

## ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ МЕТОДІВ ДОКАЗУ БЕЗПЕЧНОСТІ СИСТЕМ МІКРОПРОЦЕСОРНОЇ ЦЕНТРАЛІЗАЦІЇ СТІЛОК ТА СИГНАЛІВ

*Представив д.т.н., проф. Бойнік А. Б.*

### Вступ

Впровадження в експлуатацію на магістральному залізничному транспорті України сучасних мікроелектронних засобів управління рухом поїздів, зокрема мікропроцесорної централізації стрілок та сигналів, можливе лише на основі достовірної інформації про відповідність впроваджуваних систем певному рівню функціональної безпеки [1]. Комплекс робіт, спрямований на підтвердження даного рівня визначає процедуру доказу безпеки відповідного технічного засобу [2]. В даний час можна виділити наступні основні методи доказу безпеки комплексів технічних засобів керування та регулювання рухом поїздів [3]: метод експертних оцінок функціональної безпеки; розрахунковий метод; розрахунково-експериментальний метод; експериментальний метод. Ці способи перераховані в порядку послідовного їхнього застосування протягом усього життєвого циклу існування системи. І в той же час вони розташовані в порядку зростання вірогідності оцінки безпеки [5, 6].

Експертні та розрахункові методи оцінки безпеки не можуть претендувати на високу вірогідність, якщо не будуть підкріплені даними, отриманими при експериментальних випробуваннях розробленої системи, тому випробування належать до числа найважливіших складових частин роботи із забезпечення та підвищення надійності й безпеки технічних об'єктів залізничного транспорту [2, 3].

Враховуючи технологічні особливості функціонування систем електричної централізації стрілок та сигналів, а також сучасний стан інфраструктури магістраль-

ного і промислового залізничного транспорту України, стосовно до систем мікропроцесорної централізації, на думку автора, є доцільним застосування наступних етапів доказу безпеки в рамках експериментального методу: випробувань на імітаційних моделях (імітаційних випробувань), стендових випробувань (випробувань із застосуванням фізичних моделей об'єктів) та випробувань в умовах експлуатації.

Дослідження, викладене в даній статті, проводилося на прикладі систем мікропроцесорної централізації стрілок та сигналів з децентралізованим (система МПЦ-Д) та централізованим (система МПЦ-Ц) розміщенням апаратури розробки ТОВ «НВП «САТЕП» на лабораторно-експериментальній базі підприємства-розробника [6].

### Випробування на імітаційних моделях

Випробування мікропроцесорної централізації на імітаційних моделях проводяться на ранніх етапах розробки системи [7]. Застосування імітаційних випробувань можливе в умовах, коли сама система повністю не створена, проте обрані технічні засоби, методи контролю системи та розроблено базове прикладне програмне забезпечення відповідно до технологічних алгоритмів функціонування. Основним призначенням даного виду випробувань є встановлення надійності і безпеки функціонування прикладного програмного забезпечення верхнього і середнього рівнів системи МПЦ, що являють собою відповідно підсистему обробки залежностей електричної централізації на базі промислових ЕОМ, зарезервованих за принципом «2 з 3-х» та групи автоматизованих робочих місць опе-

ративного (АРМ ДСП основний та резервний) та технічного (АРМ ШН) персоналу [6, 8]. Випробування на імітаційних моделях у порівнянні з іншими видами випробувань дозволяють: забезпечувати прискорені випробування в машинному часі; створити під час випробувань всю безліч можливих технологічних ситуацій; імітувати велику кількість відмов апаратних і програмних засобів, що ускладнюється при випробуваннях на фізичних моделях; організувати процедури верифікації програмного забезпечення; відкоригувати списки небезпечних відмов; зібрати статистичні дані по впливу збоїв програмного і апаратного забезпечення на безпеку; організувати імовірнісні експерименти з машинними моделями систем великої розмірності. Невід'ємною перевагою даних випробувань є можливість прямого застосування автоматизованих засобів проведення випробувань

(автоматичного тестування), що дозволяють в автоматичному режимі моделювати вплив різноманітних дестабілізуючих чинників в обмежених проміжках часу при будь-якій технологічній ситуації та реєструвати реакцію системи на них.

Основним інструментальним засобом проведення імітаційних випробувань системи МПЦ є спеціалізована імітаційна модель комплексу технічних засобів мікропроцесорної централізації (програмний імітатор). Імітаційна модель для випробувань програмного забезпечення системи МПЦ (рисунок.1) реалізована у вигляді програмних модулів, пов'язаних з роботою технологічного алгоритму та прикладного програмного забезпечення, які встановлюються на ЕОМ автоматизованого робочого місця чергового по станції або на окремій ЕОМ випробувального комплексу.

