

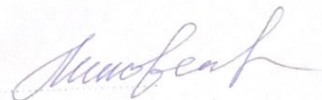
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ
Факультет транспорту і будівництва
Кафедра логістичного управління та безпеки руху на транспорті

ПОЯСНОВАЛЬНА ЗАПИСКА
до дипломної кваліфікаційної роботи
освітньо-кваліфікаційного рівня магістр

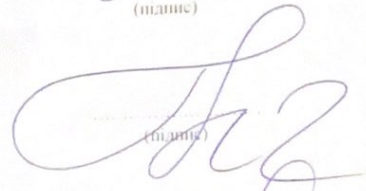
галузі знань 27 – «Транспорт»
спеціальності 273 Залізничний транспорт/ Інтероперабельність і безпека на залізничному транспорті

на тему: «Удосконалення технічної експлуатації систем мікропроцесорної централізації на основі оперативної ідентифікації та локалізації порушень»

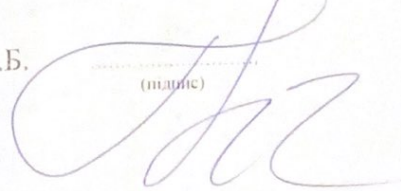
Виконав: здобувач вищої освіти
групи ІБЗТ-21зм
Липовенко М.О.


(підпис)

Керівник: проф. Чернецька-Білецька Н.Б.


(підпис)

Завідувач кафедри: проф. Чернецька-Білецька Н.Б.


(підпис)

ВСТУП

Актуальність теми. Системи мікропроцесорної централізації (МПЦ) на різних етапах життєвого циклу визначаються стандартними кількісними та якісними показниками. Але у подальшій експлуатації їх оцінка не виконується, незважаючи на те що з часом погіршуються такі характеристики, як відмовостійкість, безвідмовність, безпечність, ремонтпридатність. Усі відомі методи ідентифікації та оперативної локалізації порушень у роботі МПЦ також не припускають застосування поточної оцінки показників системи в процесі її функціонування. Одним із напрямів вирішення зазначених питань є удосконалення технічної експлуатації системи мікропроцесорної централізації шляхом розроблення та корекції методів ідентифікації і оперативної локалізації небезпечних подій з подальшим формуванням альтернативних сценаріїв роботи. Вони розробляються з урахуванням оцінки оперативних показників функціонування та ймовірностей виникнення небезпечних ситуацій, блокування можливостей негативного розвитку й прояву небезпечних подій у майбутньому та можливістю автоматичної видачі рекомендацій експлуатаційному персоналу про найбільш ефективні та безпечні варіанти реалізації команд керування.

Сучасні наукові розробки у повній мірі не вирішують поставленого завдання. Також, це дуже складно зробити традиційними технічними та технологічними засобами. Натомість інструменти «Індустрії 4.0» надають можливість комплексної оцінки стану МПЦ в умовах експлуатації за допомогою комп'ютерно-інтегрованих інформаційних технологій. При цьому враховуються як зовнішньо-технічні, так і внутрішньо-ергономічні фактори.

Мета і завдання дослідження. Мета – підвищення безпеки руху шляхом удосконалення процесу технічної експлуатації систем мікропроцесорної централізації. Для досягнення мети необхідно виконати наступні завдання:

- провести аналіз та теоретичне узагальнення методів та моделей ідентифікації та оперативної локалізації порушень в системах мікропроцесорної централізації;

- розробити метод безпечного функціонування системи мікропроцесорної централізації з використанням науково-методолігічного апарату ризик-менеджменту;
- розробити метод підвищення безпеки технічної експлуатації систем мікропроцесорної централізації на основі моделей (технологій) інтерактивної взаємодії персоналу і програмно-технічних засобів.

Об'єкт дослідження – процес технічної експлуатації систем мікропроцесорної централізації.

Предмет дослідження – методи та моделі оперативної ідентифікації, оцінювання та локалізації небезпечних станів систем мікропроцесорної централізації.

Дослідницькі прийоми та методи. Теорія масового обслуговування, концепція ризик менеджменту, сучасні методи дослідження причин та наслідків порушень.

Наукова новизна отриманих результатів:

- розроблено метод забезпечення безпеки функціонування системи мікропроцесорної централізації, який дозволяє локалізувати небезпечні стани критичних об'єктів станційної інфраструктури за рахунок ідентифікації змін у параметрах і процедурах їх функціонування та оцінювання ризиків втрат відповідно до можливого сценарію розвитку небезпечної ситуації;

- удосконалена модель визначення небезпечного стану процесу технічної експлуатації системи мікропроцесорної централізації шляхом нарощування базової моделі графа її станів, яка на відміну від відомих забезпечує оперативне виявлення небезпечних станів та забезпечує дотримання безпечної процедури роботи людино-машинної системи при нештатних ситуаціях.

Практичне значення отриманих результатів. Сформовано багатовимірний функціонал надійності та безпечності що дозволяє визначати стан системи мікропроцесорної централізації в довільні моменти часу з урахуванням параметрів зношення елементів та врахуванням мінливостей інтенсивності відмов компонентів що забезпечує визнання передвідмовних

станів. Застосування комплексу розроблених методів ідентифікації та локалізації небезпечних подій з урахуванням інших можливих порушень, які в сукупності з виявленим можуть привести до небезпечних наслідків дозволило: зменшити на 7,4% витрати часу на пошук ушкоджень технічним персоналом; збільшити на 6,9% ймовірність виявлення та послідууючої локалізації небезпечних подій в системах мікропроцесорної централізації; зменшити на 3,2% кількість порушень які віднесені до господарств сигналізації та зв'язку та на 13,9 % кількість відмов пристроїв СЦБ, які викликали затримку поїздів за рахунок оперативного їх виявлення та своєчасної локалізації.

