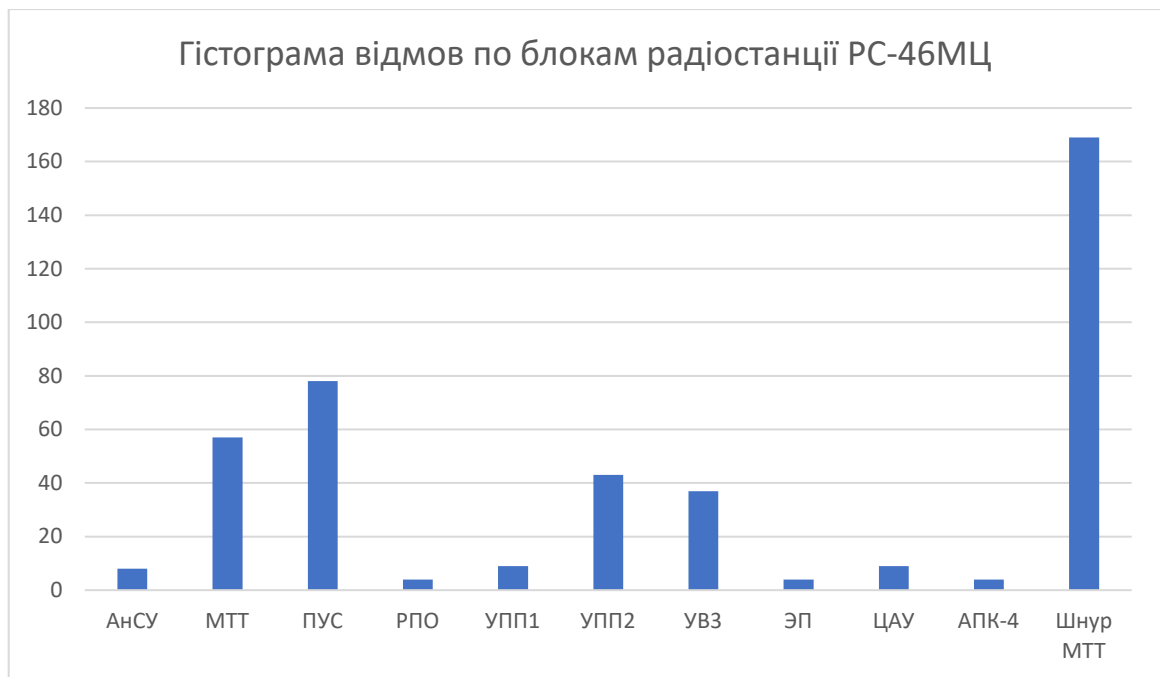


Рис.2.4 Гістограма відмов по блокам радіостанції РС-46МЦ

Як видно з наведеної на рисунку 2.4 гістограми найбільш часто відмовляють шнури МТТ, МТТ і ПУС. Найчастіше ці поломки відбуваються через механічні пошкодження під час роботи з радіостанцією. Носимі радіостанції фірми MOTOROLA серії GP набагато частіше використовуються в роботі, ніж вітчизняні аналоги, це легко пояснюється їх вищою надійністю і, як наслідок, меншою кількістю відмов. Аналіз відмов радіостанцій даного типу показав, що найбільш уразливими елементами апаратури є антена та маніпулятор. Гістограма несправностей для цього типу радіостанцій представлена рисунку 2.5.

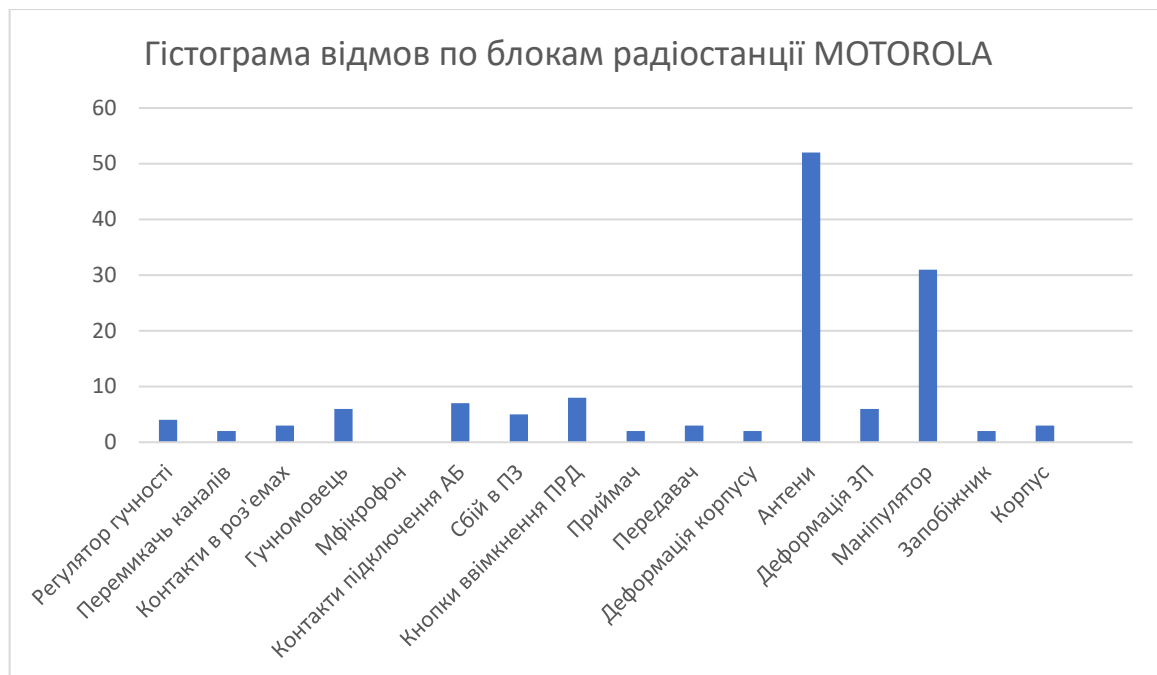


Рис.2.5 Гістограма відмов по блокам радіостанції MOTOROLA

З даних гістограми можна дійти невтішного висновку у тому, що механічні ушкодження також переважають для радіостанцій зазначеної марки, найчастіше виходять із ладу антена і маніпулятор. Таким чином, найбільша кількість відмов всіх типів радіостанцій обумовлена механічними пошкодженнями при експлуатації, в більшості випадків такі пошкодження виникають у результаті недбалого поводження персоналу з апаратурою. Не можна не відзначити сезонність відмов, різні погодні умови також негативно впливають на працездатність радіостанцій. Виявлені особливості характеру відмов радіостанцій мають бути враховані під час організації їх технічного обслуговування (ТО). Тому існуючі моделі оцінки періодичності ТО вимагають урахування людського фактора та сезонності відмов засобів технологічного радіозв'язку.