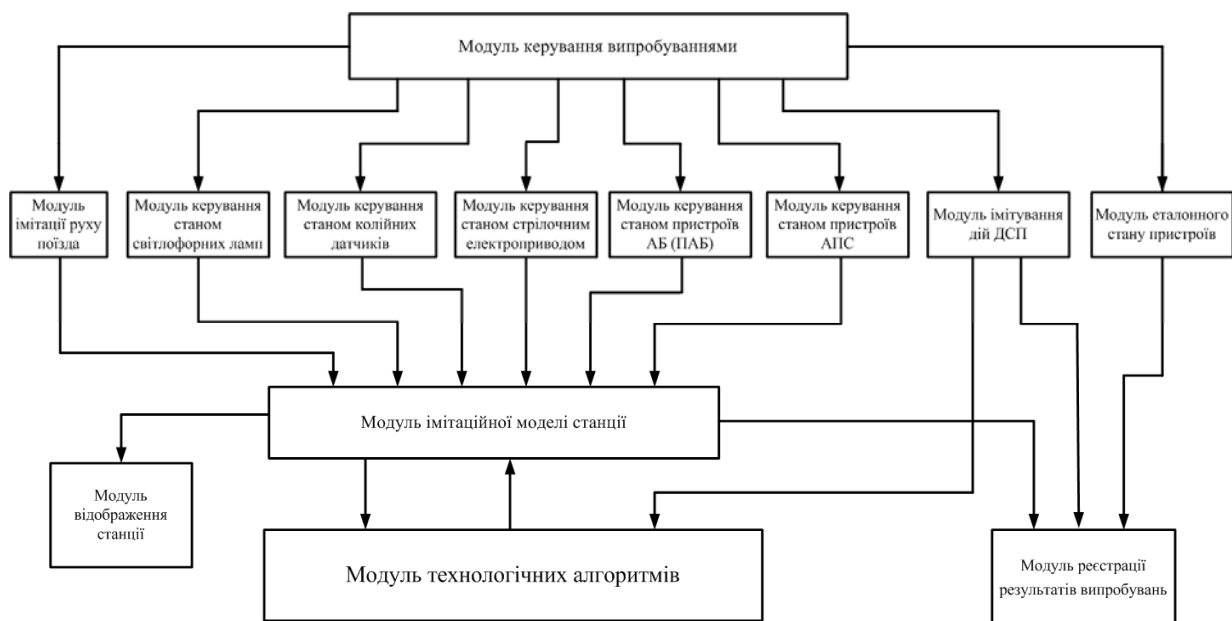


Рис. 1. Структурна схема імітаційної моделі систем МПЦ

Встановлення програмного забезпечення імітаційної моделі на одній з ЕОМ обробки залежностей не є припустимим оскільки відповідно до програми та методики випробувань передбачено дослідження поведінки системи при програмному перезавантаженні операційної системи ЕОМ залежностей при різних технологічних ситуаціях [7].

Основним з програмних модулів спеціалізованої імітаційної моделі є модуль керу-

вання випробуваннями, у якому зберігається план випробувань. Послідовно в часі модуль керування випробуваннями визначає потрібний експеримент і задає в певній послідовності і у певні моменти роботи випробуваного програмного засобу стану датчиків зовнішньої інформації в імітаційній моделі станції. Модуль керування випробуваннями може являти собою людиномашинний інтерфейс, за допомогою якого оператор-випробувач керує процесом ви-

пробувань, або автоматизований програмний комплекс, який здійснює генерацію тестових команд за складеним алгоритмом. Зв'язок модулю керування з модулем імітаційної моделі станції здійснюється через модулі станів колійних датчиків, перегонів (автоматичного чи напівавтоматичного блокування), стрілочних і безстрілочних ділянок, приймально-відправних колій, стрілочних переводів, станів ламп світлофорів і автоматичної переїзної сигналізації (АПС). Зазначені програмні модулі визначають початковий стан елементів станції і вносять спотворювання під час реалізації випробуваного програмного забезпечення. Стан колійних датчиків в імітаційній моделі станції також визначається модулем імітації руху поїзда, на який впливає модуль керування випробуваннями. Модуль імітації руху поїзда генерує потоки поїздів із заданими параметрами (кількість осей, напрямки руху тощо).

Вибір режиму роботи технологічного алгоритму здійснюється модулем імітації дій чергового по станції: на цьому етапі формуються директиви для виконання різних функцій технологічним алгоритмом.

Модуль імітаційної моделі станції сприймає керуючі впливи від модулю технологічного алгоритму та змінює стан об'єктів керування (стрілочні переводи, сигнали світлофорів, датчики лічення осей тощо).

Результати роботи технологічного алгоритму у вигляді керуючих впливів і станів елементів порівнюються із еталонними станами, що зберігаються в модулі еталонних станів. Порівняння виконує модуль реєстрації результатів випробувань, що фіксує всі реакції програмного засобу системи. Вид еталонного стану керуючих сигналів визначається модулем керування випробуваннями, що впливає на модуль еталонних сигналів.

Для візуального контролю модуль імітаційної моделі станції містить модуль відображення плану станції, на якому відображаються стани напільних пристроїв, залежно від станів датчиків, об'єктів керування, поїзного положення та сигналів програмного засобу. Інтерфейс користувача імітацій-

ної моделі, за допомогою якого здійснюються вказані вище операції, наведений на рисунку 2 [9].

