

Міністерство освіти і науки України

Український державний університет залізничного транспорту

ЗМІЙ СЕРГІЙ ОЛЕКСІЙОВИЧ

УДК 656.25: 625.17

**ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ РУХУ ПОЇЗДІВ ШЛЯХОМ
УДОСКОНАЛЕННЯ ЗАСОБІВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ**

05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2016

Дисертацією є рукопис

Робота виконана на кафедрі автоматики і комп'ютерного телекерування рухом поїздів в Українському державному університеті залізничного транспорту Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент
Мороз Володимир Петрович,
Український державний університет залізничного транспорту,
кафедра автоматики та комп'ютерного
телекерування рухом поїздів, доцент кафедри

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Фурман Ілля Олександрович,
Харківський національний технічний університет сільського
господарства ім. П. Василенка, кафедра автоматизації та
комп'ютерних технологій, завідувач кафедри

кандидат технічних наук, доцент
Сердюк Тетяна Миколаївна,
Дніпропетровський національний університет залізничного
транспорту ім. академіка В. Лазаряна, кафедра автоматики,
телемеханіки та зв'язку, доцент кафедри

Захист відбудеться "17" березня 2016 р. о ___ - ___ на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.820.04 в Українському державному університеті залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Українського державного університету залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7.

Автореферат розісланий "___" лютого 2016 р.

В.о. ученого секретаря
спеціалізованої вченої ради

О.М. Огар

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Безпека руху поїздів є основною умовою експлуатації залізничного транспорту, перевезення вантажів та пасажирів. Однією з основних складових безпеки руху поїздів є забезпечення утримання в постійній справності всіх залізничних споруд, колії, рухомого складу, обладнання та механізмів, пристроїв СЦБ та зв'язку шляхом їх огляду і технічного обслуговування, що виконуються у будь-який час доби в тяжких умовах та при будь-якій погоді, поганій видимості, з використанням різного роду інструменту та обладнання, а також при значному впливі на працівників високого рівня шуму. Ці фактори, а також у сукупності з людським, сприяють зниженню безпеки руху поїздів та підвищенню виробничого травматизму працівників на залізничних коліях, пов'язаного з наїздом рухомого складу.

Одним з найефективніших способів підвищення безпеки руху поїздів при виконанні робіт на коліях залізничних станцій та захисту працівників від наїзду рухомого складу є своєчасне їх оповіщення з урахуванням часу для виходу з небезпечної зони та підготовки колії для убезпеченого проходження рухомого складу. Установлено, що для виконання своєчасного оповіщення необхідно визначити місцезнаходження, швидкість та прискорення руху поїзда, маршрут руху, тип інструменту та важкого обладнання, що використовується при виконанні робіт на коліях, кількість працівників, місцезнаходження зони виконання робіт та ін. Статистика свідчить, що порушення безпеки руху поїздів та наїзди на працівників на коліях відбуваються не тільки через несвоєчасне оповіщення, а й через недосконалість засобів електричної сигналізації, методів формування і передачі малоінформативних оповіщень. Тому спосіб передачі інформації по засобах електричної сигналізації повинен бути таким, що діє автоматично, тобто участь людини повинна бути мінімальною, а оповіщення бути адресним та максимально інформативним.

Таким чином, вирішення питань підвищення безпеки руху поїздів шляхом удосконалення засобів електричної сигналізації є актуальним науковим завданням, що має практичне значення.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконувалася відповідно до Концепції Державної цільової програми впровадження на залізничних коліях швидкісного руху пасажирських поїздів на 2005-2015 рр. (схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 31.12.2004 р. № 979-р), комплексної програми оновлення залізничного рухомого складу України на 2008-2020 рр. (затверджена Наказом Міністра транспорту та зв'язку України від 14.10.2008 р. № 1259), Державної цільової програми реформування залізничного транспорту на 2010-2019 рр. (постанова Кабінету Міністрів України від 16.12.2009 р. № 1390). Автор брав участь як виконавець у науково-дослідних роботах “Доопрацювання та запровадження на залізницях України пристроїв для автоматизованого попередження працюючих на коліях, локомотивних бригад та чергового по станції про наближення рухомого складу” (ДР 0105U005376) та “Дослідження функційної безпечності та електромагнітної сумісності мікропроцесорної системи електричної централізації станції «Вугільна»” (ДР 0112U006925) та у Галузевій програмі поліпшення стану безпеки, гігієни праці та

виробничого середовища на 2001-2005 рр. (наказ МТУ від 26.11.2001р. №822 та договір №202Г.від "4" червня 2004 р.).

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є вирішення науково-прикладного завдання підвищення безпеки руху поїздів шляхом удосконалення засобів електричної сигналізації.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

- провести аналіз стану безпеки руху поїздів на коліях залізничних станцій, існуючих методів і засобів підвищення безпеки руху поїздів при виконанні робіт на коліях залізничних станцій, визначити шляхи їх удосконалення, розробити математичну модель виконання дій по оповіщенню причетних до забезпечення руху поїздів при виконанні робіт на коліях станції черговим по станції, що дозволить визначити ймовірність та мінімально необхідний час успішного виконання дій по оповіщенню;

- розробити метод оповіщення засобами електричної сигналізації, що враховує місцезнаходження, швидкість та прискорення руху поїзда, маршрут його руху, пріоритет передачі оповіщення та дозволить підвищити безпеку руху поїздів при наявності робіт на коліях станції;

- розробити математичну модель колійного розвитку станції з використанням змішаного зваженого графа, що дозволить підвищити безпеку руху поїздів при виконанні робіт на коліях станції за рахунок урахування наявності робіт на маршруті або на небезпечній відстані для кожного елемента колійного розвитку;

- розробити метод визначення забезпеченої зони руху поїздів, що дозволить усунути невизначеність формування оповіщення причетних до забезпечення руху поїздів при виконанні робіт на коліях станцій;

- розробити принципи побудови засобів електричної сигналізації, які ґрунтуються на системному підході та дозволять визначити варіанти їх структурної та функціональної реалізації в залежності від співвідношень між процесами оброблення, передачі даних та реалізації функцій.

Об'єкт дослідження – процес підвищення безпеки руху поїздів на залізничних станціях.

