

УДК 656.257:681.32

КАМЕНЄВ О.Ю., к.т.н., асистент (УкрДАЗТ)

Оцінка ефективності комбінованих випробувань мікропроцесорної централізації за критерієм мінімуму обладнання

Kamenyev A., PhD, assistant (UkrSART)

Efficiency estimation of microprocessor interlocking combined tests on the minimum equipment criterion

Вступ

Технічний контроль системи мікропроцесорної централізації (МПЦ) на всіх етапах життєвого циклу є невід'ємною складовою гарантування її безпечного використання в процесі експлуатації. Враховуючи високий ступінь взаємної узгодженості і інтегрованості складових системи МПЦ, а також вирішальну роль програмної складової в реалізації логіки її залежностей, доцільним є виконання технічного контролю при відтворенні взаємодії всіх елементів МПЦ в комплексі, що досягається шляхом функціональних випробувань. Серед них найбільш перспективними слід вважати комбіновані випробування, дослідженню ефективності яких присвячена стаття [1, 2].

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями

Однією з головних проблем при технічному контролі та доказі безпечності мікропроцесорних систем керування те регулювання рухом поїздів, зокрема МПЦ, є висока апаратна і часова ресурсоемність цього процесу [5]. Тому актуальним питанням сьогодення стає її зменшення, на визначення якого з точки зору апаратних ресурсів спрямоване дане дослідження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання проблеми

У циклі дослідницьких робі, в яких приймав участь автор, зокрема в працях [2 - 4, 6, 7] та ін. запропоновано методи комбінованих випробувань, які є підвидом стендових та базуються на синтезі імітаційного та фізичного моделювання роботи нижнього рівня МПЦ, що складається з мікропроцесорних об'єктних контролерів (МПК) взаємодії з об'єктами керування та контролю (ОКК). За рахунок використання комбінованої моделі в цьому випадку зменшується кількість відповідних пристроїв (або їх фізичних макетів) у складі контрольно-випробувального стенду.

Виділення невирішених частин загальної проблеми

Не дивлячись на деклароване зменшення апаратної ресурсоемності комбінованих випробувань МПЦ, у відкритому друку відсутні дані щодо оцінки їх ефективності.

Постановка завдань дослідження

Метою дослідження є оцінка ефективності комбінованих випробувань МПЦ при поєднанні декількох методів їх виконання за критерієм мінімуму обладнання нижнього рівня системи.

Основний матеріал дослідження

В загальному випадку під ефективністю розуміється досягнення певних результатів з мінімально можливими стягненнями і отримання максимально можливого обсягу продукції із наявної кількості ресурсів. З точки зору теорії планування експерименту ефективність технічного контролю КТЗ визначається параметрами оптимізації, що є реакцією системи на вплив факторів, які визначають поведінку досліджуваної системи або її випробувальної моделі [8].

Виходячи з робіт [2, 8] продукцією випробувань є множина відгуків $\{y_1, y_2, \dots, y_n\}$, що формується під дією тестових впливів $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ за певними правилами. Збільшення кількості різнорідних відгуків призводить до формування більш достовірних даних про систему, а ця кількість прямо пропорційно залежить від тестового покриття її станів. Останнє визначається як відношення кількості станів $N_{ст_д}$, в які система була призведена під впливом факторів $\{x_i\}$, до фактичної кількості її можливих станів $N_{ст_ф}$, ($N_{ст_д}/N_{ст_ф}$).

Таким чином, виходячи із наведеного вище визначення ефективності, параметрами оптимізації випробувань системи МПЦ можна вважати тестове покриття та кількісні характеристики ресурсів, що призводять до його збільшення. Оцінка тестового покриття не завжди можлива через складність визначення параметра $N_{ст_ф}$, оскільки гіпотетичні кількість та сутність станів системи можуть не збігатися із фактичними через можливі помилки при їх підрахунку та прогнозуванні. Тому доцільним є використання в якості параметра оптимізації дослідне значення $N_{ст_д}$, від якого прямо залежить величина тестового покриття. В умовах функціональних випробувань воно визначається кількістю відтворюваних технологічних ситуацій $N_{ТС}$, що являють собою впорядковані множини взаємозалежних станів об'єктів та пристроїв керування і контролю. При цьому випробування мають бути проведені в усіх регламентованих режимах функціонування системи [2, 5].

Тоді, враховуючи досвід експлуатації та дослідження надійності і функційної безпечності системи МПЦ-С [2, 9, 10], найбільш критичними з точки зору економії ресурсів можна вважати такі параметри оптимізації, як: кількість підключених до випробувального стенда фізичних зразків МПК та макетів ОКК $N_{мпк}$, кількість задіяних в одному етапі інженерів-випробувачів $N_{люд}$, час (тривалість) формування випробувальної моделі $t_{форм}$ та час проведення випробувань $t_{випр}$. При цьому доцільним є визначення виграшу в значеннях параметрів оптимізації порівняно із методами стендових випробувань, які застосовувалися раніше. Тоді критерії ефективності комбінованих випробувань системи МПЦ порівняно із стендовими визначаються таким чином:

$$\beta_{ТС} = \frac{N_{ТС_К}}{N_{ТС_С}} \rightarrow \max, \beta_{МПК} = \frac{N_{МПК_К}}{N_{МПК_С}} \rightarrow \min,$$

$$\beta_{люд} = \frac{N_{люд_К}}{N_{люд_С}} \rightarrow \min,$$

$$\beta_{форм} = \frac{t_{форм_К}}{t_{форм_С}} \rightarrow \min,$$

$$\beta_{випр} = \frac{t_{випр_К}}{t_{випр_С}} \rightarrow \min, \quad (1)$$

де $N_{ТС_К}, N_{МПК_К}, N_{люд_К}, t_{форм_К}, t_{випр_К}$ – відповідно кількість технологічних ситуацій, фізичних зразків МПК і макетів ОКК, випробувачів, час формування моделі, тривалість технічного контролю при комбінованих випробуваннях;

$N_{ТС_С}, N_{МПК_С}, N_{люд_С}, t_{форм_С}, t_{випр_С}$ – аналогічні параметри стендових випробувань.