РОЗДІЛ 3

Аналіз і оцінка якості процесів системи технологічного залізничного радіозв'язку

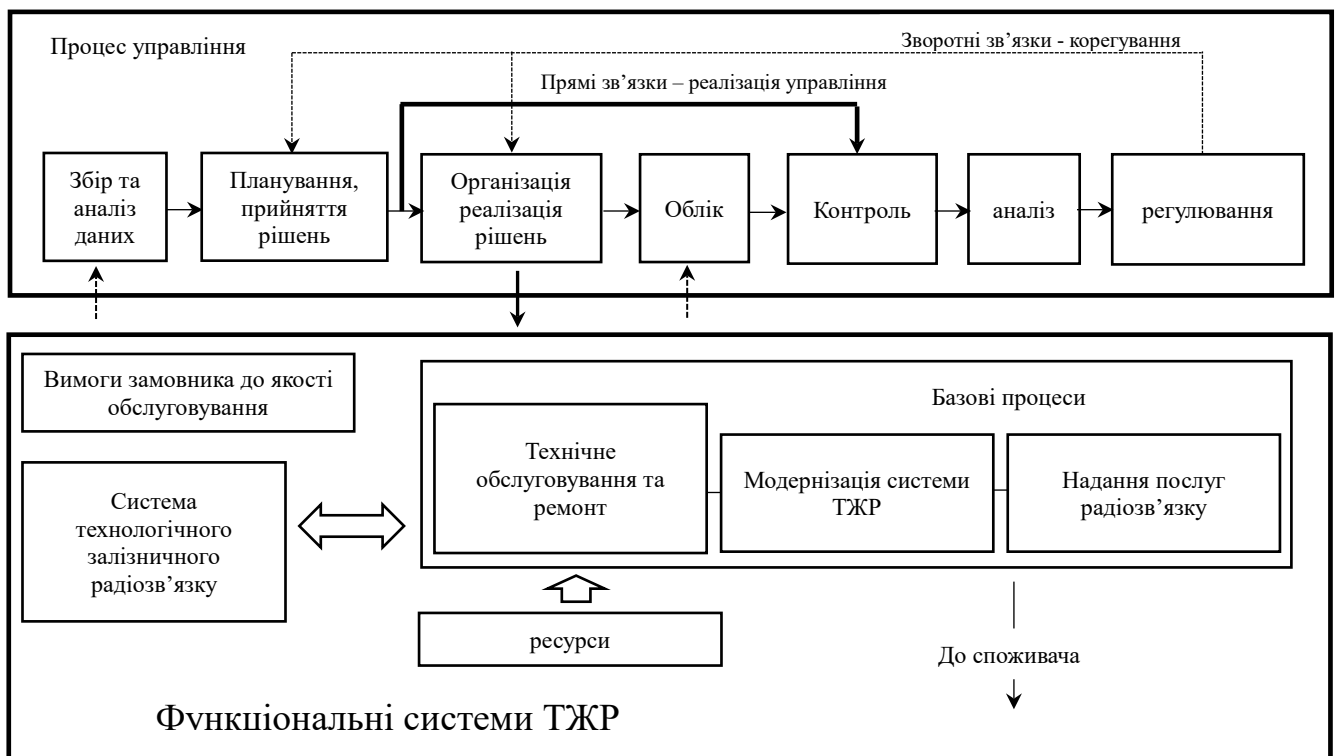
Зіставлення підходів щодо управління якістю, викладених у стандартах ISO, з результатами діяльності підрозділів зв'язку, аналіз якої був виконаний в першому розділі, дозволило виявити неповноту методологічної бази, на основі якої в даний час здійснюється управління якістю системи ТЗЗ.

З метою визначення методів управління якістю системи радіозв'язку існує модель процесу управління ТЗЗ, що враховує основні положення теорії управління, прийняття рішень, а також принципи стандартів ISO: процесний і системний підхід (рисунок 3.1).

Зазначені недоліки визначили напрямки робіт по розробці методів управління якістю системи ТЗЗ, виконаних в дипломній роботі.

Імовірнісна модель процесів життєвого циклу ТЗЗ, елементами якої є етапи процесів, що становлять вектор $\{S1, S2, S3, S4, S5\}$, як етапів визначені операції планування, організації, виконання, контролю і коригування.

Рис.3.1 Модель процесу управління якістю функціонування ТЗЗ



Аналіз структури управління в підрозділах зв'язку залізничного транспорту з урахуванням моделі, виявив такі недоліки існуючої системи управління: відсутність зв'язку між ресурсними, економічними і якісними показниками системи ТЗЗ, відсутність регламентованих показників і методик, дозволяють оцінити якість функціонування системи ТЗЗ і процесів життєвого циклу, відсутність зворотних зв'язків при оцінці і контролі процесів технічного обслуговування і експлуатації радіосистем, низько ефективна система аналізу і контролю даних.

Кожному етапу S_i відповідає вектор стану елементів і чинників, що впливають на якість його реалізації: ресурси, обладнання, технології, персонал, документація - $\{E_1, E_2, E_3, E_4, E_5\}$. Рівень якості процесу життєвого циклу визначається:

$$Q_{pr} = \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^5 (S_i \times E_j \times Q_y) \div V_{0_seq} \quad (3.1)$$

де Q_{pr} - якість процесу, i - етапи процесу, j - елементи (спектр) процесу, Q_y —якість процесу на i - му етапі з j -им спектром, V_{0_seq} - необхідна якість процесу. Управління якістю процесу полягає в розробці та прийнятті рішень на кожному етапі S_i з метою забезпечення необхідного стану E_j .

Графічне представлення моделі аналізу і оцінки процесів ТЗЗ наведено на рисунку 3.2.

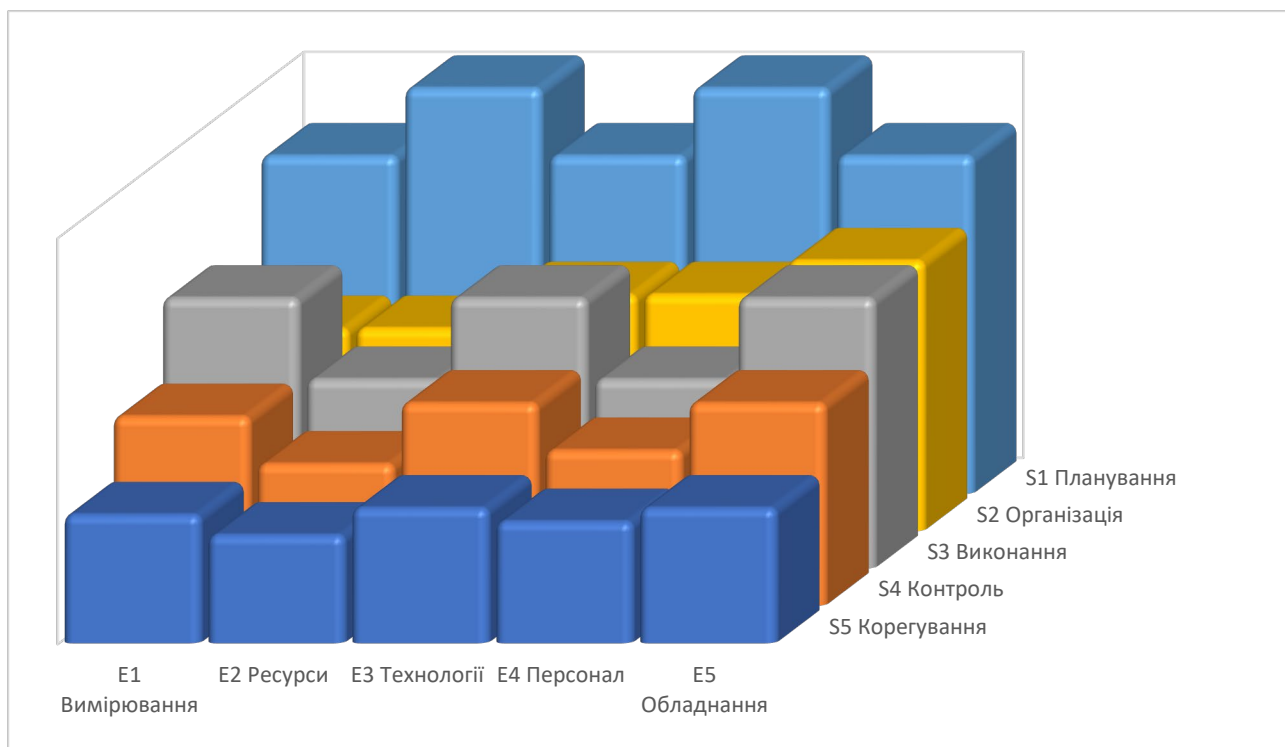


Рис.3.2-Модель аналізу та оцінки якості процесів системи ТЗЗ

На основі моделі виконується оцінка якості процесу технічного обслуговування системи радіозв'язку залізничного транспорту.

Відповідно процесу технічного обслуговування встановленим вимогам на етапі «контроль» становить 0,60 при нормі рівною 1.

Модель оцінки і аналізу якості процесів дозволяє визначати невідповідності на різних етапах процесів, орієнтуватися на конкретні показники, оцінювати необхідні ресурси, визначати шляхи вдосконалення процесу для забезпечення якості функціонування ТЗЗ.

Важливим елементом процесу управління є розробка і прийняття управлінських рішень. З урахуванням цього створено методологічну базу, що дозволяє вирішувати завдання первинного аналізу проблем, структурування даних, формування, аналізу та вибору варіантів рішення.