Розглянуті програмні модулі імітаційної моделі у комплексі їхньої взаємодії фізично розташовані на автоматизованому робочому місці (АРМ) випробувача, яке суміщене з АРМ ДСП або розташоване на окремій ЕОМ.

Прикладне програмне забезпечення верхнього і середнього рівня системи при проведенні випробувань встановлене на відповідних апаратних блоках системи МПЦ: автоматизованих робочих місцях оперативного і технічного персоналу (АРМ ДСП, АРМ ШН) і ЕОМ залежностей (рисунком 3).

Робота імітаційні моделі при кожному окремому експерименті здійснюється в такій послідовності [7]:

- задається початковий стан датчиків та виконавчих пристроїв;

- встановлюється один з наступних режимів роботи технологічного алгоритму: встановлення маршруту, відміна маршруту, штучне розмикання секцій, індивідуальне переведення стрілок, штучне розмикання секцій, приймання або відправлення поїздів по запрошувальному сигналу, управління режимами електропостачання тощо;

- відповідно до плану випробувань по заданих маршрутах імітується проходження поїздів, при цьому імітуються різні дестабілізуючі фактори і параметри руху: довжина поїзда (визначається кількістю одночасно займаних їм секцій маршруту), місце знаходження хвоста поїзда (номер секції маршруту) у теперішній момент, відмова рейкового датчика рахункової позиції тощо;

- у процесі реалізації алгоритмів заданого режиму змінюється поточний стан датчиків зовнішньої інформації, що імітує їхні відмови або зовнішні несанкціоновані впливи, наприклад перемикання фідерів або перегорання запобіжників у колах живлення колійних датчиків, пошкодження електричних кіл та ін.;

- відтворюються різні дії чергового по станції, які можуть бути помилковими чи штатними.

Випробування проводяться при роботі ЕОМ залежностей середнього рівня системи МПЦ в одноканальному варіанті при відключеному мажоритуванні, в триканальному варіанті (при резервуванні ЕОМ залежностей за принципом «2 з 3-х») та в усіх комбінаціях двоканального варіанту (не працює тільки один канал резервування,

ЕОМ залежностей зарезервовані за принципом «2 з 2-х») у відповідності із нормами експлуатації програмно-апаратних засобів МПЦ в залежності від ступеню готовності програмного забезпечення кожної ЕОМ залежностей, АРМ ДСП та АРМ ШН системи.