Предмет дослідження – методи удосконалення засобів електричної сигналізації.

Методи дослідження. Виконані в дисертаційній роботі дослідження засновані на використанні методів аналізу ієрархій, функціонально-семантичних мереж, що використані для аналізу стану та визначення шляхів підвищення безпеки руху поїздів на коліях залізничних станцій; метод оповіщення причетних до забезпечення безпеки руху поїздів базується на теорії графів, методів аналітичної геометрії, методів теорії ймовірностей; математична модель колійного розвитку станції – на теорії графів, теорії множин; метод визначення забезпеченої зони руху поїздів – на основі методів аналітичної геометрії; принципи побудови засобів електричної сигналізації – на основі системного підходу.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у вирішенні науково-прикладного завдання підвищення безпеки руху поїздів шляхом удосконалення засобів електричної сигналізації.

Вперше:

– розроблено математичну модель виконання дій по оповіщенню причетних до забезпечення руху поїздів при виконанні робіт на коліях станцій черговим по станції, яка покладена в основу визначення шляхів підвищення безпеки руху поїздів на коліях залізничних станцій, що на відміну від існуючих дозволило визначити ймовірність та мінімально необхідний час успішного виконання дій по оповіщенню;

– розроблено метод оповіщення засобами електричної сигналізації, що на відміну від існуючих враховує місцезнаходження, швидкість та прискорення руху поїзда, маршрут його руху, пріоритет передачі оповіщення та дозволило підвищити безпеку руху поїздів при наявності робіт на коліях станції.

Удосконалено:

– математичну модель колійного розвитку станції з використанням змішаного зваженого графа, що на відміну від існуючих дозволило підвищити безпеку руху поїздів при виконанні робіт на коліях станції за рахунок урахування наявності робіт на маршруті або на небезпечній відстані для кожного елемента колійного розвитку.

Дістали подальший розвиток:

– методи визначення забезпеченої зони руху поїздів, що на відміну від існуючих дозволило усунути невизначеність формування оповіщення причетних до забезпечення руху поїздів при виконанні робіт на коліях станцій;

– принципи побудови засобів електричної сигналізації, які ґрунтуються на системному підході, що на відміну від існуючих дозволило визначити варіанти їх структурної та функціональної реалізації у залежності від співвідношень між процесами оброблення, передачі даних та реалізації функцій.

Практичне значення одержаних результатів. Результати, що отримані у дисертаційній роботі, дають змогу підвищити безпеку руху поїздів як при удосконаленні існуючих, так і при розробленні нових засобів електричної сигналізації. Окрім того, отримані результати доцільно використати при розробленні вітчизняного стандарту на системи автоматичного оповіщення працівників на коліях. Результати окремих розділів роботи використовуються у навчальному процесі на кафедрі автоматики та комп'ютерного телекерування рухом поїздів та Інституту перепідготовки та підвищення кваліфікації кадрів Українського державного університету залізничного транспорту при підготовці начальників, заступників начальників, головних інженерів служб сигналізації та зв'язку, начальників дистанцій сигналізації та зв'язку (ШЧ), заступників ШЧ з СЦБ, заступників ШЧ із зв'язку, головних інженерів ШЧ. Результати дисертаційної роботи впроваджені на станції Козача Лопань Південної залізниці. Очікується, що загальна сума економічного ефекту від упровадження результатів роботи складе 10,7 тис. грн. на рік у розрахунку на станцію з числом стрілок 23.

Особистий внесок здобувача. Усі основні положення і результати, що виносяться на захист, отримані автором самостійно та проводились в Українському державному університеті залізничного транспорту. У публікаціях, які написані у співавторстві, здобувачу належать: [1] – на основі розробленої моделі виконання операції ДСП з оповіщення проаналізовано стан безпеки руху поїздів та працівників на коліях станції; [2] – розроблено переносний автоматизований комплекс маневрових локомотивів, що дає змогу визначити параметри руху поїзда

(прискорення, швидкість) для розрахунку часу до оповіщення причетних до забезпечення безпеки руху поїздів та виконання робіт на коліях залізничних станцій; [3] – виконано аналіз існуючих систем автоматичного оповіщення, що входять до складу засобів електричної сигналізації, із застосуванням методу аналізу ієрархій; [4] – отримано кількісні значення ймовірності своєчасного виконання оповіщення, побудовано функціонально-семантичну мережу та відповідну модель; [5] – розроблено узагальнену функціональну та структурну схеми системи автоматичного оповіщення, що входить до складу засобів електричної сигналізації; [6] – запропоновано метод визначення елементів колійного розвитку, що входять до зони виконання робіт на коліях; [7] – розроблено метод, що дає змогу визначити параметри руху локомотива (прискорення, швидкість), що можуть бути використані при функціонуванні засобів електричної сигналізації; [9] – розроблено метод визначення забезпеченої зони руху поїздів та виконання робіт на коліях станції, який засновано на геометричному поданні колійного розвитку; [10] – для технічного пристрою, опис якого наведений у патенті на корисну модель, розроблено спосіб визначення параметрів руху поїзда (прискорення, швидкість) для розрахунку часу до оповіщення причетних до забезпечення безпеки руху поїздів та виконання робіт на коліях залізничних станцій; [11] – для корисної моделі, опис якої наведений у патенті, розроблено вагонну модель, що дає змогу виявити місцезнаходження локомотивів у поїзному або маневровому складі; [12] та [13] – виконано аналіз функцій та наведено перспективи розвитку пристроїв та систем автоматичного оповіщення; [14] – проведено аналіз можливостей використання сучасної елементної бази для побудови систем автоматичного оповіщення; [16] – визначено недоліки існуючих систем забезпечення руху поїздів; [18] – наведено модель колійного розвитку та надано рекомендації вибору середовища моделювання.

Апробація результатів дисертації. Основні положення і результати дисертаційної роботи доповідалися й отримали схвалення:

1. На 17, 18 та 19 Міжнародних школах-семінарах "Перспективні системи управління на залізничному, промисловому і міському транспорті", м. Алушта, 2004, 2005, 2006 рр.

2. На Першій міжнародній конференції "Ресурсозберігаючі технології в експлуатації засобів транспорту в умовах реформування залізниць України", м. Євпаторія, 2007 р.