Апробація результатів дипломної кваліфікаційної роботи магістра та публікації. Відповідно до теми кваліфікаційної роботи опубліковані наукові публікації у фахових виданнях України, результати роботи докладалися на студентських науково-практичних конференціях кафедри ЛУБРТ СНУ ім. В.Даля (2021-2022р.р.).

Структура і об'єм роботи. Кваліфікаційна робота магістра складається зі вступу, 3 розділів, заключення, списку використаних джерел з 67 найменувань на 9 сторінках. Загальний об'єм кваліфікаційної роботи магістра складає 77 стор. Робота включає 16 рисунків та 4 таблиці по тексту.

1.АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТА МОДЕЛЕЙ ІДЕНТИФІКАЦІЇ НЕБЕЗПЕЧНИХ СТАНІВ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ СИСТЕМ МІКРОПРОЦЕСОРНОЇ ЦЕНТРАЛІЗАЦІЇ

1.1. Аналіз принципів та методів підвищення безпеки технічної експлуатації систем залізничної автоматики

Протягом двох останніх десятиліть в області модернізації технічних засобів залізничної автоматики (ЗА) реалізуються наступні стратегічні завдання науково-технічного розвитку:

- перехід від релейних систем до мікропроцесорних і релейно-процесорних програмно - апаратних комплексів електричної централізації, для створення на їх основі багатофункціональних інформаційно керуючих систем які забезпечують безпеку руху поїздів; - створення необслуговуваних і малообслуговуваних систем і пристроїв з вбудованими функціями діагностики та віддаленого моніторингу для зниження трудомісткості обслуговування і переходу до обслуговування «за станом», в тому числі і в діючих релейних системах; - створення дорожніх центрів діагностики та віддаленого моніторингу; - удосконалення нормативно-технічної бази для забезпечення процесів розробки, випробувань, впровадження та технічного обслуговування засобів залізничної автоматики.

Існуючий стан технічної експлуатації засобів ЗА на залізницях загального та незагально користування та в метрополітенах України характеризується наступним:

- переважна більшість морально і фізично зношених релейних систем;
- дефіцит і відтік кваліфікованих кадрів;
- зниження рівня навичок і технічної грамотності експлуатаційного персоналу.

Транспортні події, що віднесені за господарствами сигналізації та зв'язку, з вини експлуатаційного штату, допущені через: - порушення технології виконання робіт при технічному обслуговуванні пристроїв сигналізації, централізації та блокування (СЦБ);

- невиконання робіт, передбачених планами технічного обслуговування пристроїв СЦБ, інструкціями та керівними вказівками УЗ;
- з інших причин через розкрадання, навмисне пошкодження пристроїв;
- через заводський брак, схемні недоліки, стихійні лиха, впливи грозових та комутаційних розрядів.

Розподіл транспортних подій з вини експлуатаційного штату подано на рисунку 1.1.

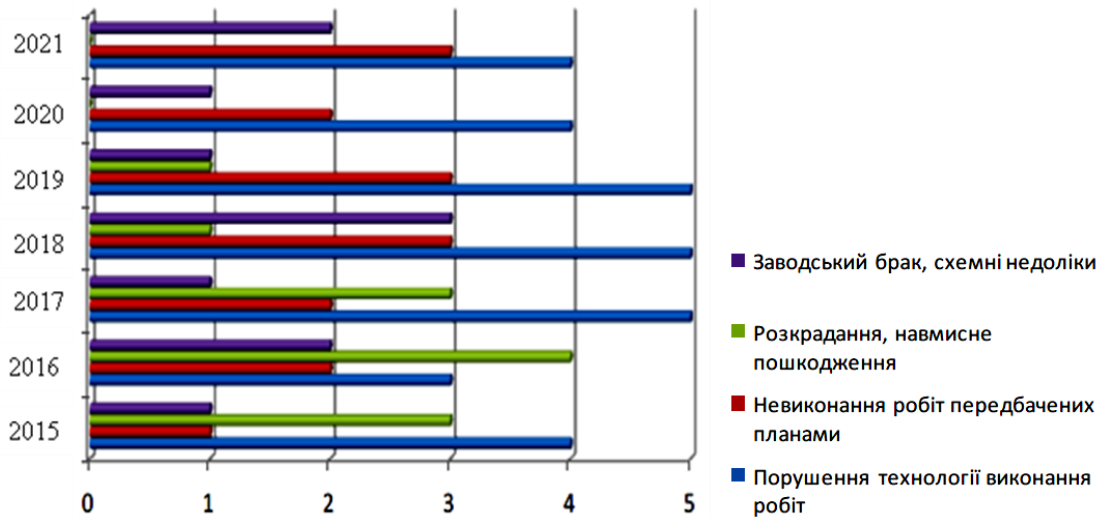


Рис.1.1. Розподіл транспортних подій з вини експлуатаційного штату

Так як найбільша кількість транспортних подій трапляється через порушення технології виконання робіт та невиконання робіт що передбачені планами, можливо зробити висновок, що на технічну експлуатацію систем залізничної автоматики негативно впливають:

- людський фактор;
- помилки при проектуванні, виготовленні, виконанні будівельно – монтажних робіт, експлуатації;
- тривалість експлуатації систем;
- низька ефективність діагностування;
- недоліки методик та технологій виявлення дефектів.