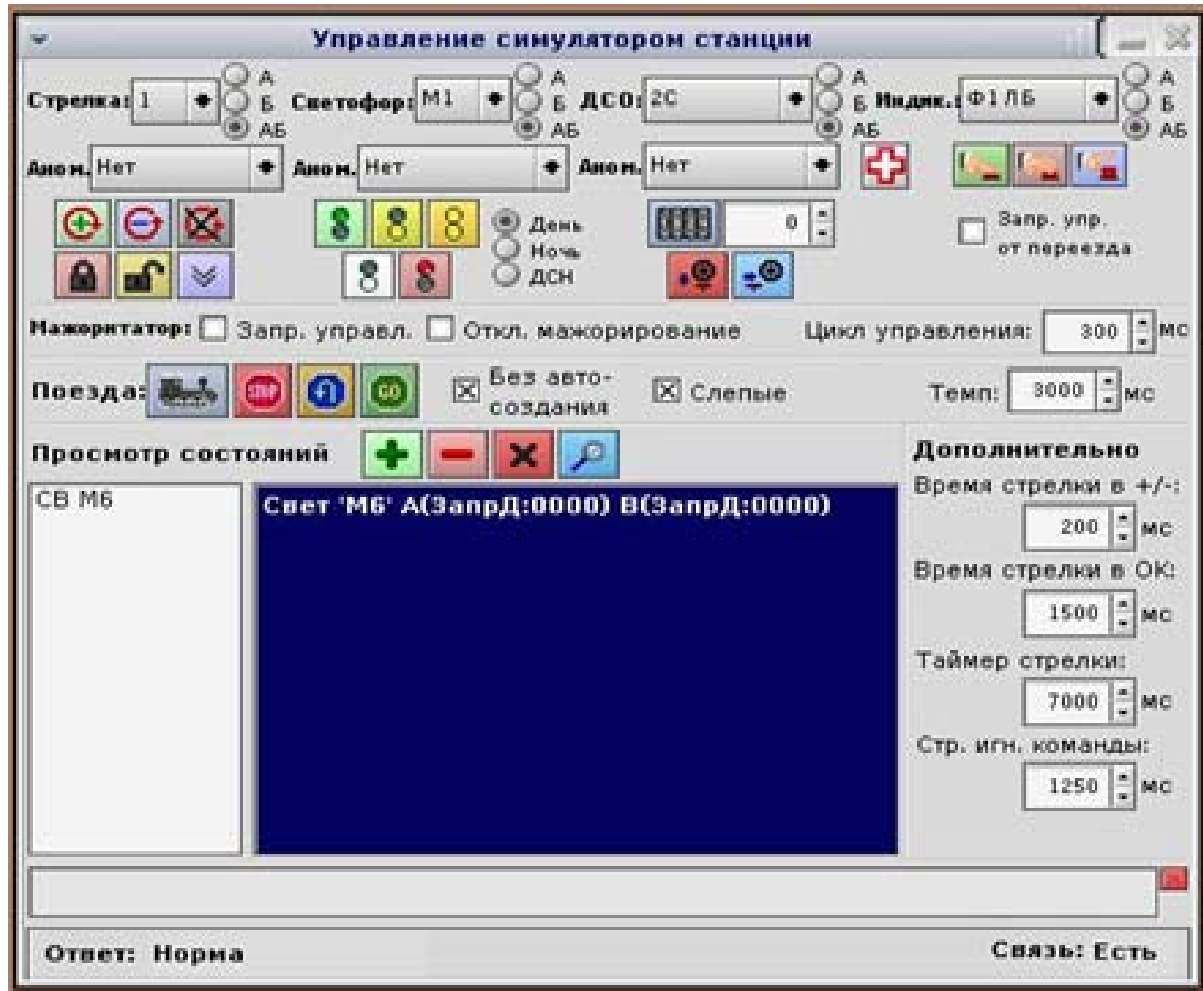


Рис. 2. Людино-машинный интерфейс імітаційної моделі МПЦ

При випробуваннях системи в одноканальному варіанті припускається розміщення всіх програмних компонентів системи МПЦ та програмних модулів імітаційної моделі на одній фізичній ЕОМ [7].

Відповідно до розробленої методики в процесі випробувань здійснюється перевірка виконання наступних функцій і умов безпеки [7]: функціонування підсистеми забезпечення обмеженого доступу до АРМ ДСП (апарату управління станцією); функціонування встановлення маршрутів і відкриття сигналів; реалізації кутових заїздів

на станції; виконання умов безпеки встановлення маршрутів і відкриття сигналів; виконання умов безпеки підтримання відкритого сигналу маршруту; виконання умов припустимості й безпеки відміни маршруту; функціонування групової відміни маршрутів; працездатності індивідуального керування світлофорами; виконання умов безпеки індивідуальних операцій над світлофорами (повторного відкриття сигналу, блокування світлофора, постановки світлофора "на макет" тощо); функціонування індивідуального керування стрілкою; вико-

нання умов безпеки індивідуального керування стрілками (індивідуального переводу стрілки, фіксації стрілки, блокування стрілки, постановки стрілки "на макет" тощо); виконання функцій індивідуального керування ділянками колії (встановлення стану ділянок колії); виконання умов безпеки операцій над ділянками; виконання функцій ручного керування переїздами; виконання умов безпеки ручного відкриття переїзду; виконання сервісних функцій системи; контролю цілісності ниток ламп, рівня напруги на лампах і напільній апаратурі світлофорів; протоколювання роботи системи МПЦ і функціонування програмного забезпечення АРМ ШН.

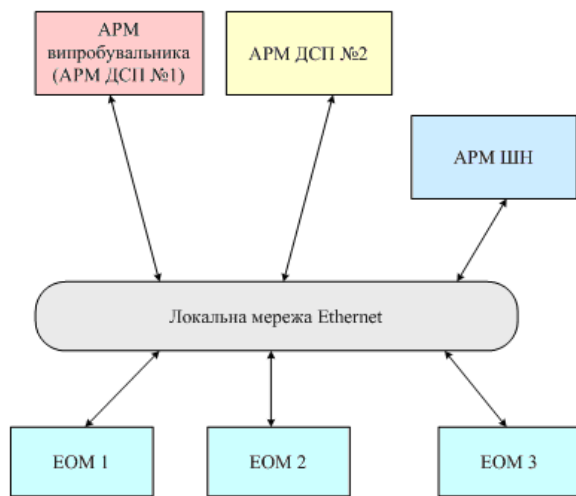


Рис. 3. Структурна схема комплексу апаратних засобів для проведення випробувань на імітаційних моделях

Кожна перевірка, здійснюється як в штатному режимі функціонування системи МПЦ, так і при впливі дестабілізуючих чинників відповідно до програми та методики випробувань.

Результати кожної перевірки фіксуються у відповідних розділах протоколу випробувань.

### Стендові випробування

При проведенні випробувань варто врахувати, що можливості програми, що імітує роботу системи МПЦ, обмежені, і не дозволяють провести перевірку функціонування системи в повному обсязі.

Найбільш наближеними до експлуатаційних умов, на етапі розробки нових сис-

тем мікропроцесорної централізації стрілок та сигналів, прийнято вважати проведення стендових випробувань [4].

Проведення стендових випробувань системи МПЦ дозволяє [10]: виявити відповідність комплексу технічних засобів системи необхідним показникам надійності і безпечності; виявити відмови, помилки, конфлікти програмних і апаратних засобів; провести аналіз відмов і порушень нормальної роботи пристроїв і вжити заходів щодо їх усунення; скласти рекомендації з доробки системи з метою підвищення або досягнення заданого рівня надійності і безпечності; проводити дослідження систем МПЦ при різних конфігураціях колійного розвитку станцій; зменшити тривалість етапу пусконаладжувальних робіт на об'єкті впровадження системи МПЦ; прискорити процес пуску системи електричної централізації; нарощувати додаткові функції з урахуванням дослідних даних, отриманих на різних етапах життєвого циклу системи МПЦ.