В дослідницькій роботі [2] було обґрунтовано, що час випробувань пропорційний кількості фізичних зразків підключених МПК, яка в свою чергу пропорційна кількості відтворюваних технологічних ситуацій при стендових і обернено пропорційна при комбінованих випробуваннях. Тоді, згідно з формулою (1), відношення між параметрами оптимізації виражаються

таким чином:

$$\beta_{ТС} \sim \frac{1}{\beta_{МПК}} \sim \frac{1}{\beta_{люд}} \sim \frac{1}{\beta_{форм}} \sim \frac{1}{\beta_{випр}}. \quad (2)$$

Значення параметрів та коефіцієнтів пропорційності між ними в формулах (1), (2) суттєво залежать від багатьох факторів, визначальними серед яких є: топологія колійного розвитку піддослідної станції, типізація об'єктів різних груп, тип системи

МПЦ, конкретний метод комбінованих випробувань. Складання загальних правил їх підрахунку та визначення взаємних залежностей між ними потребує окремого дослідження. В рамках цієї роботи розглянуто частковий випадок підрахунку параметра оптимізації на прикладі фрагмента залізничної станції «Вугільна» (ПАТ «Металургійний комбінат «Запоріжсталь», м. Запоріжжя), що обладнується системою МПЦ-С (рис. 1) [2].

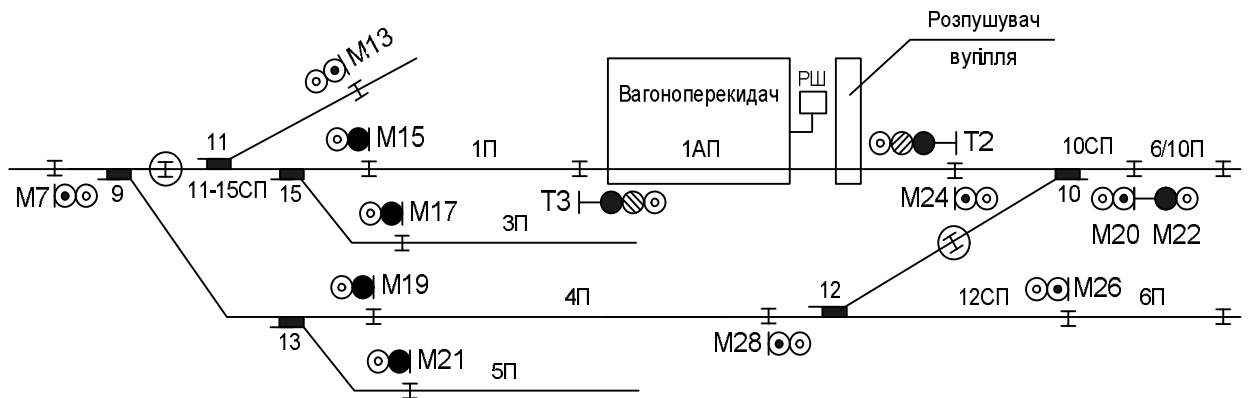


Рис. 1. Підконтрольний фрагмент станції, обладнаної системою МПЦ-С

Даний фрагмент має такі особливості, які мають бути враховані при випробуваннях: виконання стандартних функцій ЕЦ і умов безпеки згідно з ПТЕ; контроль зайнятості колійних ділянок засобами системи рахунку осей (СРО); огороження колій 1П та 1АП із замиканням стрілок +10 ∧ +12 ∧ (-11 ∨ -15 ∨ -9); ув'язка з технологічним обладнанням вагоноперекидача, розпушувача вугілля, технологічною сигналізацією і товчача (на фрагменті не показаний), яка полягає у постановці в залежність маршрутів на колії 1П, 1АП, можливості встановлення та зняття огороження від стану відповідних пристроїв, що контролюються через модулі введення-виведення; контроль заповнення колії 1П з лімітом в 60 осей, при перевищенні якого знеструмлюється спеціальне реле переповнення модулем виведення.

Виходячи із взаємозалежності параметрів оптимізації, заданих формулами (1) та (2), можна виконати дослідження їх значень при одному сталому спільному зна-

ченні параметра оптимізації комбінованих та стендових випробувань ($\beta_x = 1$). Даним параметром доцільно обрати найбільш критичний, тобто найвагоміший з позиції мети випробувань. За даними дослідження безпеки використання та експлуатації системи МПЦ-С параметри оптимізації можна розташувати таким чином, у порядку зниження їх важливості: тестове покриття, матеріальні ресурси, часові ресурси, людські ресурси на проведення випробувань. Тоді приймається рівність $N_{ТС_к} = N_{ТС_с}$, а дослідженню буде підлягати ресурсоємність комбінованих випробувань порівняно із стендовими за умови забезпечення ними однакового тестового покриття. При цьому в ході дослідження прийняті такі припущення: як комбінований випробувальний комплекс (КВК МПЦ) [7], так і традиційний випробувальний стенд [11] мають спільний набір обладнання верхнього, середнього рівнів та пристроїв узгодження між рівнями; випробувальне обладнання перебуває в повній готовності, тобто параметри

$t_{\text{форм}_k}$ та $t_{\text{форм}_c}$ повністю відпрацьовані; при дослідженні враховуються тільки ті елементи параметрів у формулах (1), (2), які різняться для різних видів випробувань (МПК, проміжки часу, випробувачі). Таким чином, на прикладі наведеного фрагмента станції на даному етапі буде досліджений лише параметр $\beta_{\text{МПК}}$ при сталому $\beta_{\text{ТС}} = 1$.