Економіко-математична модель, дозволяє керувати параметрами процесів життєвого циклу ТЗЗ. Модель заснована на процесному підході та враховує взаємодію кількісних, економічних та якісних показників:

$$\begin{aligned}
 D(x) &= \max \sum_{pr1 \in P} D(pr1) = \\
 &= \max \sum_{pr1 \in P} \frac{\left\{ \left(\sum_{j=1}^{T(x1(pr1))} d_j[x1(pr1)] - r_j d_j[x1(pr1)] \right) - INV_{x2(pr1)} d_j[x1(pr1)] \right\}}{(1+r)^j}
 \end{aligned}
 \tag{3.2}$$

де $D(x)$ - чистий дисконтований дохід при реалізації процесу $x = X\{pr_1, pr_2, \dots, pr_n\}$; $d_j[x_1(pr_1)]$ - доходи, що з'являються через j інтервалів часу після реалізації варіанту процесу де $D(x)$ - чистий дисконтований дохід при реалізації процесу $x_1(pr_1)$; $r_j(x_1(pr_1))$ - витрати, що з'являються через j інтервалів часу після реалізації варіанту процесу $x_1(pr_1)$; $INV_{x2(pr1)}[x_1(pr_1)]$ - інвестиції, здійснювані на етапах реалізації процесу $x_1(pr_1), x_2(pr_1)$ - етап реалізації процесу.

Дана модель використовується для вирішення задачі вибору системи цифрового технологічного залізничного радіозв'язку.

Для вирішення завдань оцінки і порівняння альтернатив, що розробляються на різних етапах процесу управління, рекомендований метод аналізу ієрархій. В роботі наведено приклад використання даного методу при плануванні процесу модернізації існуючої системи ТЗЗ. Порівняння систем радіозв'язку стандартів TETRA і GSM-R проводиться по надійності їх функціонування в критичних ситуаціях, що виявлені на основі: аналізу умов експлуатації залізничного радіозв'язку, статистичних даних по відмовах в мережах ТЗЗ.

Система критеріїв вибору включає: А1-функціонування ТЗЗ при виході з ладу базової радіостанції, А2 - функціонування ТЗЗ при коливаннях температури навколишнього середовища в межах: $-30^\circ \text{C} - +40^\circ \text{C}$, А3 - гнучкість роботи системи при високих коливаннях абонентського навантаження, А4 -

стійкість роботи системи (стаціонарні, базові станції), при коливаннях напруги - $\pm 20\%$, A5 - функціонування ТЗЗ при порушенні лінійної структури системи.

Наступним етапом було складено матриці суджень, елементами яких є оцінки варіантів рішень за ступенем їх відповідності кожним критерієм. Відносна оцінка варіантів систем ТЗЗ з урахуванням економічних критеріїв порівняння - w'_n . З отриманих результатів випливає, що найбільш важливими критеріями є: стійкість роботи ТЗЗ при коливаннях напруги - 0,275, функціонування системи радіозв'язку при порушенні лінійної структури - 0,172 і адаптація до змін абонентського навантаження - 0,172.

Нормалізовані оцінки критеріїв, X_i	A1,0,137	A2,0,137	A3,0,172	A4,0,275	A5,0,172	Переваги, B_i
TETRA	2,2	0,57	2,2	1	2	1,342
GSM-R	0,45	1,73	0,45	1	0,50	0,737

Таблиця 3.1-Оцінка варіантів систем за критеріями

Результати досліджень показали, що встановленим критеріям найбільш відповідає система стандарту TETRA, пріоритет якої дорівнює 1,342 (Таблиця 3.3).

Управління якістю функціонування системи ТЗЗ, з урахуванням запропонованих моделей і методик, передбачає управління процесами на кожному етапі життєвого циклу, за допомогою збору та аналізу даних, контролю і коригування процесів, планування, розробки і прийняття рішень, що відповідає основним принципам стандартів ISO 9000 -2000.

Проводиться дослідження технологічних процесів підрозділів залізничного транспорту, при виконанні яких використовується радіозв'язок. Використання моделей функціонування мереж ТЖР дозволить визначити

параметри системи радіозв'язку, що забезпечують якість обслуговування абонентів в мережах технологічної залізничної радіозв'язку.

Аналіз технологічних карт робіт, виконуваних підрозділами залізничного транспорту, дозволив довести, що абонентське навантаження є стохастичним процесом, інтенсивність якого досить сильно змінюється в залежності від пори року і доби, виду проведених робіт, типу підрозділів, до якого відносяться абоненти та ін. Тому для отримання точної оцінки навантаження проведена класифікація технологічних процесів, в яких використовується радіозв'язок.

Існують наступні процеси: планово-профілактичні роботи, відновлювальні роботи по ліквідації відмов і несправностей, аварійно-відновлювальні роботи.

На основі результатів класифікації розроблені моделі використання радіозв'язку при виконанні технологічних процесів: штатна модель і нештатна модель. Штатна модель враховує навантаження, створюване абонентами при виконанні планово-профілактичних і відновлювальних робіт на ділянці 1 протягом часу t :

$$A_{\text{штат}}(t, l) = \left\{ \sum_i A_{\text{штат}_i}^{\text{пр}}(\lambda_i, \tau_i, l, t) + \sum_i A_{\text{штат}_i}^{\text{фст}}(\lambda_i, \tau_i, l, t), i = 1 \dots N \right\} \quad (3.3)$$

з урахуванням існуючого регламенту використання радіозв'язку при виконанні ремонтних і відновлювальних робіт:

$$A_{\text{штат}}(t, l) = \{A_{\text{штат}_\text{щч}}^{\text{ппр}} + A_{\text{штат}_\text{щч}}^{\text{фст}} + A_{\text{штат}_\text{пч}}^{\text{ппр}} + A_{\text{штат}_\text{пч}}^{\text{фст}} + A_{\text{штат}_\text{эч}}^{\text{ппр}} + A_{\text{штат}_\text{эч}}^{\text{фст}}; t, l\} \quad (3.4)$$

де - $A_{\text{штат}_i}^{\text{ппр}}$ - абонентське навантаження, створюване абонентами підрозділів і при виконанні планово-профілактичних робіт на ділянці 1; $A_{\text{штат}_i}^{\text{фст}}$ - абонентська навантаження, створювана абонентами підрозділів при виконанні відновних робіт на 1.

Спільне проведення планово-профілактичних і відновлювальних робіт в штатної моделі відображає реальну ситуацію, коли ці роботи можуть одночасно виконуватися на одній ділянці. Аналіз статистики появи відмов і тривалості проведення ремонтно- відновлювальних робіт (рис 3.3) дозволяє визначити інтенсивність і тривалість цих робіт в залежності від пори року і доби.

На підставі цього відновлювальні роботи були включають в штатну модель функціонування системи технологічного залізничного радіозв'язку.

Позаштатна модель використовується для оцінки навантаження, створюваної абонентами підрозділів залізничного транспорту при аварійно відновлювальних роботах з ліквідації наслідків катастроф, аварій, особливих браків на ділянці 1 протягом часу:

$$A_{\text{ншт}}(l, t) = \left\{ \begin{array}{l} A_{\text{ншт_вп1}}(\lambda_i \tau_i, l, t) + A_{\text{ншт_вп2}}(\lambda_i \tau_i, l, t) + \dots \\ + A_{\text{ншт_впn}}(\lambda_i \tau_i, l, t), i = 1 \dots N(1) \end{array} \right\} \quad (3.5)$$

де $A_{\text{ншт_вп1}}$ - абонентська навантаження, створювана абонентами групи вп1, на ділянці 1 протягом t , $\lambda_i \tau_i$ - параметри інформаційного потоку i -го абонента j - ой групи.

Визначення параметрів інформаційних потоків в штатної і нештатної моделі функціонування ТЗЗ виконується на основі оцінок інтенсивності і тривалості переговорів абонентів різних служб, отриманих при аудиті ефективності використання радіозв'язку в господарствах, аналізі карт і алгоритмів технологічних процесів підрозділів в штатних і нештатних ситуаціях.