3. На 21, 23 та 24 Міжнародних школах-семінарах "Перспективні комп'ютерні, управляючі та телекомунікаційні системи для залізничного транспорту України", м. Алушта, 2008, 2010, 2011 рр.

4. На 26 Міжнародній конференції "Внедрение перспективных микропроцессорных систем железнодорожной автоматики и средств телекоммуникации на базе цифровизации", м. Алушта, 2013 р.

5. На 27 Міжнародній конференції "Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті", м. Харків, 2014 р.

Дисертацію в повному обсязі розглянуто та схвалено в Українському державному університеті залізничного транспорту на розширеному засіданні кафедри автоматики та комп'ютерного телекерування рухом поїздів за участю членів спеціалізованої вченої ради Д 64.820.04.

Публікації. За темою дисертації опубліковано 20 наукових праць, у тому числі 5 наукових статей у фахових виданнях, затверджених МОН України, з яких 3 включено до міжнародних наукометричних баз, 4 додаткові статті, 2 патенти на корисну модель та 9 тез доповідей на наукових конференціях.

Структура і обсяг роботи. Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та 4 додатків. Повний обсяг роботи становить 159 сторінок, з них основний текст на 122 сторінках, 54 рисунки та 4 таблиці, список використаних джерел складається з 153 найменувань та 4 додатки.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У першому розділі виконано аналіз сучасного стану завдання підвищення безпеки руху поїздів.

Результати проведеного аналізу стану безпеки руху поїздів при виконанні робіт на коліях залізничних станцій установили, що забезпечення руху потребує доопрацювання.

Значний внесок у вирішення теоретичних та практичних завдань підвищення безпеки руху поїздів зробили такі вчені: В.С. Аркатов, М.М. Бабаєв, А.Б. Бойнік, А.М. Брилеєв, Т.В. Бутько, В.І. Гаврилюк, В.С. Дмитрієв, І.В. Жуковицький, А.М. Котенко, М.Ф. Котляренко, Ю.А. Кравцов, В.М. Лисенков, Д.В. Ломотько, В.І. Мойсеєнко, В.І. Мороз, О.М. Огар, С.В. Панченко, А.С. Переборов, А.П. Разгонов, Т.М. Сердюк, Ю.В. Соколов, Е.Д. Тартаковський, А.В. Шишляков І.О. Фурман та ін.

Результати аналізу безпеки руху поїздів при проведенні робіт на коліях залізничних станцій показали, що суттєвим недоліком існуючих методів та засобів є те, що в них не враховується діяльність оперативно-диспетчерського персоналу. Для визначення ймовірності виконання операції з оповіщення бригад працівників на коліях станції побудовано відповідну математичну модель

$$\beta_{pe}(n) = k \cdot \beta_{p1} \cdot \beta_{m1} \cdot (\beta_{p2} \cdot \beta_{p3} \cdot \beta_{p8} \cdot \beta_{p4} \cdot \beta_{p5} \cdot \beta_{A1})^n \cdot \beta_{p6} \cdot \beta_{p7},$$

$$M_{pe}(n) = j \cdot (M_{p1} + M_{m1} + n \cdot (M_{p2} + M_{p3} + M_{p8} + M_{p4} + M_{p5} + M_{A1}) + M_{p6} + M_{p7}),$$

де β – ймовірність правильного виконання відповідної операції; M – математичне сподівання виконання відповідної операції; k та j – відповідно коефіцієнт ймовірності та коефіцієнт математичного сподівання виконання операції, що враховує психофізіологічні стани чергового по станції (ДСП); n – кількість бригад працівників на коліях.

За результатами дослідження умов руху поїздів, виконання робіт на коліях залізничних станцій та моделювання дій чергового по станції встановлено, що ймовірність своєчасного оповіщення навіть однієї бригади працівників, що виконують роботи на маршруті поїзда, не задовольняє вимогам безпеки. Адекватність результатів моделювання підтверджено перевіркою за t -критерієм Стьюдента та за U -критерієм Манна-Уїтні.

Проведений аналіз методів і засобів підвищення безпеки руху поїздів при виконанні робіт на залізничних коліях виявив необхідність удосконалення засобів електричної сигналізації, визначено шляхи їх удосконалення.

У другому розділі визначено складові опису технологічного процесу забезпечення руху поїздів при виконанні робіт на елементах колійного розвитку, розроблено метод оповіщення засобами електричної сигналізації причетних до забезпечення руху поїздів, удосконалено математичну модель колійного розвитку.

Основними складовими опису технологічного процесу забезпечення руху поїздів на елементах колійного розвитку є: множина елементів колійного розвитку R , множина маршрутів M , що прописані в техніко-розпорядчому акті (ТРА) станції відповідно до колійного розвитку, множина поїздів (рухомого складу) K , що переміщуються по елементах колійного розвитку та множина працівників залізничного транспорту W . Як відомо на колійному розвитку R установлюються маршрути M і відбувається переміщення поїздів (рухомого складу) K , тобто $RKM=R \cap K \cap M \neq \emptyset$. Працівники W залізничного транспорту виконують роботи безпосередньо на коліях, тобто $R \cap W \neq \emptyset$. Отже при проведенні робіт на коліях можливі ситуації використання одних і тих же елементів колійного розвитку (або що перебувають на небезпечній відстані $R \cap M \neq \emptyset$) працівниками та встановленими маршрутами, тобто $RWM=R \cap W \cap M \neq \emptyset$, що у свою чергу несе потенційну небезпеку для руху поїздів. Але при перебуванні поїзда (рухомого складу) на маршруті та при проведенні робіт на коліях можливі ситуації використання одних і тих же елементів колійного розвитку (або що перебувають на небезпечній відстані) працівниками W , маршрутом M і поїздом K , тобто $RWMK=R \cap W \cap M \cap K \neq \emptyset$, що у свою чергу може привести як до порушення безпеки руху поїздів, так і до травмування безпосередньо працівників, які перебувають на коліях.