Європейський стандарт EN 50126 CENELEC [4] надає в розпорядження залізничним підприємствам, розробникам та постачальникам залізничної продукції способ послідовного використання керування надійністю (Reliability),

експлуатаційною готовністю (Availability), ремонтпридатністю (Maintainability) та безпекою (Safety) - RAMS для залізничного транспорту. Тобто RAMS – це характеристика поведінки системи при тривалому функціонуванні і досягається застосуванням визнаних технічних планів, процесів, інструментів та техніки під час всього життєвого циклу, при яких система, підсистема або компоненти, з яких вона складається, функціонують згідно специфікації, а також доступні і безпечні.

На взаємні логічні та функціональні зв'язки показників RAMS найбільш вагомий вплив здійснює технічне обслуговування (ТО) яке є невід'ємним компонентом технологічного комплексу пристроїв та систем ЗА (рисунок 1.2).



Рис.1.2. Зв'язок між елементами RAMS для залізниць

Цілі безпеки і експлуатаційної готовності можуть здійснюватися тільки тоді, коли постійно виконуються вимоги надійності і ремонтпридатності і здійснюються поточні основні роботи з технічного обслуговування.

Характеристики RAMS залізничної системи схильні до потрійного впливу, а саме, від джерел помилок (пошкоджень) і відмов, які проявляють себе всередині системи на будь-якому етапі життєвого циклу системи (системні умови), від заважаючих впливів, яким піддається система під час експлуатації

(умови експлуатації), від джерел помилок (пошкоджень), яким піддається система під час робіт з технічного обслуговування (умови обслуговування). Ці джерела помилок, відмови і заважаючі впливи можуть також взаємодіяти одне з одним та подані на рисунку 1.3.



Рис.1.3. Взаємодія джерел пошкоджень

На підставі аналізу даних і статистики RAMS з'являється можливість в розробці і впровадженні нових методів експлуатації і підтримки в справності систем ЗА[4].

Згідно [5], при створенні сучасних систем МПЦ основним напрямком є принцип виключення можливості появи потенційно небезпечної ситуації (або зведення ймовірності появи цієї події до мінімально допустимої величини). Тому досягнення безпеки функціонування пристроїв і систем повинно базуватися на таких основних принципах:

- забезпечення безпечного функціонування;
- забезпечення якісного виготовлення пристроїв і її програмного забезпечення;
- принцип допущення гіршого випадку, при якому система навіть при малоймовірному поєднанні вражаючих факторів повинна виключати появу потенційно небезпечної ситуації;
- організація безперервного контролю функціонування пристроїв в процесі технічної експлуатації;
- здійснення безперервного моніторингу стану пристроїв системи методами діагностики.

У релейних системах ЗА відмови традиційно розподіляються на захисні та небезпечні, але із появою складних мікропроцесорних систем виділений новий клас відмов – маскованих які можуть бути такими що виявляються та що не виявляються. Останні можуть призводити до накопичення відмов і, як наслідок, до порушення функціонування і до можливості появи небезпечних відмов.[5] Функціональна діагностика забезпечує оцінку технічного стану об'єкта в ході його експлуатації і може бути безперервною та сервісною. Безперервнавиконується за допомогою вбудованих технічних засобів, які можуть бути невід'ємною складовою частиною пристрою ЗА і дозволяють визначати відмови, пошкодження і предотказні стани. Сервісна діагностика проводиться на місці експлуатації обладнання за допомогою мобільних засобів технічної діагностики, на працездатному обладнанні, з метою передбачення відмов в ході подальшої експлуатації або локалізації ушкоджень, для визначення обсягів необхідних профілактичних робіт [6]

Надійність пристроїв ЗА, зокрема систем мікропроцесорної централізації, згідно [7], характеризується наступними властивостями - безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність і готовність. Якісним визначенням виду талокалізацією місця відмови скорочується середня тривалість технічного обслуговування ($t_{то}$) і середня тривалість ремонту ($t_{ср}$). Завдяки чому скорочується інтенсивність відмов (λ) і підвищується ймовірність безвідмовної роботи ($P(t)$), середнє напрацювання на відмову (t , $t_{г}$) або до відмови (t_0 , $t_{ог}$). Для цього, як всі відомі системи мікропроцесорних централізацій так і ті, що створюються знов, повинні відповідати вимогам [8] з урахуванням вимог [9, 10, 11, 12, 13].

Для аналізу та оцінювання показників функціонування систем ЗА з кінця ХХ століття досить широко використовувався метод “дерева відмов” який дозволив суттєво розширити можливості для проведення аналізу й оцінювання причин аварійних ситуацій. [14] В інших галузях підвищеного ризику (аерокосмічної галузі, атомній енергетиці, нафтогазовій промисловості) також використовуються методи дослідження та оцінки ймовірностей можливих сценаріїв розвитку аварійних ситуацій з певними наслідками, які дозволяють

виявити потенційні причини цих подій і попередити їх [15, 16]. Наприклад, в авіаційній галузі в якості методичного інструменту для прогнозування і попередження авіаційних подій традиційним є метод аналізу «дерева відмов». Одним з найбільш ефективних методів покращення безпечних властивостей систем мікропроцесорних централізацій є блокування процесу формування небезпечних команд у разі виникнення ушкоджень чи помилок персоналу. Класичні методи локалізації небезпечних факторів базуються на їх виявленні та наступному блокуванні [17]. Найбільш розповсюдженим є інформування персоналу про існуючу небезпеку з унеможливленням наступних дій, які пов'язані з ушкодженням об'єктом. У існуючих релейних системах здійснення подібних заходів може бути забезпечено тільки організаційними методами, однак такий підхід є недостатньо ефективним внаслідок низької надійності людини-оператора. В сучасних системах мікропроцесорних централізацій вони обмежуються ідентифікацією небезпек, а точніше небезпечних відмов техніки та небезпечних дій персоналу.