Для інформаційних потоків, що створюються абонентами підрозділів сигналізації та зв'язку, електропостачання та колійного розвитку при виконанні планово-профілактичних робіт (штатная модель), отримані наступні усереднені оцінки параметрів:

- Інтенсивності викликів для абонентів підрозділів сигналізації та зв'язку, електропостачання та шляхи - $M(\lambda_{\text{шч,пч,эч}}) = 3$ викликів / год;

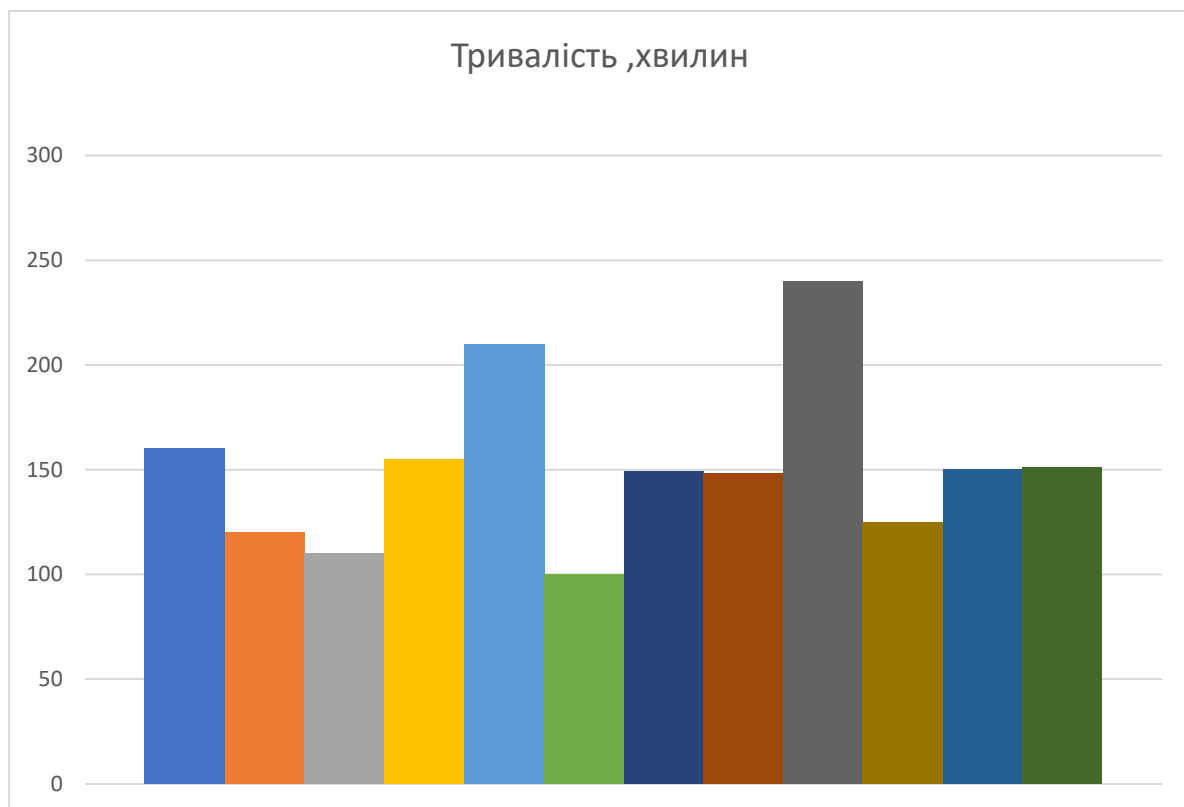
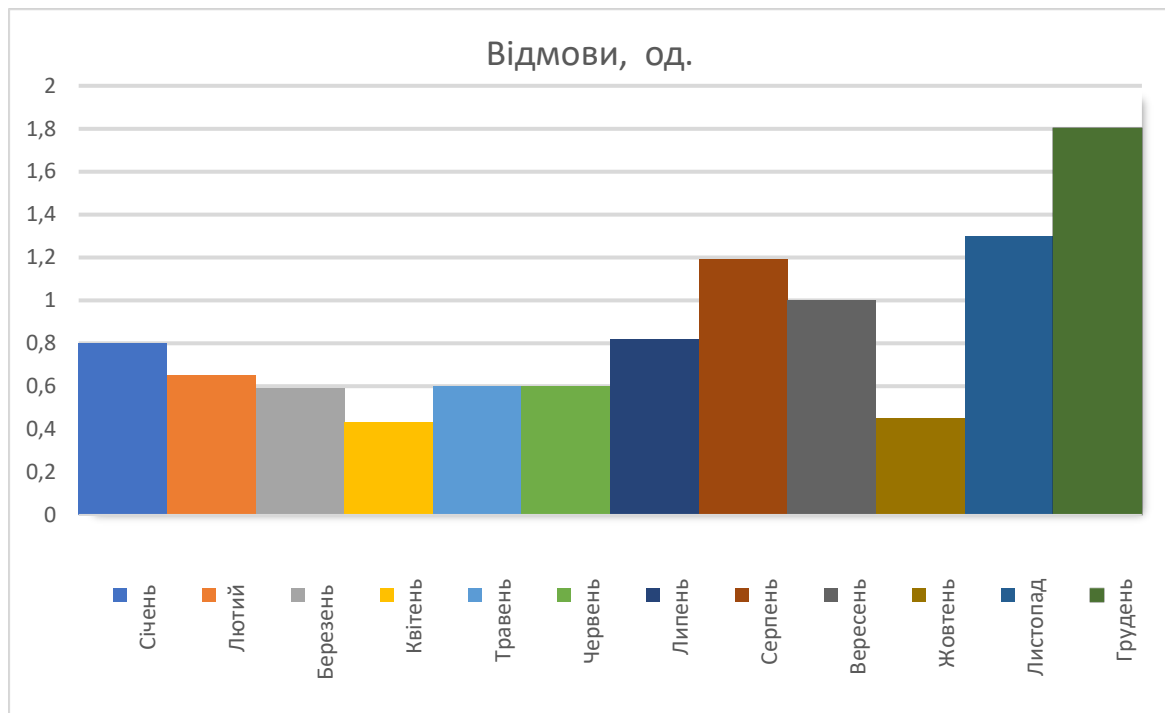


Рис.3.3 Характеристики ремонтно-відновлюваних робіт

- Тривалість викликів для абонентів підрозділів сигналізації та зв'язку, шляхи, електропостачання - $M(\tau_{\text{шч,эч,пч}}) = 15\text{с.}$

Для відновлювальних робіт, що відносяться до штатної моделі функціонування системи технологічного залізничного радіозв'язку, були також отримані оцінки параметрів потоків: інтенсивність викликів $M(\lambda_{шч,эч}) = 6$ викликів / год, тривалість викликів $M(\tau_{шч,эч}) = 30с$.

Проведення типових аварійно-відновлювальних робіт (АВР) організовується в три етапи зі своїми інформаційними потоками на кожному етапі:

- 1 етап: збір інформації про подію і планування АВР,
- 2 етап: підготовка і доставка необхідних ресурсів до місця АВР,
- 3 етап: проведення і закінчення аварійно-відновлювальних робіт.

Розглянуто аналіз кожного етапу робіт, в результаті якого були визначені: абоненти, які беруть участь в АВР, і відповідні їм параметри інформаційних потоків. Було проведено угруповання абонентів з урахуванням схожих характеристик трафіку:

- Група А - начальник відбудовного поїзда і керівники бригад;
- Група В - працівники відновного і пожежних поїздів;
- Група С - працівники бригад господарств колії, сигналізації та зв'язку, електропостачання.

Для кожної групи абонентів були отримані наступні оцінки параметрів:

- Група А: інтенсивність викликів $\lambda = 5 - 7$ викликів / год, $\tau = 30с - 45с$;
- Група В: $\lambda = 4 - 6$ викликів / год, $\tau = 25с - 35с$;
- Група С: $\lambda = 3 - 6$ викликів / год, $\tau = 20с - 35с$.

Аналіз розподілів інтенсивності і тривалості викликів показав, що інформаційний обмін в штатної і позаштатної моделях підпорядковується пуассонівського розподілу. Розрахунки абонентського навантаження розглянуті з урахуванням існуючого механізму закріплення ділянок і пристроїв за працівниками і бригадами підрозділів залізничного транспорту.

Показано, що виникнення нештатних ситуацій призводить до двократного збільшення трафіку в мережі радіозв'язку в порівнянні з штатної моделлю. Механізмами забезпечення необхідної якості обслуговування в таких ситуаціях

є використання прямого режиму зв'язку та організація тимчасових локальних мереж з використанням додаткових возимих радіостанцій в якості базових.

РОЗДІЛ 4

Визначення раціональних періодів відновлення елементів технологічного радіозв'язку

Одним з основних принципів стандартів ISO 9000: 2000 є орієнтація на споживача. З цієї точки зору особливо важливим для структурних підрозділів зв'язку є виявлення потреб абонентів ТЗЗ, оцінка ступеня їх виконання та прийняття відповідних заходів щодо їх реалізації і вдосконалення. З метою оцінки якості обслуговування в мережах залізничної радіозв'язку розроблена методика, заснована на многокритеріальній теорії корисності, адаптованої до специфіці технологічних процесів підрозділів залізничного транспорту. Методи контролю і аналізу якості процесу технічного обслуговування за кількісними показниками, що враховують існуючу структуру обліку відмов системи технологічного залізничного радіозв'язку, використані для:

- Аналізу інтенсивностей відмов і несправностей системи ТЗЗ в залежності від діючих факторів;
- Оцінки розкиду показників часу відновлення роботи системи після відмов;
- Виявлення причинно-наслідкових зв'язків між показниками якості процесу і факторами, пов'язаними з організацією, виконанням і контролем процесу ТО;
- Аналізу причин виникнення факторів;
- Визначення ступеня, форми і напрямків залежностей між аналізуються факторами;
- Оцінки значущості факторів, з точки зору наслідків їх прояви.