На елементах колійного розвитку станції спостерігаються також випадки немаршрутизованих переміщень, тобто використання поїздом (рухомим складом) колій на станції $R \cap K \neq \emptyset$. У таких випадках при проведенні робіт на коліях можливі ситуації використання одних і тих же елементів колійного розвитку R (або що перебувають на небезпечній відстані) працівниками W і поїздами (рухомим складом) K , тобто $RKW=R \cap K \cap W \neq \emptyset$, що також може привести як до порушення безпеки руху поїздів, так і до травмування безпосередньо працівників, які перебувають на коліях.

Для забезпечення взаємодії складових опису технологічного процесу забезпечення руху поїздів при виконанні необхідно мати змогу визначення поточного стану елементів колійного розвитку, місцеперебування та параметри руху поїздів (рухомого складу). Це можливо лише при створенні моделі руху поїзду (рухомого складу), для функціонування якої необхідна інформація від елементів колійного розвитку.

Задача визначення елементів колійного розвитку, які розміщені на небезпечній відстані один від одного, зводиться до визначення перетину габариту рухомого складу та забезпеченої зони руху поїздів (УЗРП).

У зв'язку з вищезначеним необхідно встановити:

– чи належить елемент колійного розвитку $a \in A$ УЗРП ϕ , тобто $a \in \phi$;

– чи перетинається хоча б одна зі сторін УЗРП та елемента колійного розвитку (AB) , тобто $(AB) \cap \phi \neq \emptyset$.

Визначення приналежності координати об'єкта a з координатами (x, y) УЗРП: якщо $x_1 \leq x \leq x_4$ і $y_1 \leq y \leq y_4$, то об'єкт розташований в УЗРП (рисунок 1), тобто $a \in \phi$

$$a \in \phi: \begin{cases} (x_{\max} \pm x_1) \leq (x_{\max} \pm x) \leq (x_{\max} \pm x_4), \\ y_1 \leq y \leq y_4, \end{cases}$$

де x_{\max} – координата найвіддаленішого об'єкта у парній горловині. Знак додавання використовується для об'єктів, що розміщено у непарній горловині, віднімання – у парній.

Для знаходження координати перетину $G(x, y)$ ділянки колії (EF) з координатами $E(x_5, y_5)$ і $F(x_6, y_6)$ із УЗРП ϕ з координатами $A(x_1, y_1)$ і $B(x_2, y_2)$ (рисунок 2) складено рівняння

$$x = \frac{((x_{\max} \pm x_1) \cdot y_2 - (x_{\max} \pm x_2) \cdot y_1) \cdot ((x_{\max} \pm x_6) - (x_{\max} \pm x_5)) - ((x_{\max} \pm x_5) \cdot y_6 - (x_{\max} \pm x_6) \cdot y_5) \cdot ((x_{\max} \pm x_2) - (x_{\max} \pm x_1))}{(y_1 - y_2) \cdot ((x_{\max} \pm x_6) - (x_{\max} \pm x_5)) - (y_5 - y_6) \cdot ((x_{\max} \pm x_2) - (x_{\max} \pm x_1))},$$

$$y = \frac{(y_5 - y_6) \cdot x - ((x_{\max} \pm x_5) \cdot y_6 - (x_{\max} \pm x_6) \cdot y_5)}{(x_{\max} \pm x_6) - (x_{\max} \pm x_5)},$$

$$(EF) \cap \phi \neq \emptyset: \begin{cases} (x_{\max} \pm x_1) \leq x \wedge (x_{\max} \pm x_2) \geq x \wedge (x_{\max} \pm x_5) \leq x \wedge (x_{\max} \pm x_6) \geq x, \\ y_1 \leq y \wedge y_2 \geq y \wedge y_5 \leq y \wedge y_6 \geq y. \end{cases}$$

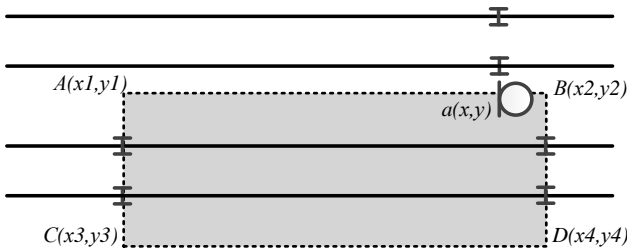


Рисунок 1 – Об'єкт $a(x, y)$ належить
убезпеченій зоні руху поїздів

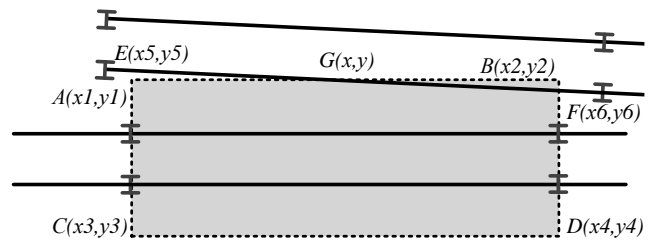


Рисунок 2 – Перетин ділянки (EF) з
убезпеченою зоною руху поїздів у
координаті $G(x, y)$

Для знаходження координат перетину $E(x_5, y_5)$ і $F(x_6, y_6)$ колійної ділянки (AB) з кривою радіусом R (рисунок 3) складено рівняння:

$$x_5 = x_0 + B \cdot \sqrt{\frac{d^2}{A^2 + B^2}}; y_5 = y_0 - A \cdot \sqrt{\frac{d^2}{A^2 + B^2}};$$

$$x_6 = x_0 - B \cdot \sqrt{\frac{d^2}{A^2 + B^2}}; y_6 = y_0 + A \cdot \sqrt{\frac{d^2}{A^2 + B^2}}.$$

У зв'язку з тим, що зона робіт на колійному розвитку залізничної станції, як правило, обмежена тільки одним об'єктом (стрілка, світлофор, стик) і має фронт робіт від декількох метрів до десятків, то з'являється можливість розділити існуючі

коліїні секції на окремі ділянки. Так, виконання робіт на "ділянці 2" (рисунок 4) виконується на небезпечній відстані від забезпеченої зони руху поїздів, а отже, виникає необхідність в оповіщенні, припиненні робіт та забезпеченні зони на час його проїзду по "ділянці 3".