Як відомо, будь-якій аварії передують низка подій, більшість з яких існує протягом тривалого часу. Багатофакторність природи порушень нормальної дії системи підтверджується дослідженнями складових транспортних подій та розробленими моделями небезпечних транспортних подій [18, 19, 20]. Тому на теперішній час актуальним є розробка та удосконалення методів ідентифікації, оцінювання та локалізації небезпечних подій з урахуванням інших можливих порушень, які в сукупності з виявленими можуть привести до небезпечних наслідків. Метод оперативної ідентифікації та оцінки порушень безпеки встановлює, що для запобігання негативних наслідків будь-якого порушення необхідно виявити всі можливі варіанти розвитку подій за участю даного негативного фактора. Основою для такого аналізу може бути модель дерева подій, або дерева ушкоджень [14, 21, 22] але взагалі це може бути будь-яка модель, яка відображає властивості функціонування об'єкта.

Моделі порушень на основі дерева подій або дерева ушкоджень [14] є високоефективним інструментом, що дозволяє не тільки ідентифікувати небезпечну подію, а і оцінити можливість появи транспортної події.

Серед основних переваг цих методів слід виділити наступні:

- при побудові дерева виконується детальний аналіз об'єкту, направлений на пошук причин порушень і на встановлення причинно-наслідкового зв'язку між ними;

- можливо визначити найбільш «уразливі» частини об'єкту використовуючи будь-який ступінь деталізації досліджень;

- графічне представлення моделі досить просто і наглядно відображає поведінку об'єкта, що досліджується;

- метод дозволяє здійснювати кількісну оцінку небезпек, що мають місце, із використанням засобів обчислювальної техніки.

Згідно [23] найбільш ефективною з технічної точки зору є використання базової моделі дерева небезпечних подій системи керування, що може мати n небезпечних збігів з n порушеннями у кожному:

$A_{11}, A_{12}, \dots, A_{1n}$, - перший збіг небезпечних подій;

$A_{21}, A_{22}, \dots, A_{2n}$ - другий збіг небезпечних подій;

.....

$A_{j1}, A_{j2}, \dots, A_{jn}$ - j -й збіг небезпечних подій;

.....

$A_{m1}, A_{m2}, \dots, A_{mn}$ - m -й збіг небезпечних подій.

При виявленні i -ї відмови техніки або небезпечної дії персоналу попередньо здійснюється оцінка її потенційної небезпеки. Найбільш простим є формування попереднього стану потенційно небезпечних подій оскільки їх загальний перелік є у будь-якому випадку кінцевим. Якщо порушення визнано потенційно небезпечним (спроможним у сукупності з іншими сприяти появі кінцевої події) система здійснює розрахунок імовірності очікування кінцевої події $P_k(A_i)=1$ за допомогою процедури оперативної локалізації небезпечних подій як показано на рисунку 1.4.