Весь процес випробувань F можна розділити на непересічні множини експериментів з об'єктами певних груп ОКК A_i :

$$F = \bigcup_{i=1}^n F_i(A_i).$$

Згідно з результатами дослідження [2], кожна підмножина $F_i \subset F$ ізоморфна групі A_i , є абелевою квазіадитивною групою відносно бінарної операції «*», наведеної у праці [12]. У свою чергу кожна така група може бути розділена на класи еквівалентності за конкретною модифікацією використаного МПК:

$$A_i = \bigcup_{j=1}^s A_{ij},$$

яким відповідають множини експериментів $F_i = \bigcup_{j=1}^s F_{ij}(A_{ij})$. Після за-

вдання операції «*» над індексом j кожен клас A_{ij} становиться абелевою групою відносно цієї операції, якій, згідно теореми Келі [13], ізоморфна множина F_{ij} , що також

є групою відносно цієї ж операції. Кожному експерименту в межах цієї групи $f_{ijl}(\alpha_{ijl}) \in F_{ij}(A_{ij})$ відповідає деяка множина технологічних ситуацій на підконтрольній станції $TS_{ijl}(\Lambda) \leftarrow f_{ijl}(\alpha_{ijl})$, які забезпечують всі логічні залежності для ОКК $a_{ijl} \in \alpha_{ijl}$. У свою чергу можна виділити класи еквівалентності $TS_{ijk}(\Lambda) \subset TS_{ijl}(\Lambda)$ за принципом однотипності технологічних ситуацій (наприклад, множини ворожих маршрутів, зайнятих та замкнутих станів негабаритних ділянок, замкнутих станів стрілочних секцій тощо). Тоді в межах кожного класу F_{ij} еквівалентності можна виділити хоча б одну підмножину $F_{ijk} \subseteq F_{ij}$, якій відповідатиме система представників

$$(TS_{ij}^{\text{ПП}}(\Lambda) \subset TS_{ijk}) = \{ts | \forall TS_{ijk} \rightarrow \rightarrow \exists! ts \in TS_{ijk}\} \subset TS_{ijl}(\Lambda).$$

Враховуючи транзитивність відношення еквівалентності [14], для перевірки (контролю) взаємодії всіх компонентів системи МПЦ у комплексі достатньо провести мінімальну вибірку експериментів $[F_{ijk}]_{\text{min}}$ в межах кожного класу F_{ij} :

$$F(\Lambda) \rightarrow \left[\bigcup_{ijk \rightarrow TS_{ij}^{\text{ПП}}} F_{ijk}(A_{ijk}) \right]_{\text{min}} = \bigcup_{i=1}^n \bigcup_{j=1}^s F_{ijk}^{\text{min}}(A_{ijk}), \quad (3)$$

де $n = \text{const}$ – кількість класів толерантності (груп) за принципом спільності інтерфейсного драйвера взаємодії середнього та нижнього рівнів;

$s = s(i, k)$ – кількість класів еквівалентності за конкретною модифікацією використаного МПК нижнього рівня;

$F_{ijk}^{\text{min}}(A_{ijk})$ – множина експериментів мінімальної потужності, якій відповідає система представників $TS_{ij}^{\text{ПП}}(\Lambda)$:

$$[F_{ijk}^{\text{min}}(A_{ijk})] = [F_{ijk}(A_{ijk})]_{\text{min}}.$$

Враховуючи бієкцію $f_{ijl}(\alpha_{ijl}) \leftrightarrow a_{ijl}$, вибір множин $F_{ijk}^{\text{min}}(A_{ijk})$ доцільно виконувати шляхом визначення відповідних їм множин $\{a_{ijl}\}$. На основі властивостей програмного та апаратного забезпечення системи МПЦ-С [2, 9] для фрагмента станції на рис. 1 можна виділити такі класи еквівалентності: маневрові світлофори (у складі групи світлофорів); стрілки (у складі групи стрілок); датчики рахунку осей (ДРО) (у складі групи ДРО); модулі введення, модулі виведення (у складі групи модулів введення-виведення). Останні використо-

вуються для технічного забезпечення процесу огороження станційних колій та ув'язки з технологічним обладнанням та сигналізацією. Шляхом аналізу колійного розвитку на заданому фрагменті можна впевнитися, що для нього кожна множина $A_{ijk} \leftrightarrow F_{ijk}^{min}(\Lambda_{ijk})$ складається з одного елемента, якому забезпечується весь набір ситуацій $TS_{ij}^{IP}(\Lambda)$:

– світлофора М20, логічно пов'язаного із такими об'єктами: світлофорами М7, М22, М24, М28 (наявність/відсутність ворожих маршрутів або сигналів); стрілками 10 та 12 (з яких стрілка 12, залежно від маршруту, може бути ходовою або охоронною); ділянками колій (ДРО) 6/10П, 10СП, 1АП, 1П, 12СП, 4П (з яких ділянка 12СП, залежно від маршруту, може бути ходовою або негабаритною); модулем введення, до входів якого підключені електричні кола контролю технологічних світлофорів Т2 і Т3, розпушувача вугілля та вагоноперекидача;

– стрілки 10, логічно пов'язаної із такими об'єктами: світлофорами М20, М24, М26, М28 (маршрутне переведення в кожне з положень, охоронні функції); стрілкою 12 (охоронна); ділянками 10СП, 12СП (замкнуте, зайняте положення, участь у маршруті, що охороняється даною стрілкою); модулем введення, до входів якого підключені електричні кола контролю технологічних світлофорів Т2 і Т3, розпушувача вугілля та вагоноперекидача (для забезпечення моделювання парних маршрутів по плюсовому положенню від світлофора М20);

– ділянки 1П, логічно пов'язаної із такими об'єктами ЕЦ: світлофорами М7, М20 (моделювання маршрутів на колію); стрілками 10, 12, 9, 11, 15; ділянками (ДРО) 11-15СП, 1АП, 10СП, 12СП; модулем введення, до входів якого підключені електричні кола контролю технологічних світлофорів Т2 і Т3, розпушувача вугілля та вагоноперекидача; модулем виведення, до виходів якого підключені кола комутації реле перевищення ліміту кількості осей на даній колії;

– модуля введення, до входів якого підключені кола технологічних світлофорів Т2 і Т3, розпушувача вугілля та вагоноперекидача, логічно пов'язаного із світлофором М20, колією 1П та стрілками 9, 11, 15, 10, 12 (вільність колії та стан стрілок контролюється через даний модуль у схемі огороження вагоноперекидача);

– модуля виведення, до виходів якого підключені реле переповнення колії 1П, включення індикації огороження та блокування технологічного обладнання, який логічно пов'язаний з колією 1П та модулем введення, що описаний вище.