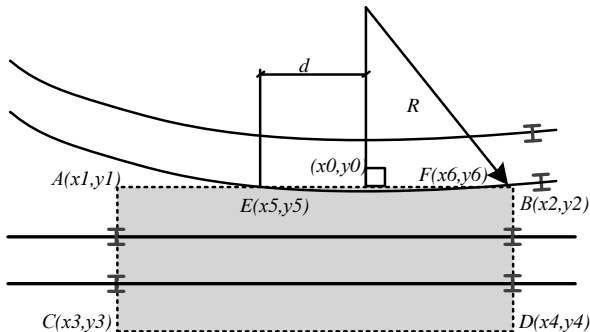


Рисунок 3 – Перетин колійної ділянки радіусом R (EF) з забезпеченою зоною руху поїздів

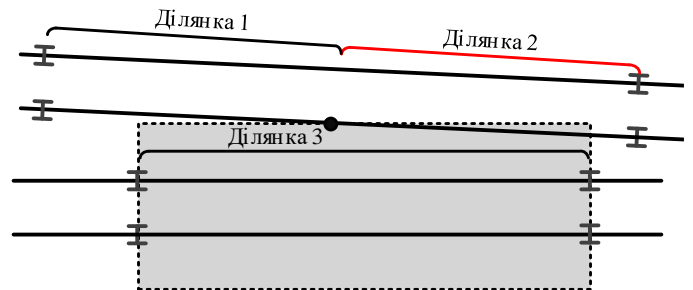


Рисунок 4 – Розподіл колійної секції на ділянки

У разі ж виконання робіт на "ділянці 1" небезпека для руху поїзду та працівників з боку рухомого складу, що проходить по "ділянці 3" відсутня.

Для побудови засобів електричної сигналізації спочатку необхідно створити математичну модель колійного розвитку станції з позицій не тільки переміщення рухомого складу, а й виконання робіт на елементах верхньої будови колії. Для розв'язання цієї задачі можливе використання топологічних формул, у яких введені такі позначення: $A = \{a_1, a_2, \dots, a_N\}$ – кінцева множина елементів одниткового плану станції, що включає в себе підмножини S_v світлофорів, S_t стрілочних переводів, S_e колійних ділянок, R внутрішньостанційних переїздів, I_s ізолюючих стиків та N_o негабаритних об'єктів.

Для формального подання колійного розвитку на основі змішаного зваженого графа $\Gamma(X, A)$ виділено шість відповідних підмножин $\Gamma_{S_v}, \Gamma_{S_t}, \Gamma_{S_e}, \Gamma_R, \Gamma_{I_s}, \Gamma_{N_o}$

$$\Gamma(X, A) = \{ \Gamma_{S_v}(X, A) \cup \Gamma_{S_t}(X, A) \cup \Gamma_{S_e}(X, A) \cup \Gamma_R(X, A) \cup \Gamma_{I_s}(X, A) \cup \Gamma_{N_o}(X, A) \}.$$

У свою чергу підмножина графа колійних ділянок $\Gamma_{S_e}(X, A)$ включає в себе підмножину графів приймально-відправних колій $\Gamma_{S_eP}(X, A)$, тупиків $\Gamma_{S_eT}(X, A)$, відповідно стрілкових та безстрілкових ізольованих колійних ділянок $\Gamma_{S_eSt}(X, A)$ та $\Gamma_{S_ePt}(X, A)$.

Результати проведеного аналізу списків параметрів усіх підмножин графа надали можливість узагальнити ці параметри. Таким чином, отримано змішаний зважений граф $\Gamma(X, A)$ з узагальненими параметрами

$$L_y = [Type, Id, P, X_n, St, dir, Ur],$$

де $Type$ – тип об'єкта, $Type = [1, 2, \dots, 13]$; Id – ідентифікатор об'єкта, $Id = [1, 2, \dots, q]$; P – параметри об'єкта, $P = [1, 2, \dots, p]$; X_n – ординати вершин об'єкта (на вісях xy); St – стан

об'єкта, $St = [1, 2, \dots, s]$; U – множина умов безпеки, що висуваються до множини об'єкта, $Ur = [1, 2, \dots, u]$, dir – напрям установки (1 – парний, 2 – непарний), $dir = [1, 2]$.

Множина маршрутів поєднує підмножини поїзних M_n і маневрових M_m маршрутів: $M = M_n \cup M_m$. Підмножина поїзних маршрутів поєднує підмножину M_{nn} маршрутів приймання та M_{no} маршрутів відправлення $M_n = M_{nn} \cup M_{no}$. Для реалізації моделі маршрутів для кожного елемента колійного розвитку множини A потрібен список суміжних елементів L_{cm} , що складається з ідентифікатора Id елемента розміщеного "ліворуч" і "праворуч" відносно самого об'єкта (для стрілочного переводу: "в'їзд" на стрілку, "виїзд по +" та "виїзд по –")

$$L_{cm} = [m_1, m_2, m_3],$$

де m_1 – ідентифікатор Id елемента колійного розвитку, розміщеного "ліворуч" відносно самого елемента, для стрілочного переводу – "в'їзд" на стрілочний перевід; m_2 – ідентифікатор Id елемента колійного розвитку, розміщеного "праворуч" відносно самого елемента, для стрілочного переводу – "виїзд" по плюсовому положенню; m_3 – ідентифікатор Id елемента колійного розвитку "виїзд" по мінусовому положенню (тільки для стрілочного переводу).

Відкриття світлофора – це подія, що визначає встановлення маршруту. Параметри та стан світлофора St визначають відповідно категорію і напрямок маршруту, а також елемент колійного розвитку, яким закінчується маршрут. При побудові маршруту достатньо за ідентифікатором Id кожного з елементів маршруту перевірити значення відповідних параметрів списків L для виявлення виконання робіт на коліях, що дозволить забезпечити рух поїздів при виконанні робіт на коліях станції.

Для визначення раціонального часу до своєчасного оповіщення причетних до забезпечення руху поїздів про наявність небезпеки необхідно визначити місцезнаходження, швидкість та прискорення руху поїзда, маршрут руху, тип інструменту та обладнання, що використовується при виконанні робіт на коліях, кількість працівників, місцезнаходження зони виконання робіт та ін.

Для вирішення поставленої задачі можливе використання індуктивно-дротових датчиків, точкових колійних датчиків та ін. Кожен із зазначених способів потребує встановлення додаткового обладнання, що збільшує собівартість засобів.