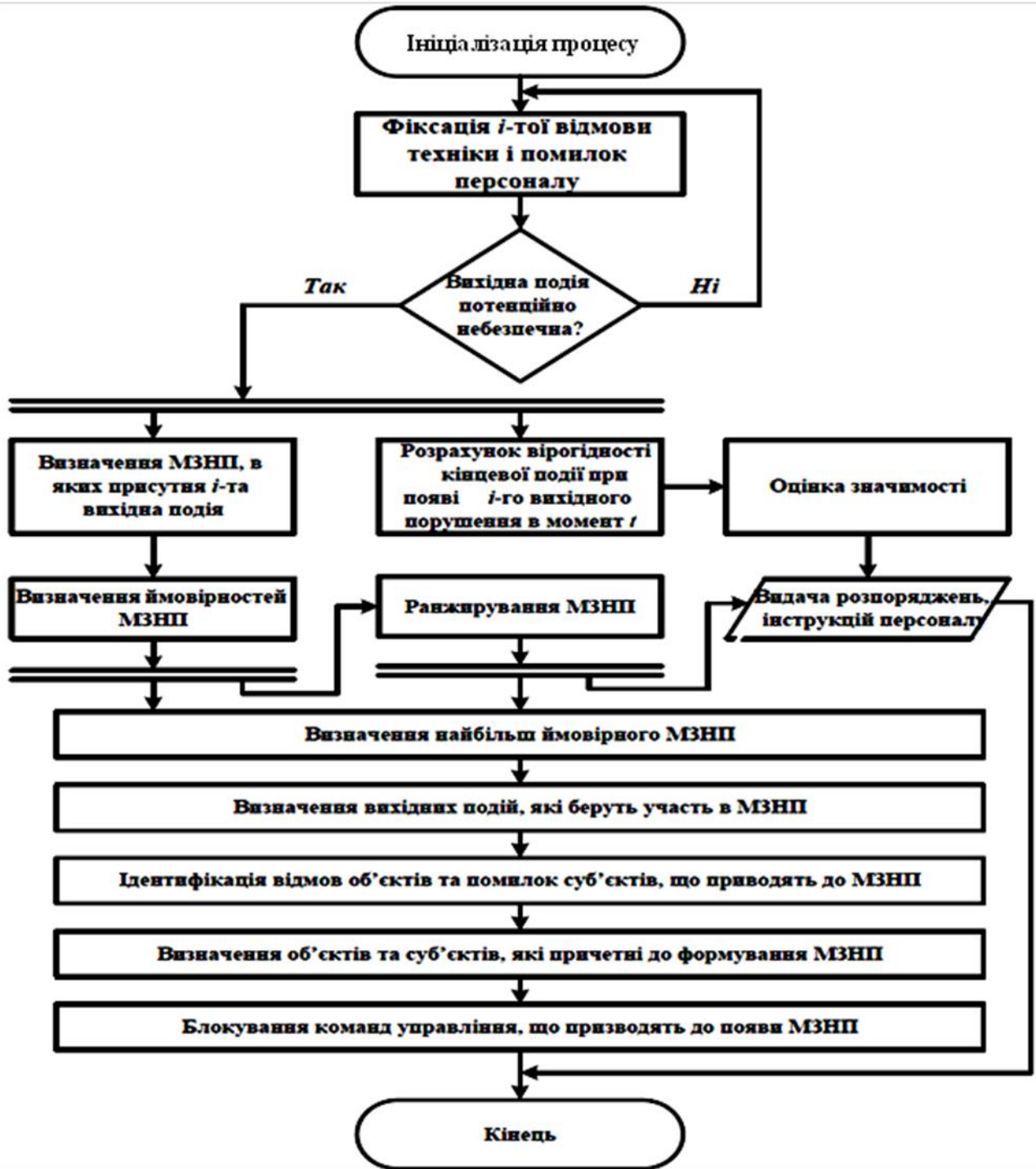


Рис.1.4. Процедура оперативної локалізації небезпечних подій МЗНП - множини збігів небезпечних подій

Далі проводиться оцінка її значимості з урахуванням імовірності існування кінцевої події дерева при появі первинної події x_i . Після визначення ступеня безпеки експлуатаційному персоналу надаються відповідні інструкції, потім виявляються всі множини збігів небезпечних подій (МЗНП), в яких може брати участь подія A_i , та обчислюються їх імовірності відповідно до [24].

Після ранжирування МЗНП оперативному персоналу надається інформація про можливі наслідки зафіксованого порушення та виявляється найбільш імовірний збіг небезпек. Шляхом зворотного ходу дерева виявляються початкові події, які беруть участь у формуванні встановленого мінімального збігу. Таким чином, фактично виявленими є всі можливі варіанти розвитку подій у системі керування при наявності i -го ушкодження. Якщо далі встановити перелік об'єктів керування або суб'єктів, що можуть бути причетними до формування i -го МЗНП то можливо формувати команди які забезпечують блокування можливих наслідків на стадії їх виникнення та не дозволять проходження несанкціонованих команд керування. Також, навіть коли оператор не буде виконувати своїх обов'язків система не буде формувати небезпечних команд.

Описаний метод можливо взяти за основу подальших досліджень, але при цьому необхідно відзначити, що він не дозволяють врахувати стратегії технічного обслуговування. Тому на теперішній час існує нагальна потреба удосконалення наукових уявлень про стан процесу використання пристроїв та систем ЗА з урахуванням стратегії їх безпечної експлуатації та використання сучасних методів для оцінювання їх показників функціонування.

Проблема забезпечення безпечних властивостей технічних засобів і програмного забезпечення на низових рівнях систем мікропроцесорних централізацій полягає в тому, що внаслідок інформаційної природи мікропроцесорних систем залізничної автоматики, їхні принципи забезпечення досить істотно відрізняються від релейних.[25]

Реалізація пропонує в проаналізованих джерелах методів та моделей ідентифікації небезпечних станів технічних засобів систем мікропроцесорної централізації вимагають адаптації наявних теоретичних і методичних результатів для розробки нового інформаційного, технічного, математичного забезпечення, задач діагностування та технології обслуговування, розвитку формалізованих процедур моделювання процесів прийняття рішень.

1.2. Аналіз впливу людини – оператора на безпечність процесу технічної експлуатації засобів залізничної автоматики

Важливе значення для забезпечення безпечності процесу експлуатації засобів ЗА має ергатичний аспект надійності, що враховує участь людини як у функціонуванні, так і в технічному обслуговуванні систем мікропроцесорної централізації.

У науковому обігу людський фактор розглядається здебільшого як чинник, пов'язаний із роботою експлуатаційного штату, що безпосередньо використовує МПЦ як систему керування, в той час як аспекти діяльності обслуговуючого (технічного) персоналу не отримують належної уваги. У силу специфічних особливостей, помилки персоналу при технічному обслуговуванні (ТО) виявляються у формі, що відрізняється від тої, яка може відбуватись на робочому місці чергового по станції або поїзного диспетчера. Зростаюча складність МПЦ, рівень їх автоматизації з одного боку зменшують навантаження на експлуатаційний персонал, проте з іншого суттєво підвищують вимоги до технічних фахівців, що їх обслуговують. Це призводить до перерозподілу помилок від однієї категорії персоналу до іншої, що створює потенційну можливість виникнення транспортних подій через сполучення процедурних або технічних відмов із помилками експлуатаційного та технічного персоналу, яке у свою чергу, може призвести до зниження рівня безпеки руху, якщо своєчасно не вжити захисних заходів.

Причинами транспортних подій рідко бувають винятково помилкові дії експлуатаційного персоналу, вони є результатом взаємозалежного впливу цілого ряду чинників, уже наявних у транспортній системі.

При розгляді подій, причиною яких була помилка людини, ми в більшості випадків розглядаємо ті, що стосуються окремих особистостей і внаслідок цього вирішення проблем орієнтовані на конкретних «людей – операторів». При цьому організаційні помилки при виконанні ТО: повнота, якість виконання робіт і ефективність контролю не враховуються, а іноді навіть не беруться до уваги.