Результати використання методики ілюструються наступними прикладами.

Визначення найбільш значущих чинників порушення працездатності ТЗЗ виконано з використанням діаграми Парето і кумулятивної кривої (рисунок 4.1). Аналіз виконувався за наступними факторам: р/св - занижений рівень радіосигналу, р/ст – відмова стаціонарної радіостанції, перешкоди - низька стійкість перед перешкодами радіообладнання, прд - відмова передавача радіостанції, прм – відмова приймача радіостанції, пу - відмова пульта управління, інші – причина відмови не визначена.

Значущість факторів оцінюється за кумулятивним відсотком.

Аналіз наведеної діаграми Парето показує, що причиною 30% відмов в системі ТЗЗ є низький рівень радіосигналу, внаслідок відмов стаціонарних радіостанцій відбувається близько 18% відмов, низька завадостійкість радіосистеми призводить до 10% всіх відмов в ТЗЗ. З усунення цих недоліків необхідно почати роботу з підвищення якості технологічного залізничного радіозв'язку.

Аналіз розподілів дисперсій факторів F1 і F2 (рисунок 4.2) по причин збоїв в системі ТЗЗ показав, що основними факторами відмов є: F1 - невідповідність пристроїв радіозв'язку специфіці функціонування залізничного транспорту і порушення умов експлуатації, F2 - невідповідність пристроїв і системи радіозв'язку вимогам техніко-експлуатаційної надійності.

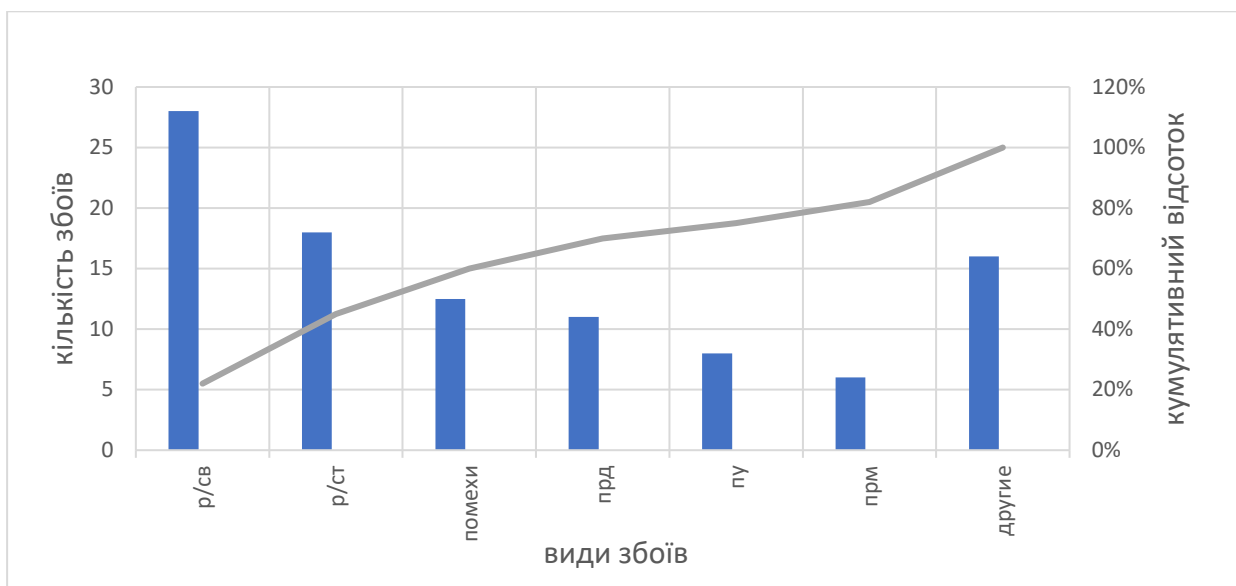


Рис.4.1 - Розподілення інтенсивності видів відмов

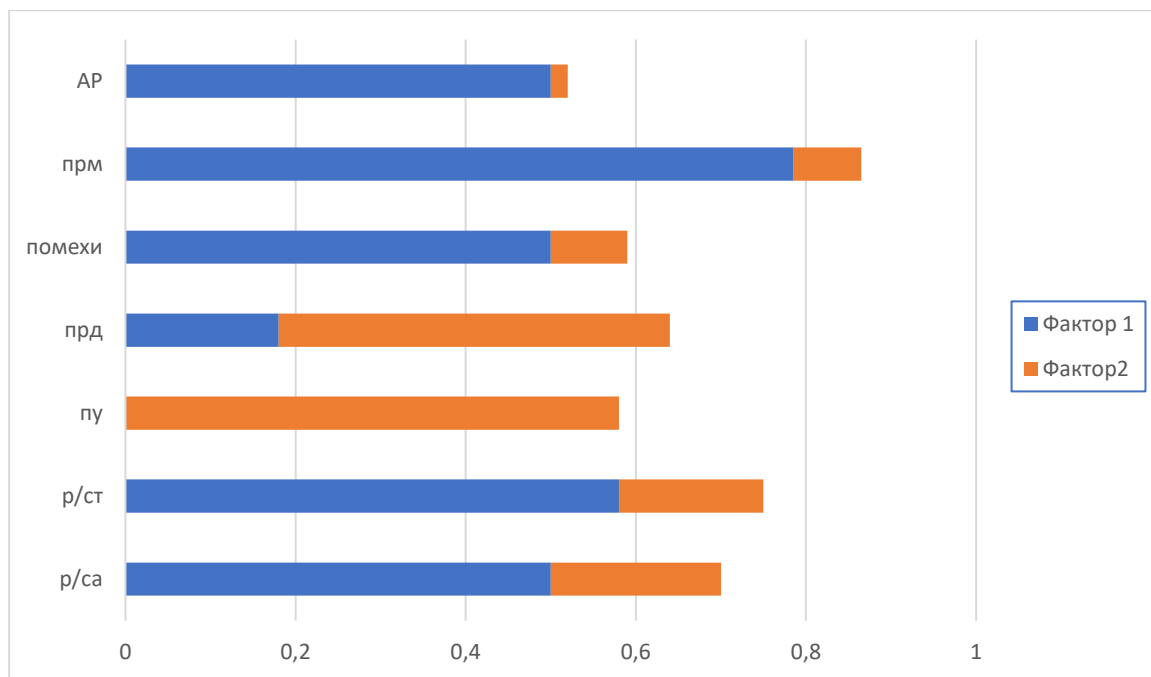


Рис.4.2. -Розподілення факторних навантажень 1 та 2 за відмовами в системі ТЗЗ

Оцінка процесу з використанням факторного аналізу, дозволяє:

- Виявити приховані, але об'єктивно існуючі закономірності, які визначаються впливом внутрішніх і зовнішніх причин на досліджуваний процес;
- Провести стиснення інформації шляхом опису процесу при допомозі загальних факторів або головних компонент, число яких значно менше кількості спочатку взятих ознак;
- Вивчити статистичний зв'язок ознак з несприятливими факторами для досліджуваного процесу і причини їх появи.

Для оцінки якості функціонування систем, що виконують відповідальні технологічні процеси (ВТП), застосовується поняття «безпека», яке відносять до свійств надійності. Безпека - властивість технічної системи зберігати безпечний для обслуговуючого персоналу стан при дотриманні встановлених правил експлуатації.

Одним із способів підвищення безпеки та надійності функціонування виробів в технологічного радіозв'язку (ТОР), що беруть участь в ВТП, є організаційні заходи підприємства з проведення технічного обслуговування (ТО).

Згідно ГОСТ 18322-78 під ТО розуміється комплекс операцій з підтримки робо-госпосібності і справності при використанні за призначенням, очікуванні, зберіганні і транспортуванні.

Слід зазначити, що безпека систем технологічного радіозв'язку на залізничному транспорті в гектометровому діапазоні радіохвиль також залежить від стану направляючих ліній поїзного радіозв'язку, що забезпечують необхідну якість і дальність зв'язку.