Припустимо, що швидкість руху V_1 на ділянці умовно є рівномірною, а потім миттєво змінюється до V_2 . Тоді різниця між V_1 та V_2 визначає прискорення. Очевидно, що на розмір похибки визначення швидкості та прискорення впливає характер руху (прискорений, рівномірний), довжин ділянок та ін.

Таким чином, визначення швидкості руху можливе лише при проїзді рухомим складом першої ділянки, прискорення – другої. У зв'язку з цим швидкість на першій ділянці приймається за максимальну допустиму у відповідності до показання світлофора.

Відстань, за яку необхідно виконати оповіщення, залежить не тільки від швидкості та прискорення поїздів, а і від часу t_{on} , що необхідний для оповіщення і відновлення безпечних умов для проходження поїздом зони робіт.

Час оповіщення t_{on} визначається з урахуванням часу виходу людей і винесення інструментів за межі габариту рухомого складу для бригад працівників на коліях, що складається з часу, необхідному на передачу мовної інформації, часу, необхідному для відновлення безпечних умов для проходження поїздом зони робіт і виходу працівників з небезпечної зони та часу простою в очікуванні оповіщення.

Час, необхідний для відновлення безпечних умов для проходження поїздом зони робіт і виходу працівників з небезпечної зони визначається виразами $t_{вухе} = 9.71 \cdot n + 14$ – при роботі з електроінструментом та $t_{вухм} = 4.31 \cdot n + 14$ – при роботі з механічним інструментом (де n – кількість працівників).

Час простою в очікуванні оповіщення t_o викликаний тим, що за наявності декількох бригад або паралельних переміщень рухомого складу може виникнути ситуація, при якій необхідно одночасно використовувати канал для передачі інформації. Для вирішення цієї задачі вводиться відносний пріоритет в обслуговуванні i . Таким чином, час простою в очікуванні t_o визначається

$$t_{ok} = \sum_{n=1}^K a_k + \frac{\lambda_{k-1} T_{k-1}}{\sum_{n=1}^K \lambda_{k-1} T_{k-1}} \cdot a_{k-1},$$

де t_{ok} – простій в очікуванні повідомлення з k -м пріоритетом, год; a_k – функція тривалості безперервного виконання, год; λ_k – інтенсивність потоку заявок, 1/год; T_k – час використання каналу повідомленням, год; k – пріоритет повідомлення.

Для визначення часу, необхідного для передачі оповіщення всім причетним до забезпечення руху поїздів, у роботі розроблено модель функціонування каналу передачі інформації у мережах Петрі. Отримані при моделюванні дані роботи каналу передачі інформації показали різке збільшення часу, за який необхідно починати оповіщення при використанні одного каналу передачі. Так, навіть за наявності однієї бригади працівників оповіщення необхідно виконувати за 124,9 сек. до наближення поїзда, що майже у 2,5 рази більше від встановленого значення.

Рішенням проблеми зі значним передчасним оповіщенням є використання окремого каналу для передачі інформації для бригад працівників на коліях, черговому по станції (ДСП), локомотивним бригадам та іншим працівникам. Таким чином, час, за який необхідно розпочати оповіщення, не перевищує встановлене значення на 12 сек. для однієї бригади працівників на коліях.

Модель руху поїзда довжиною L_{nc} має деякі значення швидкості V та прискорення a . Якщо відома відстань до зони проведення робіт $L_{зр}$, то визначений момент часу, що відповідає його ординаті оповіщення t_{on} та проїзду зони робіт $t_{зр}$.

Часові обмеження на діапазон t визначені відповідно до значень часу наближення поїзда до зони робіт $t \in [t_{on}, t]$ та $t \in [t_{зр}, t]$

$$t_{on} - t = \begin{cases} \left| \frac{-V \pm \sqrt{V^2 - 2 \cdot a \cdot (L_{zp} - L_{on})}}{a} \right|, & \text{якщо } a \neq 0, L_{zp} \geq L_{on}, \\ \frac{L_{zp} - L_{on}}{V}, & \text{якщо } a = 0, V \neq 0, L_{zp} \geq L_{on}. \end{cases}$$

У момент часу, коли $t_{on} - t = 0$, необхідно виконати оповіщення причетних до забезпечення руху поїздів при виконанні робіт на коліях залізничних станцій.

У **третьому розділі** для синтезу засобів електричної сигналізації розроблено принципи їх побудови, що основані на системному підході.

Одним з етапів синтезу засобів електричної сигналізації є розроблення та аналіз операторних моделей. Операторна модель засобів електричної сигналізації M_o створена у роботі на основі розробленого дерева функцій з урахуванням проведеної декомпозиції базових функцій і виділенням типових функціональних операторів $\langle P, C, M, T \rangle$ -типів (P – обробка (перетворення) інформації, M – зберігання інформації, T – передача (обмін) інформації, C – керування процесами обробки, зберігання та передачі інформації)

$$M_o = \bigcup_{i=1} \Phi M_i.$$

На операторній моделі M_o з урахуванням виконаної декомпозиції виділені функціональні модулі високого рівня ΦM_i ($i=1 \div 11$): первинної обробки інформації від датчиків; модуль попередньої обробки інформації від датчиків; модуль реєстрації інформації; оперативного контролю працездатності; аналізу поїзної обстановки (остаточна обробка інформації); прийняття рішень з оповіщення; введення інформації від ДСП; пред'явлення інформації ДСП; зовнішнього інтерфейсу зв'язку з іншими системами та підсистемами; формування керуючих дій з оповіщення; реалізації керуючих дій з оповіщення.

Аналіз узагальненої операторної моделі вказує на різноманітні співвідношення між процесами оброблення та передачі даних. Для реалізації функцій на основі розроблених дерева функцій, функціональної схеми та операторної можливі два варіанти структурних схем засобів електричної сигналізації: з централізованою та розподіленою підсистемою аналізу поїзної обстановки.