Структурна схема випробувального стенду системи мікропроцесорної централізації стрілок та сигналів (рисунком 4) складається з наступних технічних засобів [10]:

- технічних засобів верхнього рівня (АРМ ДСП, АРМ ШН);
- технічних засобів середнього рівня: мікропроцесорна підсистема обробки залежностей, що складається з ЕОМ залежностей промислового виконання;
- технічних засобів нижнього рівня об'єктні контролери (ОК), до складу яких входять мікропроцесорні контролери каналів А і В (двоканальна структура «2 з 2-х»), фізичних макетів датчиків та виконавчих напільних пристроїв, а також підсистеми контролю вільності ділянок методом рахунку осей рухомого складу (ССО).

Структура АРМ ДСП складається з двох ЕОМ і має двоканальну структуру [6, 10].

До складу технічних засобів середнього рівня системи входять три комплекти ЕОМ залежностей, включені по триканальній структурі навантаженого мажоритарного резервування з вирішальним елементом «2 з 3-х», а також комутатори зв'язки КС3/1, які виконують функцію розв'язуючого еле-

мента при мажоритарному резервуванні. Функціональна безпека і безвідмовність системи МПЦ забезпечується за рахунок використання високонадійної операційної системи реального часу типу QNX, мажоритарного резервування «2 з 3-х» і гарантованого періодичного контролю справності каналів резервування [6].

При збоях і відмовах в будь-якому каналі резервування небезпечної відмови МПЦ не відбувається за рахунок апаратної надмірності. При цьому інформація про відмови передається на АРМ ДСП і АРМ ШН для своєчасного усунення пошкодження системи (відмови каналу резервування).

Проведення стендових випробувань систем МПЦ передбачає [10]: проведення випробувань технологічних алгоритмів та прикладного програмного й апаратного забезпечення на безпеку шляхом перевірки виконання всіх умов безпечності в даному

технологічному процесі та фізичне моделювання відмов (відмови зовнішніх датчиків і помилкові дії людини-оператора).

При проведенні випробувань моделюються технологічні ситуації і порушення логічних умов безпечності, які можливі під час експлуатації системи. Перелік режимів функціонування, технологічних ситуацій, штатних і позаштатних станів, логічних умов безпечності наведені в методиках випробувань кожної групи об'єктів централізації [10].

Випробування проводяться при роботі ЕОМ залежностей МПЦ у двоканальному варіанті (не працює одна промислова ЕОМ) і в триканальному варіанті. При випробуваннях уведення команд основного режиму керування проводиться по черзі з основного і резервного автоматизованих робочих місць ДСП.