Завдання визначення періодичності ТО може бути вирішена двома способами. По-перше, оцінка інтервалу ТО може бути виконана на підставі статистичних даних натурних випробувань досліджуваної системи. Очевидні недоліки такого підходу, це необхідність проведення тривалих за часом випробувань і наявність досвідченого зразка. Іншим способом визначення ПТО є використання аналітичних моделей, по-прибудованих на основі теорії ймовірностей і випадкових процесів. Широке застосування при цьому знайшла теорія Марковських і напівмарковських процесів. Побудова аналітичної моделі досить складне завдання в силу випадковості процесів виникнення як посту-пових, так і раптових відмов, які і обумовлюють необхідність проведення ТО, великого числа можливих станів, в яких може перебувати досліджувана система в процесі своєї експлуатації. Потужним дослідницьким апаратом, дозволяючим вирішувати складні завдання, є імітаційне моделювання, воне надає можливість аналізу поведінки випадкових процесів в часі при різних умовах.

Розглянемо процес функціонування і ТО (ФТО) елементів технологічного радіо-зв'язку $\varepsilon(t)$, що представляє собою випадкову послідовність переходів з поточного фазового стану S_i в наступне S_j . Причому час перебування в кожному стані може бути або випадковою величиною з заданим законом розподілу, або константою. В даному випадку описаний процес може бути апроксимувати моделлю полумарківського процесу, званого також в літературі вкладеної ланцюгом Маркова (ВЦМ) і задається наступними параметрами:

- вектором початкового стану ВЦМ:

$$P_0 = \{P_i^0\}, i = \overline{1, n} \quad (4.1)$$

де n - кількість можливих станів процесу.

- квадратною матрицею перехідних ймовірностей зі стану S_i в стан S_j :

$$|P_{ij}| (i = \overline{1, n}; j = \overline{1, n}) \quad (4.2)$$

- матриця-рядок щільності розподілу часу перебування в стані S_i перед переходом в наступний стан S_j :

$$F = \{F_i(T)\}, i = \overline{1, n}. \quad (4.3)$$

Подання досліджуваного процесу моделлю ВЦМ дає можливість використання досить простих і зручних методик, використовуваних в імітаційному моделюванні. Статистична обробка експериментальних даних імітації процесу ФТО систем зв'язку, дозволяє обчислити значення комплексних показників безпеки, які можуть бути використані в якості критеріїв в методиці визначення раціональної періодичності ТО $T_{\text{ДАО}}$.

В роботі [1] запропоновано використання та обґрунтовано необхідність двох критеріїв у вигляді функціоналів безпеки $K_{\text{А}}(T_{\text{іа}})$ і безпечного технічного використання $K_{\text{А.ОБ}}(T_{\text{іа}})$, на підставі значень яких вибирається величина раціональної ПТО:

$$T_{\text{ОПТ}} \leq T_{\text{РАЦ}} \leq T_{\text{ДОП}} \quad (4.4)$$

де - оптимальна величина ПТО, яка визначається як оптимум функціоналу $K_{\text{А.ОБ}}(T_{\text{іа}})$; - $T_{\text{АІІ}}$ - допустима величина ПТО, відповідна задається значенням коефіцієнта безпеки $K_{\text{А.АІІ}}$.

Таким чином, необхідно на підставі експериментальних даних імітації процесу ФТО виробів технологічного радіозв'язку обчислити значення фун-

кціоналів безпеки і безпечного технічного використання, що дозволяють за згаданою методикою оцінити значення раціонального ПТО блоку системи техно логічного радіозв'язку.

Графічно концептуальна модель процесу функціонування і якості відно- влюваних виробів може бути представлена у вигляді графа станів (рис.4.3) $S_i, i = \overline{1, n}$ і переходи між ними, що здійснюються відповідно до значень одно- крокових ймовірностей переходу $P_{ij}, i = \overline{1, n}; j = \overline{1, n}$ [5].

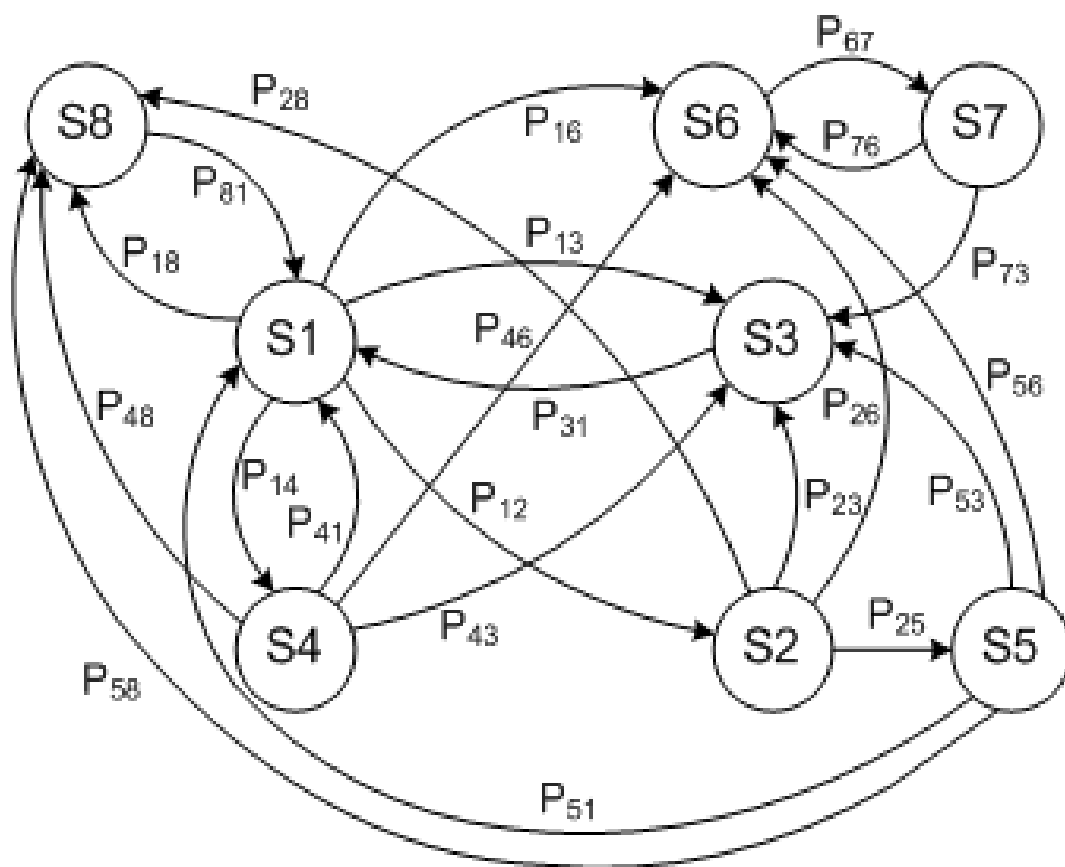


Рис.4.3. Граф процесу функціонування і технічного обслуговування відновлюваних систем зв'язку

У процесі функціонування і ТО вироби радіозв'язку можуть перебувати в наступних станах: S1 - працездатний стан; S2 - стан розрегулювання системи по k -му параметру ($k = \overline{1, L}$); S3 - непрацездатний стан через явні відмови; S4 - стан ТО працездатної системи; S5 - стан ТО розрегульованої системи; S6 - стан при-

хованої відмови; S7 -стан ТО системи, що знаходиться з прихованою відмовою; S8 - стан помилкової відмови. Детальний опис концептуальної моделі процесу експлуатації приведено в роботі [15].