На рисунку 1.5 подано існуючу структуру ТО при поточній експлуатації систем залізничної автоматики.

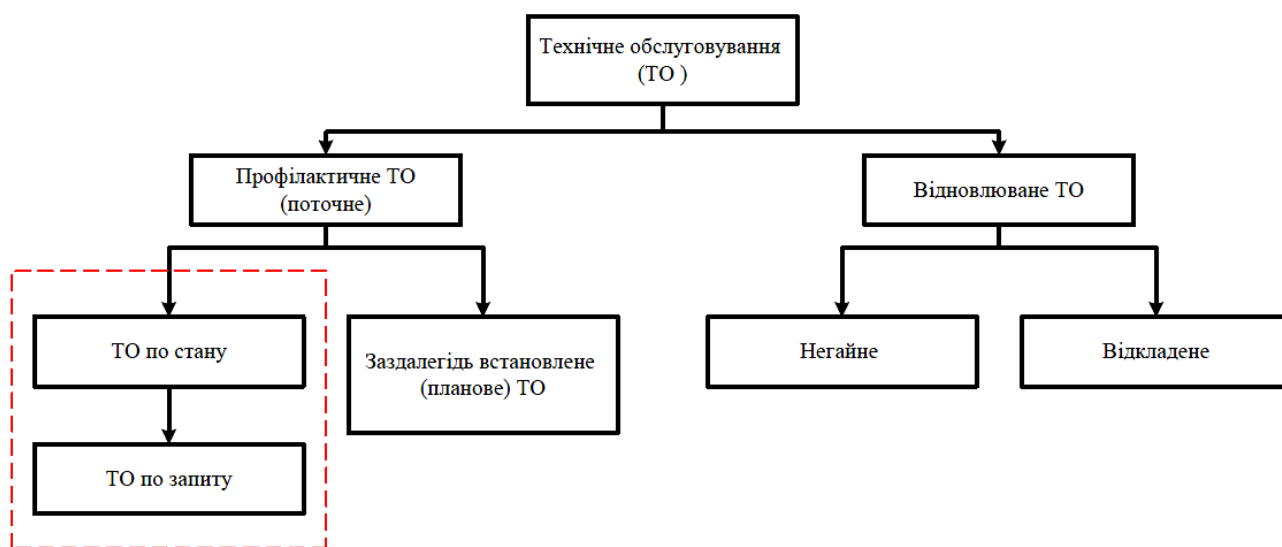


Рис.1.5. Існуюча структура ТО при поточній експлуатації систем залізничної автоматики

При поточній експлуатації засобів ЗА має місце багатоетапне технічне обслуговування [26, 27] де кожен вид робіт відрізняється своїм значенням повноти відновлення і періодичністю його виконання, що регламентовані нормативними актами, а також взаємопов'язаний з результатами виконання технічного обслуговування технічних засобів інфраструктури споріднених галузей.

Сучасні системи мікропроцесорних централізацій є складними резервованими, багаторівневими, такими, що відновлюються, із різноманітними видами відмов як технічної, так і людських ланок системи в яких частково реалізовано можливість проведення технічного обслуговування по стану або по запиту. Тому особливе місце в їх удосконаленні посідають питання створення сприятливих умов для роботи технічного персоналу і поліпшення організації й інформаційного забезпечення процесів ТО. При вирішенні даної проблематики крім загальних вимог висувається ряд спеціальних:

- урахування реальної структури системи, взаємодії підсистем і режимів роботи;

- спільний вплив різноманітних видів відмов техніки і помилок людини;
- вплив умов експлуатації, дій обслуговуючого персоналу й урахування їхнього функціонального стану;
- урахування організаційної структури підприємств при виконанні ТО й удосконалювання інформаційних потоків між структурними елементами;
- можливість коректування і розвитку методів оцінки;
- можливість розробки різноманітних заходів щодо підвищення надійності.

На рисунку 1.6 подано порядок ідентифікації та локалізації пошкоджень пристроїв ЗА без застосування техобслуговування по поточному стану.

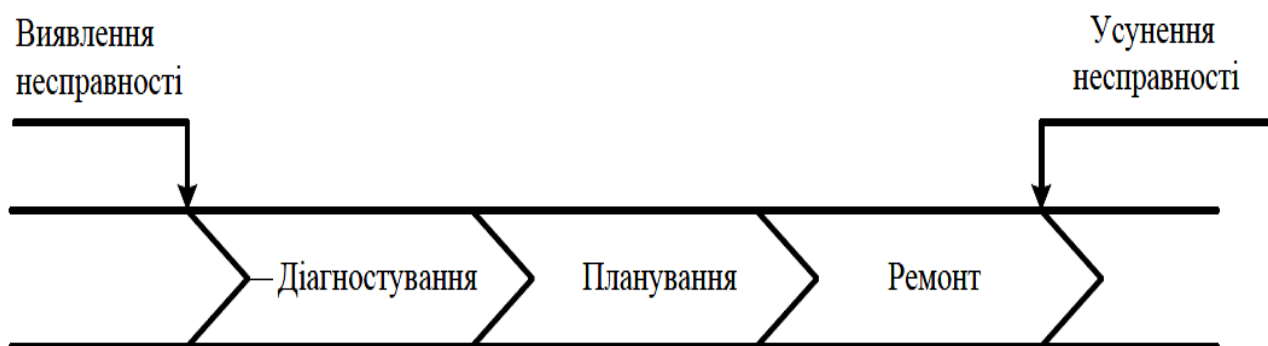


Рис.1.6. Порядок ідентифікації та локалізації пошкоджень пристроїв ЗА без застосування техобслуговування по поточному стану

Хоча цей порядок на протязі багатьох десятиліть довів свою ефективність, сучасні вимоги до експлуатації ЗА потребують перегляду існуючих методів технічного обслуговування.