Застосування комбінованих випробувань за певним методом, на відміну від стендових, згідно з роботами [3 – 4], передбачає фізичне моделювання лише об'єкту, тоді як поведінка логічно пов'язаних з ним об'єктів відтворюється засобами спеціалізованої імітаційної моделі (СІМ). Для визначення параметра $\beta_{МПК}$ в табл. 1 складена порівняльна характеристика кількості задіяного у складі випробувального комплексу обладнання при стендових та комбінованих випробуваннях за умови $\beta_{ТС} = 1$. При цьому для МПК враховано єдність конструктивів двоканальних МПК світлофорів (МКСВ) та стрілок (МКСТ) і окремі прилади для кожного каналу МПК ДРО (МКРД), введення (МК-IN32.01), виведення (МК-OUT32.01) (опис та призначення даних МПК для системи МПЦ-С наведений на сайті [9]).

Підрахунок загальної кількості одиниць МПК різних типів виконується визначенням потужностей поєднань їх множин для експериментів з різними ОКК. Це пов'язано з наявністю спільних ОКК різних типів у різних експериментах:

$$N_{МПК-X} = \left[\bigcup_{g=1}^v (LL_{МПК-X})_g \right],$$

$$N_{МПК} = \sum_{h=1}^w (N_{МПК-X})_h,$$

де $N_{МПК-X}$ та $N_{МПК}$ – відповідно кількість МПК певної модифікації та загальна кількість МПК у складі випробувального

АВТОМАТИКА, ТЕЛЕМЕХАНІКА, ЗВ'ЯЗОК

стенда або КВК МПЦ;
 v – кількість ОКК, по відношенню до яких проводяться експерименти;
 $LL_{МПК-x}$ – множина МПК певної мо-

дифікації в межах сукупності експериментів по відношенню до конкретного ОКК;
 w – кількість модифікацій МПК у межах стенда або КВК МПЦ.

Таблиця 1

Порівняльна характеристика кількості задіяного обладнання у складі контрольно-випробувального стенду при двох видах випробувань МПЦ

№ з/п	Об'єкт	Кількість МПК та макетів ОКК						Доцільний метод випробувань
		МПК	СВ*	КВ	Макет	СВ	КВ	
1.	Світлофор М20	МКСВ	5	1	«Світлофор»	5	1	ВО для МКСВ ІМ для МКСТ ІМ для МКРД ІМ для МК-IN ІМ для МК-OUT
		МКСТ	2	0	«Стрілка»	2	0	
		МКРД	18	0	«ДРО»	18	0	
		МК-IN	2	0	«Введення»	2	0	
		МК-OUT	0	0	«Виведення»	0	0	
		Всього:	27	0	Всього:	27	1	
2.	Стрілка 10	МКСВ	4	0	«Світлофор»	4	0	ІМ для МКСВ ВО для МКСТ ІМ для МКРД ІМ для МК-IN ІМ для МК-OUT
		МКСТ	2	1	«Стрілка»	2	1	
		МКРД	12	0	«ДРО»	12	0	
		МК-IN	2	0	«Введення»	2	0	
		МК-OUT	0	0	«Виведення»	0	0	
		Всього:	20	1	Всього:	20	1	
3.	Ділянка ІП	МКСВ	2	0	«Світлофор»	2	0	ІМ для МКСВ ІМ для МКСТ ВО+В для МКРД ІМ для МК-IN ІМ для МК-OUT
		МКСТ	5	0	«Стрілка»	5	0	
		МКРД	26	1	«ДРО»	26	0	
		МК-IN	2	0	«Введення»	2	1	
		МК-OUT	2	0	«Виведення»	2	0	
		Всього:	37	1	Всього:	37	1	
4.	Модуль введення	МКСВ	1	0	«Світлофор»	1	0	ІМ для МКСВ ІМ для МКСТ ІМ для МКРД ІМ для МК-IN ВГ+ВК для МК-IN ІМ для МК-OUT
		МКСТ	5	0	«Стрілка»	5	0	
		МКРД	4	0	«ДРО»	4	0	
		МК-IN	2	1	«Введення»	2	1	
		МК-OUT	0	0	«Виведення»	0	0	
		Всього:	12	1	Всього:	12	1	
5.	Модуль виведення	МКСВ	0	0	«Світлофор»	0	0	ІМ для МКСВ ІМ для МКСТ ІМ для МКРД ІМ для МК-IN ВГ+ВК для МК-OUT
		МКСТ	0	0	«Стрілка»	0	0	
		МКРД	4	0	«ДРО»	4	0	
		МК-IN	2	0	«Введення»	2	0	
		МК-OUT	2	1	«Виведення»	2	1	
		Всього:	8	1	Всього:	8	1	
6.	Результат для фрагмента станції	МКСВ	5	1	«Світлофор»	5	1	ВО для МКСВ ВО для МКСТ ВО+ВК для МКРД ВГ+ВК для МК-IN ВГ+ВК для МК-OUT Рез.: ВГ+ВО+ВК
		МКСТ	5	1	«Стрілка»	5	1	
		МКРД	26	1	«ДРО»	26	1	
		МК-IN	2	1	«Введення»	2	1	
		МК-OUT	2	1	«Виведення»	2	1	
		Всього:	40	5	Всього:	40	5	
		$\beta_{МПК}$	0,125		$\beta_{МПК}^{-1}$	8		