Основною відмінністю варіантів реалізації є те, що у засобів електричної сигналізації з розподіленою підсистемою аналізу поїзної обстановки та ухвалення рішень автоматизоване робоче місце (АРМ) лише забезпечує діалоговий режим роботи ДСП із засобами електричної сигналізації. Виконання задачі виявлення встановлених маршрутів руху поїздів і маневрових складів як безпосередньо через зону виконання робіт, так і по сусідніх коліях, підготовку відповідного комунікаційного обладнання та передачу мовних повідомлень працівникам на коліях, машиністам локомотивів і ДСП покладено на пристрої керування і контролю мовних повідомлень.

На основі аналізу функцій, дерева функцій та структурної схеми розроблено графі станів (рисунки 5 та 6 відповідно розподіленої та централізованої структури).

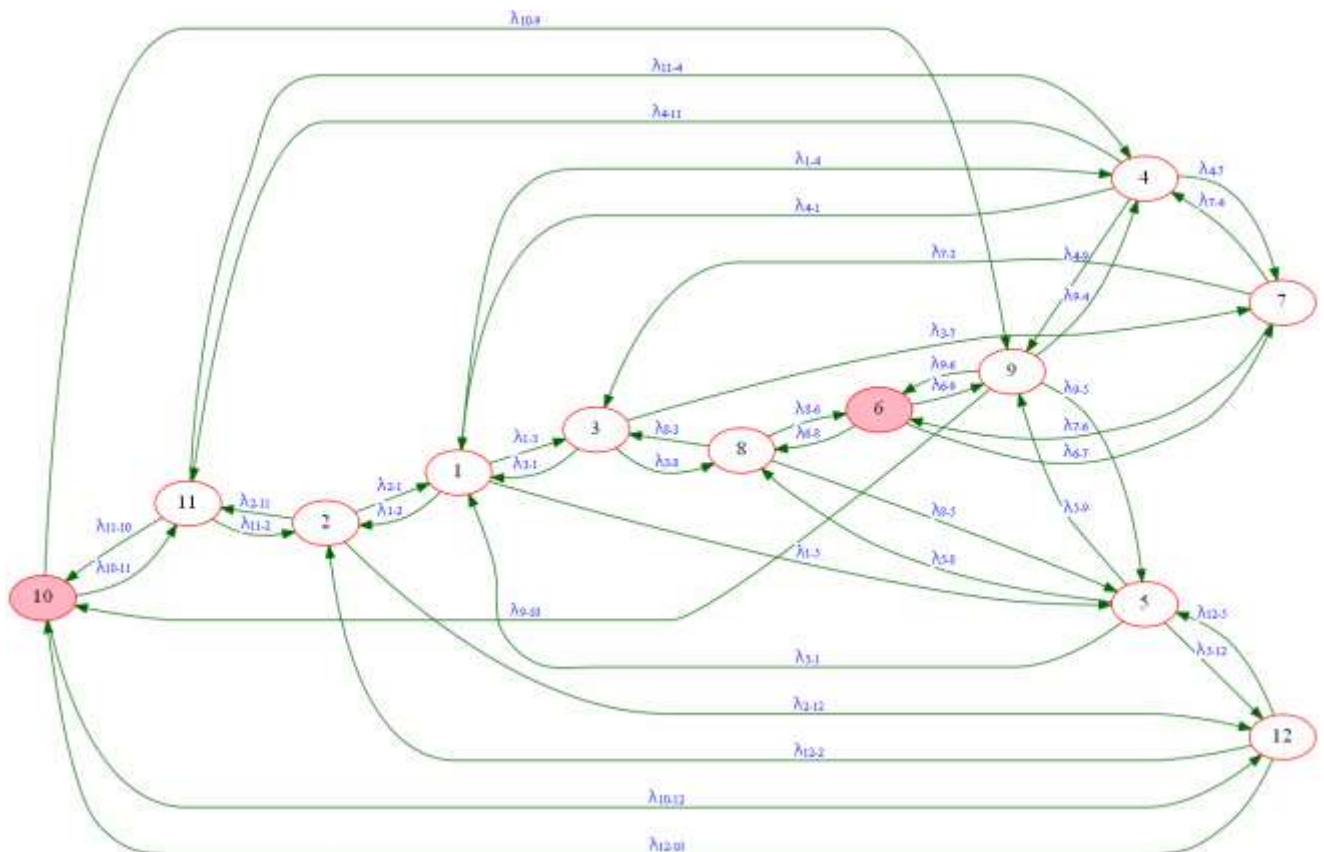
На основі графа станів складена відповідна система диференціальних рівнянь Колмогорова, що дала змогу визначити ймовірності переходу засобів у небезпечні стани

$$P_6 = \frac{\lambda_{8-6} \cdot P_8 + \lambda_{9-6} \cdot P_9 + \lambda_{7-6} \cdot P_7}{\lambda_{6-8} + \lambda_{6-9} + \lambda_{6-7}};$$

$$P_{10} = \frac{\lambda_{9-10} \cdot P_9 + \lambda_{11-10} \cdot P_{11} + \lambda_{12-10} \cdot P_{12}}{\lambda_{10-11} + \lambda_{10-12} + \lambda_{10-9}}.$$

Коефіцієнт неготовності $K_{н.зот}$ засобів електричної сигналізації з розподіленою підсистемою аналізу поїзної обстановки визначено як суму ймовірностей непрацездатних станів та склав $K_{н.зот} = 3 \cdot 10^{-8}$.

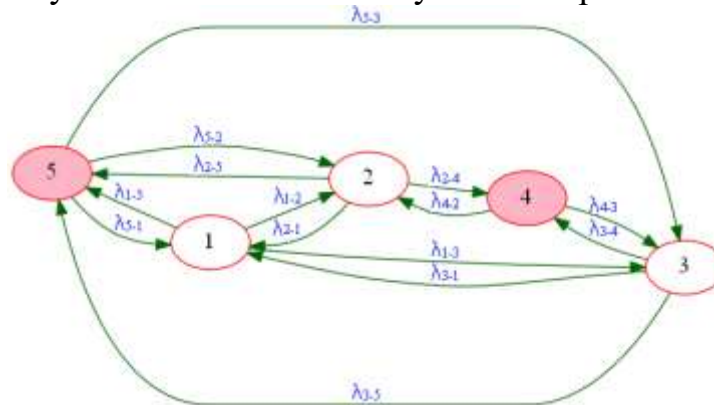
Аналогічно виконано визначення ймовірностей перебування засобів електричної сигналізації з централізованою структурою. Отримані дані дозволили обґрунтувати використання структурної схеми засобів електричної сигналізації саме з розподіленою підсистемою аналізу поїзної обстановки.