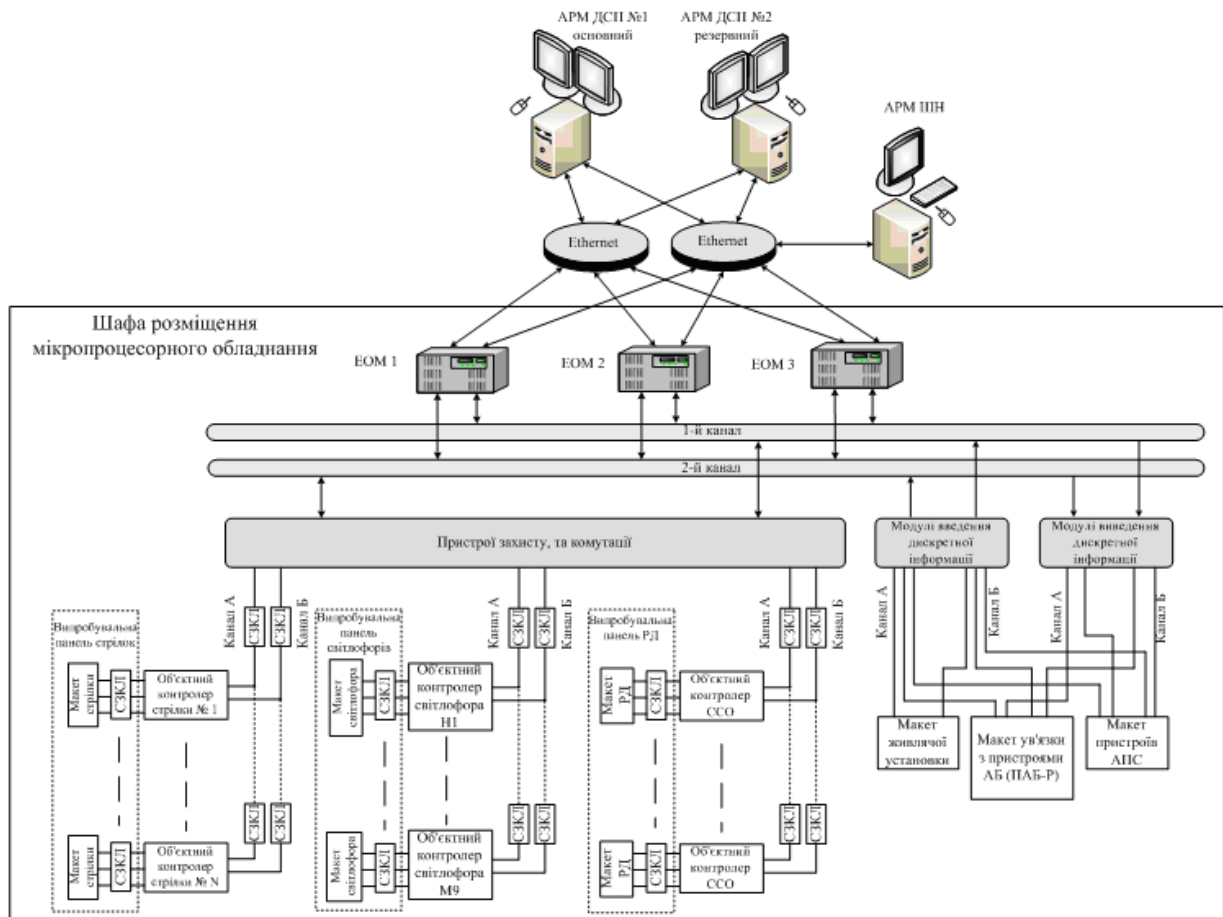


Рис. 3. Структурна схема випробувального стенду системи МПЦ

Стендові випробування виконуються в наступному обсязі [10]: комплексна перевірка та експертиза пристроїв апаратного забезпечення: мікропроцесорних контролерів напільних пристроїв, модулів введення-виведення, пристроїв захисту та комутації тощо; перевірка функціонування ранжирування доступу до апарата керування станцією; перевірка відображення інформації на моніторі АРМ ДСП й АРМ ШН; перевірка поїзних і маневрових світлофорів; перевірка правильності функціонування пристроїв переїзної сигналізації; перевірка стрілок; перевірка системи рахунку осей; перевірка автоматичного розмикання секцій у маршрутї; перевірка виконання сервісних функцій системи; перевірка функціонування програмного забезпечення АРМ ШН; перевірка служби протоколювання системи МПЦ.

При виявленні порушень, відмов, помилок, конфліктів програмних і апаратних засобів системи, а також при інших нестандартних ситуаціях, що виникли в процесі проведення стендових випробувань, для ухвалення рішення про можливість продовження випробувань залучаються відповідні фахівці-експерти з розробки програмного і апаратного забезпечення.

В процесі випробувань є неприпустимим втручання розробників програмного і апаратного забезпечення в роботу випробувального обладнання, для чого передбачається як програмне, так і механічне блокування доступу до випробувального комплексу.

Виріб вважається що витримав випробування, якщо під час і після випробувань не зафіксовано небезпечної відмови, змін зовнішнього вигляду і параметри виробів відповідають вимогам нормативних документів [10].

### **Випробування в умовах експлуатації**

Після успішно завершення стендових випробувань система МПЦ встановлюється на об'єкті, виконується її випробування в реальних експлуатаційних умовах. Якщо при цьому на об'єкті встановлена стара система керування, доцільно ввімкнути нову систему послідовно або паралельно зі ста-

рою. Це дозволяє гарантовано зафіксувати випадки виникнення небезпечних відмов, порівнюючи роботу двох систем.

Рішення про проведення випробувань системи МПЦ в умовах експлуатації приймається експертною комісією підприємства-розробника на основі результатів стендових випробувань при узгодженні з замовником з дотриманням всіх необхідних попередніх організаційних і технічних заходів, таких як [2, 11]:

- попереднього розглядання замовником результатів лабораторних випробувань (випробувань на імітаційних моделях і стендових випробувань), що проводилися на підприємстві-розробнику;

- затвердження замовником технічної документації для експлуатаційних випробувань та підготовки наказу про проведення даних випробувань;

- затвердження випробувальної комісії зі складу представників розробника і замовника;

- підготовкою замовником місця для випробувань.

Головною метою випробувань системи МПЦ в умовах експлуатації є підтвердження результатів стендових випробувань при впливі на систему всієї низки експлуатаційних чинників, а також збір статистичних даних в процесі дослідної експлуатації. Збір статистичних даних про небезпечні відмови при тривалій експлуатації систем МПЦ дозволяє оцінити ефективність проведених заходів щодо забезпечення безпечності і є найбільш об'єктивним методом доказу безпечності. Оскільки небезпечні відмови рідкі, то збір статистичних даних можливий тільки при тривалій експлуатації однієї системи або при певному часі експлуатації великої кількості екземплярів системи. Отримані при цьому дані найбільш об'єктивно характеризують безпеку системи. Вони можуть бути використані для остаточних розрахунків показників безпечності [12].

Всі засоби отримання статистичних даних про особливості функціонування систем МПЦ в умовах дослідної експлуатації (в тому числі про збої, захисні та небезпечні відмови, пошкодження тощо) умовно

можна розділити на суб'єктивні і об'єктивні.