*СВ – стендові випробування; КВ – комбіновані випробування; ВГ, ВО, ВК – відповідно методи відокремлених груп, об'єктів і каналів; ІМ – імітаційне моделювання

Як впливає із табл. 1 та рис. 1, для наведеного фрагмента $v = 5$, $w = 6$. Отримані значення параметрів комбінованих випробувань $N_{МПК-Х} = 1$ для кожної модифікації МПК та відповідне йому $N_{МПК} = 5$ забезпечуються за рахунок використання методу відокремлених об'єктів для груп, двоканальні елементи яких виконані в одному конструктиві, та методів відокремлених каналів та об'єктів або груп для груп з окремими конструктивами елементів кожного каналу. Аналогічним чином даний випадок розповсюджується на фрагменти станцій

будь-якої топології (використання лише одного представника кожної модифікації МПК). Таким чином, максимальне значення параметра $N_{МПК-К}$ визначається потужністю множини типів використаних для підконтрольного фрагмента МПК.

Для більш об'єктивної оцінки економії апаратури при забезпеченні необхідного тестового покриття доцільно скористатися відносним показником $\delta_{МПК}$, що відображує перевищення різниці в кількості МПК над їх задіяною кількістю:

$$\delta_{МПК} = \frac{N_{МПК-С} - N_{МПК-К}}{N_{МПК-К}} = \frac{N_{МПК-С}}{N_{МПК-К}} - \frac{N_{МПК-К}}{N_{МПК-К}} = \beta_{МПК}^{-1} - 1. \quad (4)$$

Параметр $\delta_{МПК}$ дозволяє оцінити не тільки виграш, але й можливий гіпотетичний програш у кількості МПК при переході від традиційних стендових до комбінованих випробувань (коли ефективність перших перевищує ефективність останніх). Для пояснення цього на рис. 2 наведено сі-

мейство залежностей параметра $\delta_{МПК} = \delta(N_{МПК-С}, N_{МПК-К} = const)$, побудоване за формулою (4) при $N_{МПК-К} = \overline{5, 12}$ (частина підрахованого вище діапазону його значень).

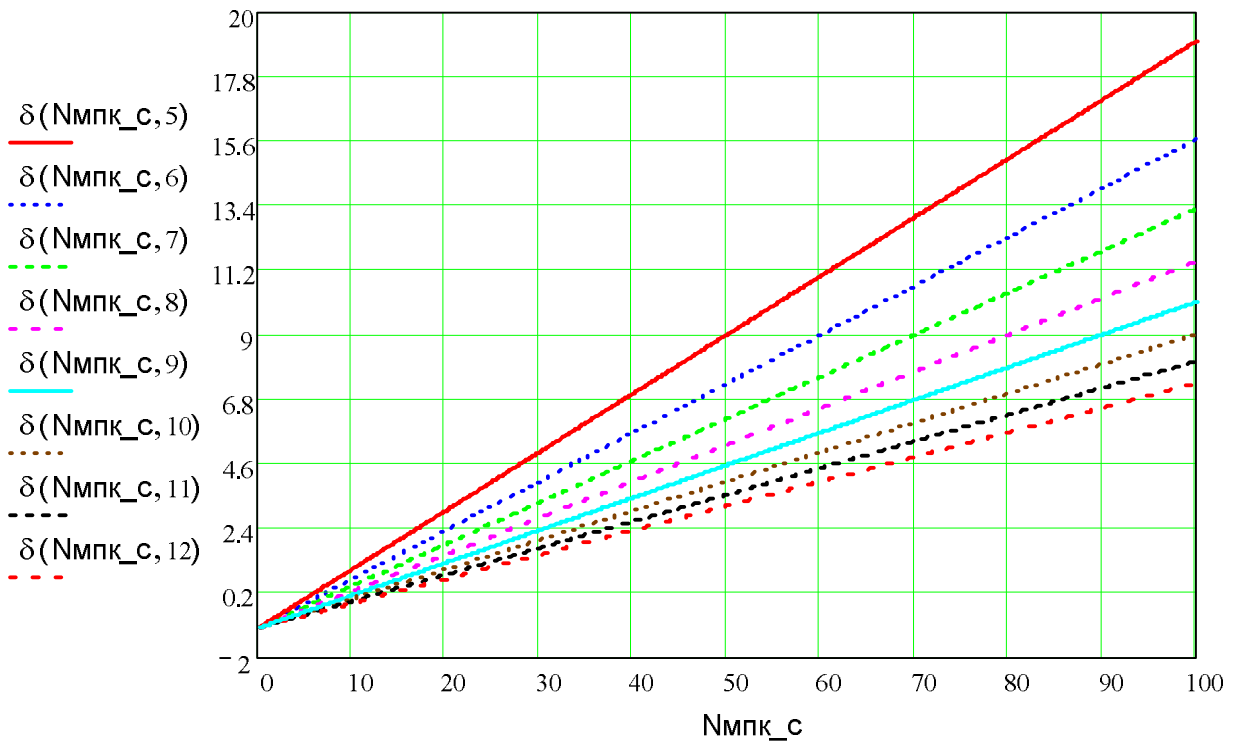


Рис. 2. Залежності параметра $\delta_{МПК}$ від $N_{МПК-С}$ при $N_{МПК-К} = const$

Від'ємна область значень $\delta_{МПК}$ визначає випадки, коли застосування відповідного методу комбінованих випробувань не є ефективним, тобто випробування потребують більшої кількості МПК. Подібна ситуація може виникнути, як мінімум, у двох випадках: у разі використання методу відокремлених груп за умови відповідності обраним ОКК різних елементів колійного розвитку при комбінованих та стендових випробуваннях; у разі помилкового розподілу об'єктів за різними способами моделювання при будь-якому методі комбінованих випробувань. Так чи інакше, значення $\delta_{МПК} \leq 0$ може свідчити або про помилковість складеної ПМВ, неоптимальність вибору самого методу комбінованих випробувань чи комбінації методів, або недоцільність застосування комбінованих випробувань у конкретній ситуації. При цьому граничний випадок, коли $\delta_{МПК} = 0$, відповідає мінімальному фрагменту залізничної станції, який характеризується одиничністю ОКК з МПК певного типу, з якими пов'язані досліджу-

вані об'єкти.