Для описаного в [15] процесу модель напівмарковського процесу буде задаватися слідуючі параметрами:

-вектор початкового стану:

$$P_0 = \{P_1^0, P_2^0, P_3^0, P_4^0, P_5^0, P_6^0, P_7^0, P_8^0\} \quad (4.5)$$

-квадратна матриця перехідних ймовірностей:

де $F_{12} = F_{12}(T_{ia}) = 1 - e^{-\lambda_{12}T_{ia}}$ - експоненціальна функція розподілу ймовірності переходу з працездатного стану S1 в стан розрегулювання S2 з періодичністю ТО рівній T_{ia} ;

$$P = \begin{pmatrix} 0 & (1-F_{13})F_{12} & (1-\beta_1)F_{13} & (1-\alpha_1) \times (1-F_{13}) & 0 & \beta_1 F_{13} & 0 & \alpha_1 \times (1-F_{13}) \times (1-F_{12}) \\ 0 & 0 & (1-\beta_1)F_{23} & 0 & (1-\alpha_1) \times (1-F_{23}) & \beta_1 F_{23} & 0 & \alpha_1 (1-F_{23}) \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ (1-\alpha_2) \times (1-F_{oi}) & 0 & (1-\beta_2)F_{oi} & 0 & 0 & \beta_2 F_{oi} & 0 & \alpha_2 (1-F_{oi}) \\ (1-\alpha_2) \times (1-F_{oi}) & 0 & (1-\beta_2)F_{oi} & 0 & 0 & \beta_2 F_{oi} & 0 & \alpha_2 (1-F_{oi}) \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1-\beta_2 & 0 & 0 & \beta_2 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad (4.6)$$

$F_{13} = F_{13}(T_{ob}) = 1 - e^{-\lambda_{13}T_{ob}}$ - експоненціальна функція розподілу ймовірності переходу в стан відмови S3 з періодичністю ТО рівній T_{ia} ;

$F_{23} = F_{23}(T_{ob}) = 1 - e^{-\lambda_{23}T_{ob}}$ - Експоненціальна функція розподілу ймовірності переходу зі стану Експоненціальна функція розподілу ймовірності переходу зі стану S2 в стан явного відмови S3 з періодичністю ТО рівній;

$F_{TO}(T_{об})$ - функція розподілу ймовірності помилки обслуговуючого персоналу при ТО;

α, β - помилки діагностування першого і другого роду відповідно.

Матриця-рядок щільності розподілу часу перебування $T_i, i = \overline{1,8}$:

$$F = \left\{ (\lambda_{13} + \lambda_{12}) \cdot e^{-(\lambda_{13} + \lambda_{12}) \cdot T_1}, \lambda_{23} \cdot e^{-\lambda_{23} \cdot T_2}, t_{\Pi} + t_{\text{Н}} + t_{\text{А}}, t_{\Pi}, t_{\Pi} + t_{\text{Р}}, T_{об}, t_{\Pi}, t_{\Pi} \right\} \quad (4.7)$$

де $\lambda_{12}, \lambda_{13}$ - інтенсивність разрегулювання і раптових відмов, відповідно, 1 / ч;

- інтенсивність раптових відмов розрегульованій системи, 1 / ч;

λ_{23} - час перевірки, ч;

$t_{\text{Д}}$ - час регулювання, ч;

$t_{\text{і}}$ - час пошуку несправності, ч;

$t_{\text{А}}$ - час аварійного ремонту, ч.

Моделюючи послідовність переходів з одного стану S_i в інший S_j в відповідності з моделлю ВЦМ з заданими значеннями вхідних параметрів, стає можливим збір статистичних даних про процес функціонування і ТО виробів радіо-зв'язку. На підставі зібраної статистики можуть бути обчислені значення функціоналів $K_{\text{Б.ТИ}}(T_{об})$ і $K_{\text{Б}}(T_{об})$ за формулами 1 і 2.

Функціонал безпечного технічного використання $K_{\text{Б.ТИ}}(T_{об})$ характеризує частку часу перебування об'єкта в справному стані щодо даної тривалості експлуатації з урахуванням часу простоїв, обумовлених ТО і відновлюючими ремонтами:

$$K_{\text{Б.ТИ}}(T_{об}) = \frac{T_{\text{ИСП}}(T_{об})}{T_{\text{ИСП}}(T_{об}) + T_{\text{РЕМ}}(T_{об}) + T_{\text{ТО}}(T_{об})}, \quad (4.8)$$

де $T_{\text{ИСП}}(T_{об})$ - середній час справної роботи об'єкта;

$T_{\text{РЕМ}}(T_{об})$ - середній час, витрачений на відновлювання та ремонти;

$T_{\text{ТО}}(T_{об})$ - середній час простою при ТО;

Функціонал безпеки $K_B(T_{об})$ визначає ймовірність того, що система виявиться в справному стані при тривалій експлуатації:

$$K_B(T_{об}) = \frac{T_{исп}(T_{об})}{T_{исп}(T_{об}) + T_{рем}(T_{об})}, \quad (4.9)$$

Сама по собі концептуальна модель досліджуваного процесу є змістовний опис його особливостей і сукупності математичних співвідношень, що представляють основу для реалізації моделюючого алгоритму. Таким чином, наступним етапом побудови імітаційної моделі є розробка моделі алгоритму.

Алгоритм імітації процесу ФТО виробів ТОР, яка представляє модель полумарківського процесу, зручно реалізувати, застосовуючи дискретний підхід, званий принципом особливих станів або принципом Δx , як способом формування системного моделюючого часу. Відповідно до принципу Δx імітація процесу здійснюється тільки в значущих його точках (особливих станах), переходи між якими імітуються за допомогою організованої процедури «розіграшу» значень випадкової величини, званої методом статистичних випробувань, методом Монте-Карло.

Таку процедуру моделювання вкладеної ланцюга Маркова запропоновано називати узагальненим алгоритмом імітації ВЦМ [16].

Як генератор рівномірно розподілених випадкових чисел на відрізку від 0 до 1 був використаний алгоритм Л'Екюера з періодом більше $2 \cdot 10^{18}$.

Моделюючи подібним чином розглянутий процес протягом часу \dot{O}_k для кожного значення періодичності ТО $T_{об} \in [0, T_{об\ MAX}]$, що змінюється з кроком ΔT , можна порахувати час перебування в кожному з можливих станів $S_i, i = \overline{1,8}$. На підставі зібраних даних, із заданою точністю ε і довірчої ймовірності Q , обчислюються оцінки середніх значень функціоналів $K_{Б.ТИ}(T_{об})$ і $K_B(T_{об})$ відповідно до формулами (1) і (2):

$$\overline{K_{\text{Б.ТИ}}}(T_{\text{об}}) = \frac{1}{Np_m} \sum_{j=1}^{Np_m} \frac{T_1^j(T_{\text{об}}) + T_2^j(T_{\text{об}}) + T_8^j(T_{\text{об}})}{\sum_{i=1}^8 T_i^j(T_{\text{об}})}, m = \overline{1, M} \quad (4.10)$$

де T_i^j - сумарний час перебування в стані S_i для j -го прогону моделі;

M - кількість точок обчислення функціоналів, яке визначається як $T_{\text{об}}_{\text{MAX}} / \Delta T$;

N_p - кількість прогонів імітаційної моделі для кожної обчислюємої точки функціоналів $K_{\text{Б.ТИ}}(T_{\text{об}})$ і $K_{\text{Б}}(T_{\text{об}})$, тому обчислення проводяться за вибірками різного об'єму на підставі даних експерименту, організованого за принципом автоостанова при досягненні заданої точності ε .

Розглянемо приклад імітаційного моделювання процесу ФТО функціонального блоку (УПП-1М) возимої радіостанції РВ-1М, призначеного для прийому і передачі радіосигналів. Вихідні дані для моделювання стосовно тільки до тракту прийому вживаються у такому значенні [7]: $\lambda_{13} = 5,64 \times 10^{-6} \text{ 1/ч}$, $\lambda_{12} = 18,45 \times 10^{-6} \text{ 1/ч}$, $\lambda_{23} = 5,54 \times 10^{-6} \text{ 1/ч}$, $t_{\text{і}} = 0,25 \text{ ч}$, $t_{\text{Д}} = 0,5 \text{ ч}$, $t_{\text{і}} = 0,8 \text{ ч}$, $t_{\text{А}} = 1,2 \text{ ч}$, $\alpha_1 = 0,01$, $\alpha_2 = 0,005$, $\beta_1 = 0,02$, $\beta_2 = 0,01$, $F_{\text{ТО}}(t_{\text{П}}) = 0$. Допустиме значення коефіцієнта $K_{\text{А.АІІ}} = 0,999$, а також вважаємо, що в початковий момент часу з ймовірністю дорівнює одиниці, система знаходиться в працездатному стані. Графіки залежності середніх значень функціоналу безпечного технічного використання $\overline{K_{\text{Б.ТИ}}}(T_{\text{об}})$ та функціоналу безпеки $\overline{K_{\text{Б}}}(T_{\text{об}})$ від ПТО для блоку УПП-1М представлені на рис 4.4.

В результаті проведення імітаційного експерименту з точністю обчислення оцінок $\varepsilon = 0,5 \times 10^{-5}$ і довірчою ймовірністю $Q = 0,95$ було отримано, що значення раціональної періодичності ТО лежить в діапазоні від 1400 до 7800 годин.