До суб'єктивних засобів отримання даних слід віднести показання оперативного і технічного персоналу, оформлені у вигляді затверджених звітних документів: записи в журналах (ДУ-46, ШУ-2), акти перевірки залежностей, облікові картки на пристрої електричної централізації тощо. До об'єктивних засобів належать архіви служби протоколювання системи МПЦ, експертиза яких проводиться шляхом візуального аналізу (розшифрування тексту протоколу) та засобами АРМ ШН в режимі перегляду історії [6].

Випробування систем МПЦ в умовах експлуатації має проводитися протягом одного-двох років, після чого проводяться сертифікаційні випробування, позитивні результати яких дають можливість впровадження системи в постійну експлуатацію на об'єктах як промислового, так і магістрального залізничного транспорту, характеристика яких відповідає вимогам рівня безпеки, визначеного органом з сертифікації [1, 2].

### Узагальнення та оцінювання результатів випробувань

Аналіз результатів випробувань на імітаційних та фізичних моделях при достатньо великій кількості етапів випробувань систем МПЦ дає підґрунтя для висунення наступної гіпотези: зворотній зв'язок між випробувачами та розробниками в середньому забезпечує експоненціальний характер розподілу помилок програмного забезпечення (ПЗ) в дискретному часі, що являє собою послідовність етапів випробувань [13, 14]. Апроксимація графіків розподілу помилок в дискретному часі призвела до введення наступного аналітичного виразу, який характеризує зв'язок між розподілом помилок та суб'єктивними даними розробників програмного забезпечення:

$$N_{i \text{ заг}}(t) = \frac{1}{K_{i \text{ заг}}} e^{-\lambda_{i \text{ заг}} t}, \quad (1)$$

де  $N_{i \text{ заг}}(t)$  – кількість загальних помилок для

ПЗ  $i$ -го серверу на  $t$ -му етапі випробувань

( $i = 1, 2, 3, \dots$ ), де  $N_{i \text{ заг}}(t) > 0$ ;

$K_{i \text{ заг}}$  – загальний коефіцієнт ефективності ПЗ

для  $i$ -го каналу;

$\lambda_{i \text{ заг}}$  – загальна інтенсивність виправлень помилок для  $i$ -го каналу,  $0 < \lambda_{i \text{ заг}} < 1$ ;

$t$  – дискретний час (етап випробувань).

Коефіцієнт  $K_{i \text{ заг}}$  характеризує висоту графіків розподілу помилок, тобто визначає ефективність впливу результатів випробувань на черговий (проміжний або кінцевий) варіант ПЗ.

Параметр  $\lambda_{i \text{ заг}}$  характеризує нахил графіків у бік «позитивних змін» в роботі програмного забезпечення і визначає динамічність роботи розробників над помилками.

Слід зазначити, що значення параметрів  $K_{i \text{ заг}}$  та  $\lambda_{i \text{ заг}}$  є відносними і можуть лише з певною довірою ймовірністю бути прийнятними в певний проміжок часу між опорними етапами випробувань. Поза даного проміжку часу розкидання даних параметрів може сягати досить великих значень, тому вони втрачають сенс.

В сукупності параметри  $K_{i \text{ заг}}$  та  $\lambda_{i \text{ заг}}$  визначають загальну ефективність програмного забезпечення відповідного каналу резервування.

Знаходження значень параметрів  $K_{i \text{ заг}}$  та  $\lambda_{i \text{ заг}}$  для кожного каналу резервування визначається за наступною системою рівнянь:

$$\begin{cases} N_{i \text{ заг}}(n) = \frac{1}{K_{i \text{ заг}}} e^{-\lambda_{i \text{ заг}} \times (n=m)}, \\ N_{i \text{ заг}}(m) = \frac{1}{K_{i \text{ заг}}} e^{-\lambda_{i \text{ заг}} \times (n=m)}, \end{cases} \quad (2)$$

де  $n, m$  – номери етапів випробувань,  $n \neq m$ .

Система (2) складається для всіх можливих попарних комбінацій етапів випробувань (значень  $n$  і  $m$ ), при цьому для кожної комбінації етапів випробувань визначається своя пара значень параметрів  $K_{i \text{ заг}}$  та  $\lambda_{i \text{ заг}}$ . Узагальнюючі значення  $K_{i \text{ заг}}$  та  $\lambda_{i \text{ заг}}$  для кожного каналу резервування знаходяться як середні арифметичні значення відповідних параметрів для кожної комбінації:

$$K_{i \text{ заг}} = \frac{K_{i \text{ заг } 1} + K_{i \text{ заг } 2} + \dots + K_{i \text{ заг } k}}{k}, \quad (3)$$



$$\lambda_{i \text{ заг}} = \frac{\lambda_{i \text{ заг } 1} + \lambda_{i \text{ заг } 2} + \dots + \lambda_{i \text{ заг } k}}{k}, \quad (4)$$

де  $k$  – кількість комбінацій етапів випробувань.

На основі розрахованих інтенсивності виправлення помилок і коефіцієнта ефективності ПЗ можна оцінювати ефективність як процесу випробувань, так і ефективності роботи відповідного розробника (групи розробників) програмного забезпечення.