При правильному складанні ПМВ ефективність комбінованих випробувань збільшується при ускладненні топології колійного розвитку залізничної станції, коли зростає кількість взаємозалежних ОКК, що характеризується зростанням параметра $K_{МПК_C}$. Як видно із графіків на рис. 2, економія апаратури при значному розгалуженні може більш ніж на порядок перевищити необхідну кількість дослідних зразків МПК у складі КВК МПЦ.

В більш загальному випадку співвідношення між значеннями $K_{МПК_C}$ та $K_{МПК_K}$ може бути довільним. Головним фактором, що його визначає, є технічні можливості та адекватності СІМ. На рис. 3 згідно з формулою (4) наведений поверхневий графік залежності $\delta_{МПК} = \delta(N_{МПК_C}, N_{МПК_K} \neq const)$ у діапазоні значень $N_{МПК_C} = \overline{1, 50}$, $N_{МПК_K} = \overline{1, 50}$, тому, згідно з (3): $\delta_{МПК} = \overline{0, 49}$, $\beta_{МПК}^{-1} = \delta_{МПК} + 1 = \overline{1, 50}$.

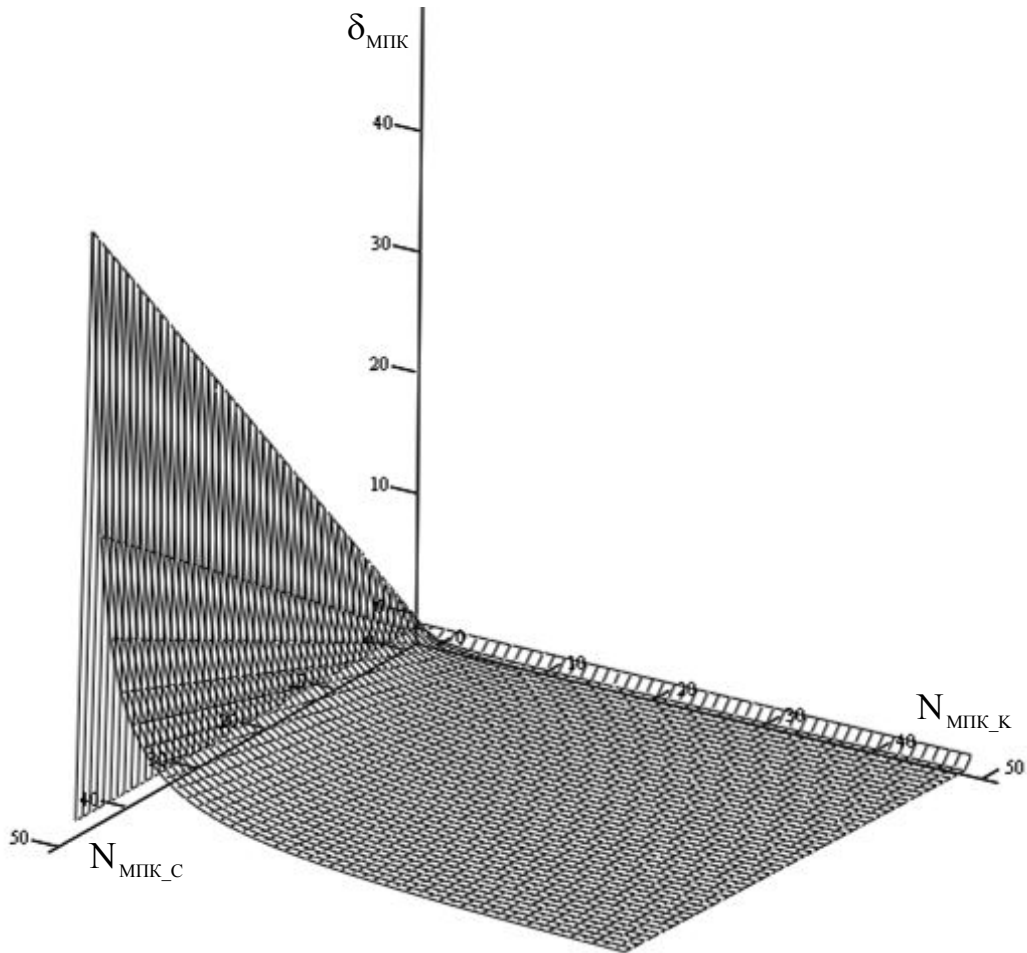


Рис. 3. Залежності параметра $\delta_{МПК}$ від $K_{МПК_C}$ і $K_{МПК_K} \neq const$

Досвід розробки систем МПЦ-С показує, що можливості традиційних стендів не дозволяють підключити необхідної для повного тестового покриття кількості МПК. Тому КВК МПЦ надає вигоду не тільки в економії обладнання, але й кількості відтворюваних технологічних ситуацій за рахунок модулів СІМ [2].

Висновки з дослідження та перспективи подальших розвідок у даному напрямі

Встановлена ефективність комбінованих випробувань, що полягає в декількакратній економії необхідних апаратних ресурсів, свідчить про доцільність їх застосування в умовах виробництва, експлуатації та ремонту систем МПЦ. Подальші дослідження у даному напрямку полягають в ро-

зширенні можливостей комбінованих випробувань в умовах експлуатації.

Список літератури:

1. ДСТУ 4178-2003. Комплекси технічних засобів систем керування та регулювання руху поїздів. Функційна безпека і надійність. Вимоги та методи випробування [Текст]. – К.: Держспоживстандарт України, 2003. – 32 с.
2. Дослідження функційної безпеки та електромагнітної сумісності мікропроцесорної системи електричної централізації стрілок та сигналів станції «Вугільна» на етапі імітаційних та стендових випробувань [Текст]: звіт з НДР (пром.ж.) / УкрДАЗТ; керівник А.Б. Бойнік, 2012. Номер держ. реєстр. 0112U006925; інв. номер 0713U007283.