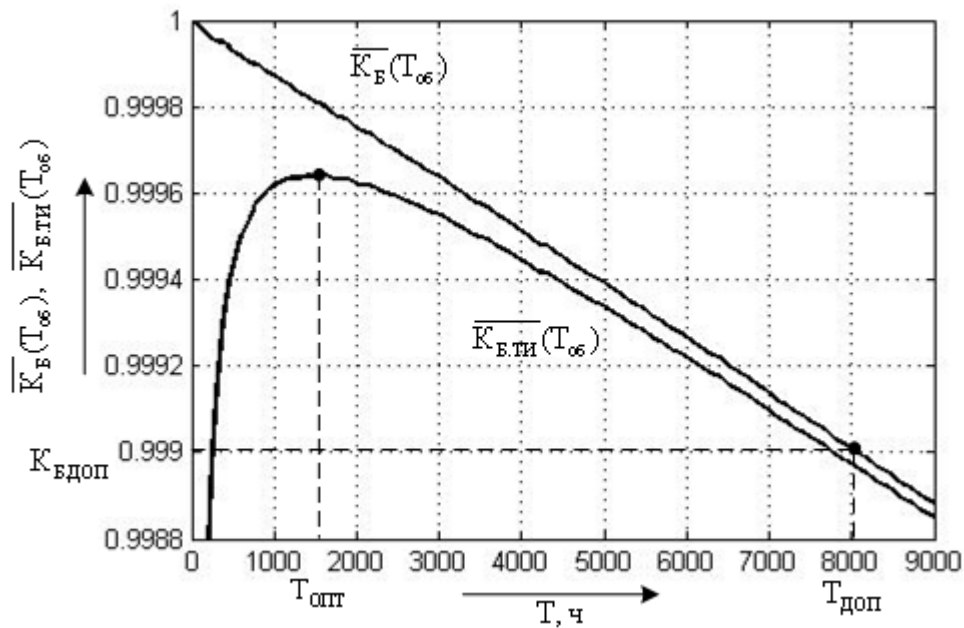


Рис 4.4 – Залежності $\overline{K}_B(T_{об})$ і $\overline{K}_{Б.ти}(T_{об})$ для блоку УПП-1М

Показана можливість визначення величини раціональної періодичності ТО виробів технологічного радіозв'язку на основі статичних даних імітаційного експерименту з моделлю, яка описує процес функціонування і ТО апаратури зв'язку у вигляді вкладеного ланцюга Маркова, що дозволяє попередити небезпечні відмови і тим самим підвищити безпеку виробів технологічної радіозв'язку.

Відмінною особливістю розробленої імітаційної моделі є можливість варіювання вектора початкового стану ланцюга Маркова, що дозволяє досліджувати вплив початкових умов протікання процесу на показники безпеки і параметри ТО радіоелектронної апаратури зв'язку.

ВИСНОВОК

Забезпечення надійності систем радіозв'язку здійснюється на основі постійного контролю факторів, що діють на надійність, протягом усього життєвого циклу системи. Для цього необхідно передбачити використання таких заходів (тобто засобів та правил), які виявляють джерела цих факторів і запобігають їх появі при створенні системи, її експлуатації та обслуговуванні.

Концепції процесного підходу до управління життєвого циклу технічних засобів зв'язку. Управління якістю системи ТЗЗ передбачається на всіх етапах її розвитку : при розробці вимог, проектуванні ,будівництві ,монтажу, випробуваннях, прийманні, технічному обслуговуванні, експлуатації, модернізації.

Результати досліджень показали, що встановленим критеріям найбільш відповідає система стандарту TETRA, пріоритет якої дорівнює 1,342 (Таблиця 3.3).

Управління якістю функціонування системи ТЗЗ, з урахуванням запро-понованих моделей і методик, передбачає управління процесами на кожному етапі життєвого циклу, за допомогою збору та аналізу даних, контролю і кори-гування процесів, планування, розробки і прийняття рішень, що відповідає основним принципам стандартів ISO 9000 -2000.

Аналіз технологічних карт робіт, виконуваних підрозділами залізничного транспорту, дозволив довести, що абонентське навантаження є стохастичним процесом, інтенсивність якого досить сильно змінюється в залежності від пори року і доби, виду проведених робіт, типу підрозділів, до якого відносяться або-ненти та ін. Тому для отримання точної оцінки навантаження проведена кла-сифікація технологічних процесів, в яких використовується радіозв'язок.

Аналіз наведеної діаграми Парето показує, що причиною 30% відмов в системі ТЗЗ є низький рівень радіосигналу, внаслідок відмов стаціонарних радіо-станцій відбувається близько 18% відмов, низька завадостійкість радіо-системи призводить до 10% всіх відмов в ТЗЗ. З усунення цих недоліків

необхідно по-чати роботу з підвищення якості технологічного залізничного радіозв'язку.

ЛІТЕРАТУРА

1. Савушкін О.К., Жуков В.І. «Станційні пристрої залізничної автоматики і телемеханіки». М. Транспорт 1985 рік. 296 с.
2. Сапожников В.В. «Станційні системи автоматики і телемеханіки». М. Транспорт 1997 рік. 432 с.
3. Казаков О.О. «Електрична централізація стрілок і сигналів». М. Транспорт 1968 рік.
4. Казаков О.О. «Рейкова централізація стрілок і сигналів». М. Транспорт 1984 рік.
5. Казаков О.О., Бубнов В.Д., Казаков Є.О. «Станційні пристрої автоматики і телемеханіки». М. Транспорт 1990 рік.
6. Архипов Є.В., Гуревич В.Н. «Довідник електромонтера СЦБ». М. Транспорт 1990 рік.
7. «Методичні вказівки» з проектуванню устроїв автоматики, телемеханіки і зв'язку на залізниці. Л. 1989 рік.
8. «Економіка залізничного транспорту» за редакцією Н. П. Терешиної. М. Транспорт 2001 рік.
9. Маслонова С. С. «Економіка, організація і планування локомотивного господарства». М. Транспорт 1988 рік.
10. Волков О. І. «Економіка підприємства». М. Транспорт 1999 рік.
11. Держо Г.Г. «Якісна оцінка вкладу систем зв'язку в безпеку технологічних процесів на залізничному транспорті»: Монографія. ISBN 978-5-89035-407-5. М.: ГОУ Учебно-методичний центр з освіти на залізничному транспорті, 2007.
12. Рогилев В. М. Направляючі лінії поїздного радіозв'язку / В. М. Рогилев, В. В. Зайцев, Е. Ю. Копытов // Автоматика, зв'язок, інформатика. – 2011. – № 5. – С. 16 – 19.
13. Половко О. М. Основи теорії надійності. ISBN 978-5-94157-541-1. СПб.: БВХ-Петербург, 2008.

14.Сирота О.О. Компьютерное моделирование та оцінка ефективности тяжких систем. ISBN 5-94836-080-6. М.: Техносфера, 2006.

15.Любченко А.О. Визначення раціональної періодичности техногo обслуговування систем зв'язку з рухомими об'єктами / А.О. Любченко, Е. Ю. Копытов // Прилади та Системи. Управління, контроль, діагностування. – 2012. – № 1. – С. 20 – 24.

16. Финаев В. И., Павленко Е.Н., Заргарян Е.В. Аналітичні та вмотаційні моделі: Учбовий посібник . ISBN 978-5-8327-0268-1. Таганрог: Вид-во Технологічного інституту ЮФУ, 2007.

17. Лутченко С.С. Оптимизация контролю та техногo обслуговування виробів техногo радіозв'язку: Автореф. дис. канд. техн. наук / Омский гос. техн. ун-т. Омск, 2000.

18. Родігіна Т.М. Технічний стан і можливості діючих мереж ремонтно-оперативного радіозв'язку на залізничному транспорті. Матеріали секції «Радіозв'язок на залізничному транспорті» 58-ої науково-технічної конференції присвяченій дню Радіо і 300-річчя Санкт-Петербурга. - СПб .: СПбГЕТУ «ЛІЕТІ», 2003.-с. 117-118.

19. Родігіна Т.М, Застосування стандартів EN 50126 для підвищення якості мереж технологічного радіозв'язку. Матеріали 59-ої науково-технічної конференції присвяченій дню Радіо. - СПб .: СПбГЕТУ «ЛІЕТІ», 2004. - с. 103-104.

20. Родігіна Т.М. Управління якістю системи технологічного радіозв'язку на основі принципів міжнародних стандартів ІСО 9000-2000, Матеріали 61-ї науково-технічної конференції присвяченій дню Радіо. - СПб .: СПбГЕТУ «ЛІЕТІ», 2006. - с. 81-83.