На рисунку 1.7 подано приклад складання планів і графіків при використанні техобслуговування по поточному стану. У разі завчасного виявлення назріваючої відмови є час на те, щоб спланувати всі заходи, замовити запасні частини, визначити графік, і провести ремонт до того, як відбудеться несправність.

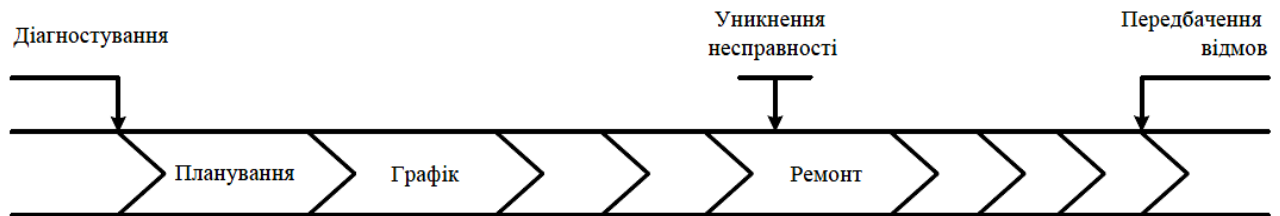


Рис.1.7. Порядок складання планів і графіків при використанні техобслуговування по поточному стану.

Таким чином визначено, що якість ТО є однією з найважливіших складових частин забезпечення безпечної, надійної та безвідмовної експлуатації систем мікропроцесорної централізації що потребує як можливо швидшого переходу до технічного обслуговування по поточному стану.

Для визначення стратегії досягнення кінцевого результату введемо деякі змінні, що характеризують питання що потребують вирішення:

- мету роботи;
- множину показників що необхідно покращити;
- стратегію та засоби по досягненню цілей;
- інструментарій для досягнення результатів.

Метою роботи є підвищення безпеки руху шляхом удосконалення процесу технічної експлуатації систем мікропроцесорної централізації на основі оперативної ідентифікації, оцінки й локалізації порушень та блокування дії дестабілізаційних факторів. Тобто ми можемо вивести наступні цілі:

- необхідність покращення якості оцінювання технічних станів систем мікропроцесорної централізації при існуючих обмеженнях вхідних даних;
- мінімізація ресурсів на технічне обслуговування систем за рахунок оперативності виявлення передвідмовних станів.

Таким чином, ми можемо представити множину показників що необхідно покращити у такому вигляді.

Для реалізації пункту 1 необхідно використовувати – теорію стійкості,

теореми лінійної алгебри, математичний апарат теорії ймовірності та математичної статистики, теоретичні положення булевої логіки. Для пункту 2 - теорію графів, системний аналіз, методи оптимізації алгоритмів.

Для пункту 3 – методологію та теоретичні основи побудови і безпечної експлуатації засобів залізничного транспорту, теорію масового обслуговування, науково-методолігічний апарат ризик-менеджменту, сучасні методи дослідження причин та наслідків порушень.

Скорочення загальних експлуатаційних витрат стане можливим за рахунок зменшення:

- кількості експлуатаційного персоналу;
- інтенсивності відмов $\lambda \rightarrow \min$;
- часу технологічних затримок.

Для досягнення мети дослідження проведений попередній аналіз існуючих методів та виявлено, що сучасні наукові розробки не вирішують поставленого завдання, у повній мірі не використовуються можливості системного підходу до процесів безпечного використання засобів залізничного транспорту. Також це неможливо зробити існуючими технічними та технологічними засобами. Інструменти «Індустрії 4.0» надають можливість комплексної оцінки стану МПЦ в умовах експлуатації за допомогою комп'ютерно-інтегрованих інформаційних технологій. При цьому враховуються як зовнішньо-технічні, так і внутрішньо-ергономічні фактори.

При вирішенні поставлених завдань необхідно також враховувати наступне. При розробці методу оцінювання технічного стану мікропроцесорної апаратури станційної централізації необхідно враховувати ряд факторів що ускладнюють використання класичних методів статистики [3]: - відносно невеликий досвід експлуатації мікропроцесорних систем керування рухом поїздів на залізничному транспорті України в умовах незначного обсягу їх впровадження, що обмежує обсяг статистичних вибірок та їх репрезентативність; - обмежений доступ до інформації щодо статистики відмов у процесі експлуатації МПЦ в зарубіжних країнах, через що ускладнюється формування об'єктивної статистичної картини, яка б дозволила використання класичних

методів її оцінки;