Для інтегрованої оцінки ефективності впливу зворотного зв'язку між випробувачем і розробником вводиться поняття комплексного коефіцієнту виправлень загальних помилок для кожного  $i$ -го каналу резервування відповідного рівня системи МПЦ, який позначимо через  $n_{i \text{ заг}}$ :

$$n_{i \text{ заг}} = K_{i \text{ заг}} \times \lambda_{i \text{ заг}}. \quad (5)$$

За величиною коефіцієнту  $n_{i \text{ заг}}$  можна робити інтегровані висновки про ефективність випробувань та здатність розробників виправляти припущені помилки технологічних алгоритмів і програм роботи МПЦ.

**Висновок.** Особливості функціонування мікропроцесорної централізації стрілок та сигналів визначають необхідність проведення вищезазначеної послідовності випробувань при застосуванні експериментальних методів доказу безпечності. Кожний цикл випробувань базується на результатах попередніх етапів випробувань та вирішує чітко визначений клас задач, встановлений відповідними програмами та методиками. Визначальним є характер функціональної спрямованості випробувань на імітаційних моделях, об'єктної спрямованості стендових випробувань та комплексний характер випробувань в умовах експлуатації, що відповідає їх призначенню. Проте в умовах дефіциту ресурсів, насамперед часових, є доцільним проведення досліджень в напрямку подальшої оптимізації всіх видів випробувань систем МПЦ. Дана оптимізація, на думку автора, має полягати в автоматизації випробувань всіх типів та структурному синтезі лабораторних випробувань.

## Бібліографічний список

1. ДСТУ 4178-2003. Комплекси технічних засобів систем керування та регулювання руху поїздів. Функціональна безпечність і надійність. Вимоги та методи випробовування. – К.: Держспоживстандарт України, 2003.–32 с.
2. Методика доказу функціональної безпеки мікроелектронних комплексів систем керування та регулювання рухом поїздів. Затв. та введ. в дію наказом “Укрзалізниці” № 452-Ц від 17.08.2001 р. – К.: Вид. ПП «Алькор», 2002. – 106 с.
3. Кустов, В.Ф. Основи теорії надійності та функціональної безпечності систем залізничної автоматики: Навч. посібник для вузів [Текст] / В. Ф. Кустов. – Х.: УкрДАЗТ, 2008. – 218 с.
4. Сапожников Вл. В., Наседкин О. А. Доказательство безопасности систем железнодорожной автоматики // Наука и транспорт. – 2004. – № 4. – С. 10-13.
5. Сапожников В. В., Сапожников Вл. В., Талалаев В. И. Сертификация и доказательство безопасности систем железнодорожной автоматики. – М.: Транспорт, 1997. – 288 с.
6. ООО «НПП «САТЭП». Системы и устройства. [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http:// www.satep.com.ua/](http://www.satep.com.ua/) – 20.01.2011 г. – Загл. с экрана.
7. Программа и методика испытаний на функциональную безопасность и безотказность системы микропроцессорной централизации стрелок и сигналов станций «Пост Южный» и «Полугорки» на имитационных моделях ПМ 22717879-052. – Х.: «НПП «САТЭП», 2008 – 75 с.
8. Каменев А. Ю., Кустов В. Ф. Имитационные испытания программного обеспечения микропроцессорной централизации стрелок и сигналов и их оптимизация // Информационно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2007. – № 4. Додаток. – С. 54
9. Программный симулятор станции МПЦ. Руководство пользователя. – Х.: «НПП «САТЭП», 2008 – 38 с.

10. Методика проведения стендовых испытаний и проверки зависимостей электрической централизации стрелок и сигналов системы МПЦ станций «Пост Южный» и «Полугорки» ПМ 22717879-016.01.01. – Х.: «НПП «САТЭП», 2008 – 126 с.

11. Каменев А. Ю., Кустов В. Ф. Организационно-технические мероприятия по вводу в эксплуатацию микропроцессорной централизации поста «Южный» // Информационно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2008. – № 4. Додаток.– С. 34-35.

12. Сапожников В. В., Сапожников Вл. В., Гавзов Л. В. и др. Безопасность железнодорожной автоматики и телемеханики. Статистические данные, экспертные оценки и нормы безопасности // Автоматика, телемеханика и связь. – 1993. № 10. – С. 1.

13. Дослідження функційної безпечності системи мікропроцесорної централізації стрілок і сигналів МПЦ-Д на основі випробувань на імітаційних моделях: Звіт про НДР (заключ.) / УкрДАЗТ; Керівник В.Ф. Кустов, 2007 р.

14. Дослідження функційної безпечності системи мікропроцесорної централізації стрілок і сигналів МПЦ-Д на основі випробувань на фізичних моделях: Звіт про НДР (заключ.) / УкрДАЗТ; Керівник В.Ф. Кустов, 2008 р.

**Ключові слова:** мікропроцесорна централізація, стрілки, сигнали, функціональна безпека, імітаційні моделі.

**Ключевые слова:** микропроцессорная централизация, стрелки, сигналы, функциональная безопасность, имитационные модели.

**Key words:** microprocessor systems, points, signals, functional safety, simulation models.

Надійшла до редколегії 20.09.2011.

Прийнята до друку 21.09.2011.