3. Кустов, В.Ф. Усовершенствование методов испытаний микропроцессорной централизации на безопасность применения [Текст] / В.Ф. Кустов, А.Ю. Каменев // Актуальные вопросы развития систем железнодорожной автоматики и телемеханики: сборник научных трудов. – СПб.: ПГУПС, 2013. – С. 103 – 118.
4. Каменев, О.Ю. Удосконалення методів контролю параметрів системи мікропроцесорної централізації [Текст] / О.Ю. Каменев // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2013. – № 3. – С. 75 – 77.
5. Ургансков, Д.И. Методы обеспечения и средства доказательства безопасности микропроцессорных систем железнодорожной автоматики и телемеханики [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.08 «Управление процессами перевозок» / Д.И. Ургансков; Петербургский государственный университет путей сообщения. – СПб.: ПГУПС, 2003. – 219 с. – Библиогр.: С. 189 – 203.
6. Каменев, А.Ю. Усовершенствование технического контроля системы микропроцессорной централизации путём повышения эффективности её функциональных испытаний [Текст] / А.Ю. Каменев // Проблемы и перспективы развития транспортных систем и строительного комплекса: Материалы III МНПК. – Гомель: БелГУТ, 2013. – С.114-116.
7. Патент № 77047. Україна МПК G05B 23/00. Комбінований випробувальний комплекс мікропроцесорної централізації стрілок та сигналів (КВК МПЦ) [Текст] / О.Ю. Каменев, В.Ф. Кустов; заявник та патентовласник Українська державна академія залізничного транспорту. – № U201208749; заявл. 16.07.2012; опубл. 25.01.2013, Бюл. № 2. – 6 с.
8. Сидняев, Н.И. Введение в теорию планирования эксперимента [Текст]: учебное пособие / Н.И. Сидняев, Н.Т. Вилисова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. – 463 с.
9. ООО «НПП «САТЭП». Системы и устройства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.satep.com.ua>. – Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 01.03.2014).
10. Дослідження надійності та функційної безпечності мікропроцесорних систем електричної централізації стрілок та сигналів ЕЦМ та МПЦ-С [Текст]: звіт про НДР (заключ.) / УкрДАЗТ; керівник А.Б. Бойнік, 2012. Номер держ. реєстр. 0112U000578; інв. номер 0712U006644.
11. Каменев, О.Ю. Особливості застосування експериментальних методів доказу безпечності систем мікропроцесорної централізації стрілок та сигналів [Текст] / О.Ю. Каменев // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2011. – № 4. – С. 104 – 111.
12. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 49921. Твір науково-технічного характеру "Групування елементів скінченої множини на базі нечіткої бінарної операції" ("Група Каменєва") [Текст] / О.Ю. Каменев; Державна служба інтелектуальної власності України. – № 50234; Заявл. 22.04.2013; Зареєстр. 02.07.2013.
13. Каргаполов, М.И. Основы теории групп [Текст] / М.И. Каргаполов, Ю.И. Мерзляков. – 3-е изд. – М.: Наука, 1982. – 288 с.
14. Сигорский, В.П. Математический аппарат инженера [Текст] / В.П. Сигорский. – изд. 2-е, стереотип. – К.: Техника, 1977. – 768 с.

Spysok literatury:

1. DSTU 4178-2003. Kompleksy tekhnichnykh zasobiv system keruvannia ta rehuliuivannia rukhu poizdiv. Funktsiina bezpechnist i nadiinist. Vymohy ta metody vuprobuvannia [Tekst]. – K.: Derzhspozhyv-standart Ukrainy, 2003. – 32 s.
2. Doslidzhennia funktsiinoi bezpechnosti ta elektromahnitnoi sumisnosti mik-roprotsesornoii systemy elektrychnoi tsentralizatsii strilok ta syhnaliv stantsii

«Vuhilna» na etapi imitatsiinykh ta stendovykh vyprobuvan [Tekst]: zvit z NDR (promizh.) / UkrDAZT; kerivnyk A.B. Boinik, 2012. Nomer derzh. reiestr. 0112U006925; inv. nomer 0713U007283.

3. Kustov, V.F. Uovershenstvovanie metodov ispytaniy mikroprotssessornoy tsentralizatsii na bezopasnost primeneniya [Tekst] / V.F. Kustov, A.Yu. Kamenev // Aktualnyie voprosy razvitiya sistem zheleznodorozhnoy avtomatiki i telemehaniki: sbornik nauchnykh trudov. – SPb.: PGUPS, 2013. – S. 103 – 118.

4. Kamenyev, O.Iu. Udoskonalennia metodiv kontroliu parametriv systemy mikroprotssessornoi tsentralizatsii [Tekst] / O.Iu. Kamenyev // Informatsiino-keruiuchi systemy na zaliznychnomu transporti. – 2013. – № 3. – S. 75 – 77.

5. Urganskov, D.I. Metody obespecheniya i sredstva dokazatelstva bezopasnosti mikroprotssessornykh sistem zhelez-nodorozhnoy avtomatiki i telemehaniki [Tekst]: dis. ... kand. tehn. nauk: 05.22.08 «Upravlenie protsessami perevozok» / D.I. Urganskov; Peterburgskiy gosudars-tvennyiy universitet putey soobscheniya. – SPb.: PGUPS, 2003. – 219 s. – Bibliogr.: S. 189 – 203.

6. Kamenev, A.Yu. Uovershenstvovanie tehniceskogo kontrolya systemy mikroprotssessornoy tsentralizatsii putyom povysheniya effektivnosti eyo funktsiona-lnykh ispytaniy [Tekst] / A.Yu. Kamenev // Problemy i perspektivy razvitiya tran-sportnykh sistem i stroitel'nogo kompleksa: Materiali III MNPk. – Gomel: BelGUT, 2013. – S.114-116.