- реалізовані високі вимоги щодо надійності та безпечності функціонування таких систем, при яких випадки дефектів та порушень при виникненні пошкодження є край рідким явищем, що, накладаючись на загальний дефіцит статистичних даних, фактично унеможливує їх класичну обробку. Аналітичне прогнозування відмов апаратних пристроїв залізничної автоматики є необхідною умовою забезпечення їх високої надійності та безпеки використання [3–4], в той час як спільним недоліком більшості відомих методів в галузі залізничної автоматики [4–5] є орієнтація на значний обсяг статистичних даних (результатів спостережень, тестів тощо). Тому доцільно використовувати результати досліджень [7] в аспекті встановлення достовірності результатів випробувань систем мікропроцесорної централізації для розроблення методів оцінювання технічного стану мікропроцесорної апаратури станційної централізації за умов існуючих обмежень у статистичних даних про пошкодження апаратних компонентів в процесі експлуатації. За рахунок використання різних методів апарату теорій множин, груп, графів та матриць сформовано ряд підходів [36, 54], які дозволили на декілька порядків підвищити рівень функційної безпечності систем ЕЦ та збільшити ефективність їх технічного контролю. З певними модифікаціями запропоновані в означених роботах методи, моделі та засоби можуть бути використані для цілей, пов'язаних із функціонуванням систем ЕЦ й інших засобів залізничної автоматики. Але, не дивлячись на значний обсяг досліджень, слід констатувати невизначеність їхніх результатів щодо уніфікації представлення об'єктів керування та контролю (ОКК) та пов'язаних із ними маршрутів для обробки на ЕОМ з метою формування прикладного програмного забезпечення (ППЗ) та дослідження надійності й функційної безпечності систем ЕЦ. Зокрема, встановлені зв'язки та взаємовідношення між ОКК в проаналізованих роботах мають м'який характер, а їх математична інтерпретація не встановлює логічних залежностей між їхнім станом та виконуваними функціями. Такий порядок речей не дозволяє використовувати відомі моделі ОКК й маршрутизації залізничних станцій з метою формалізації взаємозалежностей між ними, без чого неможлива чітка алгоритмізація технологічних процесів й

дослідження функціональних властивостей щодо систем ЕЦ, особливо мікропроцесорного та релейно-процесорного виконання. Тобто необхідно формалізувати представлення взаємозалежностей між ОКК при формуванні та реалізації станційних маршрутів шляхом їх моделювання на основі функціональної ознаки та удосконалити модель оперативного визначення показників безпеки при формуванні поїзних та маневрових маршрутів на основі структурних функцій. З метою реалізації принципово нові задачі - об'єднання в єдиний комплекс систем та пристроїв залізничної автоматики різного призначення, реалізуючи системну інтеграцію та уніфікацію на всіх рівнях, необхідно створення моделей структур мікропроцесорних централізацій та дослідження їх програмних конфігурацій та взаємодії між їх елементами. Це примушує кардинально переробити логіку функціонування цих систем та пристроїв, використовуючи підходи та інструменти «Індустрії 4.0» та методи інших галузей. Наприклад, для забезпечення залізничного транспорту малої місткості властивостями адаптивного управління розроблена математична модель [58] оптимізована з допомогою справжнього кодованого генетичного алгоритму. Аналіз структур сучасних мікропроцесорних централізацій найбільш ефективно здійснювати використовуючи теорію графів [59], яка використовується для вирішенні різноманітних задач, зокрема застосування методу визначення максимальних клік в неорієнтованих графах [6]. Модель визначення стану пристроїв та прогнозування технічного стану систем мікропроцесорних централізацій в умовах обмежених статистичних даних детально розглянута в роботі [61]. Робота [62] дає можливість виявляти «слабкі» місця в структурі та аналізувати поведінку системи. В роботі [63] наведена класифікація структур по ступеню централізації і в відповідності до цього проводяться обчислення кінематичних властивостей структур. Але не вистачає загального погляду на систему, що складається з більш простих структур та нерозглянуті некінематичні характеристики системи. При аналізі публікацій [64–65] виявлено, що деякі методи дослідження систем є складними для розуміння, або ж не застосовувалися до систем мікропроцесорних централізацій, тому для дослідження структур систем МПЦ пропонується

використовувати графоаналітичний метод, який є простим та зрозумілим. Важливою перевагою моделі у вигляді графа є можливість ефективного застосування комп'ютерних технологій для автоматизації виявлення різних властивостей, параметрів та поведінки досліджуваних систем. На даний час їх існує велика кількість середовищ математичного моделювання, але не всі вони є простими та зрозумілими для дослідника, проектувальника тим більше для обслуговуючого персоналу [7]. Одним із способів реалізації інтерактивної взаємодії персоналу і програмно-технічних засобів, яка забезпечує розширення функційних можливостей та підвищення функційної безпеки систем мікропроцесорної централізації є використання стандартної глобальної мережі Інтернет із підключенням мобільного АРМа. Перевагою такого підходу є простота реалізації та широкий радіус доступу до діагностичної інформації (практично з будь-якої точки світу, яка охоплюється глобальним «павутинням» Інтернету). Але суттєвим недоліком використання мережі Інтернет є забезпечення захищеності лінії передачі даних. На теперішній час цей недолік можливо усунути за рахунок використання хмарних технологій [8], що потребує окремого дослідження. Виходячи з проведеного аналізу принципів та методів підвищення безпеки технічної експлуатації систем мікропроцесорної централізації визначено що як на стадії розробки, так і на стадії експлуатації необхідно враховувати: - виконання оцінки оперативних показників функціонування та ймовірностей виникнення небезпечних ситуацій; - блокування можливостей негативного розвитку подій й прояву небезпечних подій в майбутньому, із можливістю автоматичної видачі рекомендацій експлуатаційному персоналу про найбільш ефективні та безпечні варіанти реалізації команд керування, в залежності від стану системи мікропроцесорної централізації. Таким чином удосконалення технічної експлуатації систем мікропроцесорної централізації може бути досягнуто шляхом оперативного виявлення порушень на більш ранній стадії, за рахунок оперативного виявлення небезпек та їх послідувочої локалізації, зменшення витрат часу на пошук та усунення пошкоджень.