7. Patent № 77047. Ukraina MPK G05B 23/00. Kombinovanyi vyprobuvalniy kompleks mikroprotssessornoi tsentralizatsii strilok ta syhnaliv (KVK MPTs) [Tekst] / O.Iu. Kamenyev, V.F. Kustov; zaiavnyk ta patentovlasnyk Ukrainska derzhavna akademiia zaliznychnoho transportu. – № U201208749; zaiavl. 16.07.2012; opubl. 25.01.2013, Biul. № 2. – 6 s.

8. Sidnyaev, N.I. Vvedenie v teoriyu planirovaniya eksperimenta [Tekst]: uchebnoe posobie / N.I. Sidnyaev, N.T. Vilisova. –

M.: Izd-vo MGTU im. N.E. Bauma-na, 2011. – 463 s.

9. ООО «NPP «SATEP». Sistemy i ustroystva [Elektronnyiy resurs]. – Rezhim dostupa: <http://www.satep.com.ua>. – Zaglavie s ekrana. – (Data obrascheniya: 01.05.2014).

10. Doslidzhennia nadiinosti ta funktsiinoi bezpechnosti mikroprotssessornykh sistem elektrychnoi tsentralizatsii strilok ta syhnaliv ETsM ta MPTs-S [Tekst]: zvit pro NDR (zakliuch.) / UkrDAZT; kerivnyk A.B. Boinik, 2012. Nomer derzh. reiestr. 0112U000578; inv. nomer 0712U006644.

11. Kamenyev, O.Iu. Osoblyvosti zastosuvannia eksperymentalnykh metodiv dokazu bezpechnosti system mikroprotssessornoi tsentralizatsii strilok ta syhnaliv [Tekst] / O.Iu. Kamenyev // Informatsiino-keruiuchi systemy na zaliznychnomu transporti. – 2011. – № 4. – S. 104 – 111.

12. Svidotstvo pro reiestratsiiu avtorskoho prava na tvir № 49921. Tvir naukovu-tekhnich-noho kharakteru "Hrupuvannia elementiv skinchenoi mnozhyny na bazi nechitkoi binarnoi operatsii" ("Hrupa Kamenie-va") [Tekst] / O.Iu. Kamenyev; Derzhavna sluzhba intelektualnoi vlasnosti Ukrainy. – № 50234; Zaiavl. 22.04.2013; Zare-iestr. 02.07.2013.

13. Kargapolov, M.I. Osnovy teoriy grupp [Tekst] / M.I. Kargapolov, Yu.I. Merzlyakov. – 3-e izd. – M.: Nauka, 1982. – 288 s.

14. Sigorskiy, V.P. Matematicheskiy apparat inzhenera [Tekst] / V.P. Sigorskiy. – izd. 2-e, stereotip. – K.: Tehnika, 1977. – 768 s.

Анотації:

Виконано оцінку ефективності виконання комбінованих випробувань при технічному контролі мікропроцесорної централізації за критерієм мінімуму використаного обладнання нижнього рівня системи. Встановлено, що порівняно з традиційними стендовими комбінованими випробуваннями дозволяють скоротити кількість задіяних у випробуваннях об'єктних контролерів та макетів напільних пристроїв у декілька разів.

Ключові слова: ефективність, комбіновані випробування, технічний контроль, мікропроцесорна централізація, об'єктний контролер.

Выполнена оценка эффективности выполнения комбинированных испытаний при техническом контроле микропроцессорной централизации по критерию минимума использованного оборудования нижнего уровня системы. Установлено, что по сравнению с традиционными стендовыми комбинированные испытания позволяют сохранить количество задействованных в испытаниях объектных контроллеров и макетов напольных устройств в несколько раз.

Ключевые слова: эффективность, комбинированные испытания, технический контроль, микропроцессорная централизация, объектный контроллер.

The estimation of implementation efficiency of combined tests is executed at technical inspection of microprocessor interlocking on the criterion of a minimum of the used equipment of the system lower

level. It is set that as compared to a traditional stand the combined tests allow to save the amount of the objective comptrollers and models of floor devices involved in tests in once or twice. The declared efficiency is arrived at, foremost, due to possibility of including in the complement of test and inspection complex of the single system of representatives of comptrollers and devices of every objects group. It became possible due to the use of the combined model, providing the programmatic imitation of work of those devices with which physically included in the complement of stand CPLD logical dependences. For the quantitative estimation of efficiency an index, taking into account the relative winning in the economy of microprocessor objective comptrollers and physical models, is offered.

Keywords: efficiency, combined tests, technical inspection, microprocessor centralization, objective comptroller.

УДК 656.211

МОРОЗ В.П., к.т.н., доцент (УкрДАЗТ)
ЗМІЙ С.О., асистент (УкрДАЗТ)

Метод визначення елементів колійного розвитку, що входять до зони виконання робіт на коліях

Moroz V.P., Ph. D., Associate Professor (USART)
Zmiy S.O., assistant (USART)

Method for determination of elements track development within the zone of works on the tracks

Вступ

Основним способом забезпечення виконання робіт на коліях є своєчасне оповіщення працюючих на колії про переміщення рухомого складу. На станції дану задачу вирішує система автоматичного оповіщення, а за відсутністю – черговий по станції.

За результатом аналізу алгоритмів функціонування систем автоматичного оповіщення та відповідних дій чергових по станції встановлено, що при переміщенні

поїзду по суміжній з зоною виконання робіт колії не існує обґрунтованих вимог необхідності оповіщення та забезпечення цих працюючих. Звідси витікає, що виконувані роботи можуть бути, як необґрунтовано припинені без відсутності небезпеки з боку рухомого складу, так і не забезпеченні за відсутності необхідного оповіщення.

У даній статті запропоновано метод визначення елементів колійного розвитку станції, що входять до зони виконання робіт на коліях.