1 – справний стан; 2 – несправне автоматизоване робоче місце, працездатний стан; 3 – несправний пристрій керування і контролю мовних повідомлень ДСП, працездатний стан; 4 – несправний пристрій керування і контролю мовних повідомлень радіоканалу бригад працівників, працездатний стан; 5 – несправний пристрій керування і контролю мовних повідомлень гучномовного оповіщення, працездатний стан; 6 – несправні пристрої керування і контролю мовних повідомлень ДСП, гучномовного оповіщення та радіоканалу бригад, небезпечний стан; 7 – несправні пристрої керування і контролю мовних повідомлень ДСП та радіоканалу бригад, працездатний стан; 8 – несправні пристрої керування і контролю мовних повідомлень ДСП та гучномовного оповіщення, працездатний стан; 9 –

несправні пристрої керування і контролю мовних повідомлень гучномовного оповіщення та радіоканалу бригад працівників, працездатний стан; 10 – несправні автоматизоване робоче місце, пристрої керування і контролю мовних повідомлень гучномовного оповіщення та радіоканалу бригад, небезпечний стан; 11 – несправні автоматизоване робоче місце та пристрій керування і контролю мовних повідомлень радіоканалу бригад, працездатний стан; 12 – несправні автоматизоване робоче місце та пристрій керування і контролю мовних повідомлень гучномовного оповіщення, працездатний стан; $\lambda_{i,j}$ – інтенсивність переходу з i -го стану в j -й

Рисунок 5 – Граф станів засобів електричної сигналізації з розподіленою підсистемою аналізу поїзної обстановки та ухвалення рішень



1 – справний стан; 2 – несправний пристрій сполучення з каналами передавання інформації радіоканалу бригади працівників, працездатний стан; 3 – несправний пристрій сполучення з каналами передавання інформації гучномовного оповіщення, працездатний стан; 4 – несправні пристрої сполучення з каналами передавання інформації гучномовного оповіщення та радіоканалу бригади працівників, небезпечний стан; 5 – несправний апаратно-програмний комплекс автоматизованого робочого місця, небезпечний стан; $\lambda_{i,j}$ – інтенсивність переходу з i -го стану в j -й

Рисунок 6 – Граф станів засобів електричної сигналізації з централізованою підсистемою аналізу поїзної обстановки та ухвалення рішень

Отримані залежності вірогідності перебування засобів електричної сигналізації у небезпечному стані P_n дозволили встановити, що при зменшенні потоку відновлення спостерігається збільшення залежності надійності складових засобів на ймовірність небезпечної відмови. Але при збільшенні потоку відновлення більше 5 год^{-1} спостерігається значне зменшення вірогідності перебування системи у небезпечному стані та залежність від потоку відмов складових елементів. Так, ймовірність небезпечної відмови P_n зменшено з $2,159 \cdot 10^{-13}$ до $1,728 \cdot 10^{-15}$.

Крім того, виявлено, що ймовірність перебування засобів електричної сигналізації у несправному стані P_{nc} залежить, в основному, від потоку відновлення, значення якого також повинно бути більше 5 год^{-1} , що дозволяє зменшити ймовірність перебування системи у несправному стані з $0,2 \cdot 10^{-3}$ до $4 \cdot 10^{-5}$.

У четвертому розділі виконана практична реалізація та оцінка проведених досліджень.

Однією з характеристик якості функціонування засобів електричної сигналізації є оцінка ймовірності випадкових помилкових спрацьовувань. Основною проблемою при використанні засобів електричної сигналізації є те, що розподілена структура виключає ситуації з відсутністю оповіщення при відмові технічних

засобів, але не здатна запобігти відмові з вини програмного забезпечення (ПЗ). На основі проведеного аналізу вимог та нормативно-технічних документів у дисертаційній роботі сформовані вимоги до ПЗ засобів електричної сигналізації.

Робота засобів електричної сигналізації у часі може бути подана як послідовність випадкових подій tn , що здійснюються в n -му проміжку часу. При цьому кожна подія tn може набувати одне з двох значень:

- поїзд прямує через зону виконання робіт ($tn = 1$);
- відсутність поїзда через зону виконання робіт ($tn = 0$).

Кожен з цих результатів може спостерігатися також при одному з двох можливих станів системи:

- S_0 – відсутня необхідність оповіщення працівників в n -й момент часу;
- S_1 – у даний n -й момент часу є необхідність оповіщення працівників.

$$P = P(S_0 / S_0) + P(S_1 / S_1) = 1 - (P\alpha + P\beta).$$

Ймовірність помилки I роду (помилкове оповіщення) та II роду (пропуск мети – відсутність оповіщення) склала відповідно 0,03921 та $9,8 \cdot 10^{-9}$. Ймовірність правильної роботи засобів електричної сигналізації без урахування періодичного контролю чи відновлення склала $P=0,96$.

Одним з варіантів підвищення надійності засобів електричної сигналізації є доповнення ПЗ модулем діагностики, що збільшує їх коефіцієнт готовності $K_{гот}$.

Ефективність використання засобів електричної сигналізації має значне значення для залізничного транспорту. Упровадження засобів електричної сигналізації у багатьох випадках приводить до скорочення витрат робочого часу, супроводжується підвищенням продуктивності праці.

Ефективність засобів електричної сигналізації оцінена в трьох основних аспектах. Передусім проведено порівняння на основі критеріїв, що враховують рівень убезпечення при використанні засобів електричної сигналізації і без них. Потім проведено зіставлення основних параметрів, що характеризують варіанти засобів електричної сигналізації.

Головним критерієм при оцінці ефективності засобів електричної сигналізації є показник $P_{вик}$ – ймовірність безпечного руху поїздів при виконанні робіт на коліях. Оцінку за цим критерієм проведено шляхом порівняння значення ймовірності убезпеченого руху поїздів при виконанні робіт на коліях різними засобами. Так, у порівнянні з існуючими засобами електричної сигналізації $P_{вик}$ збільшився з 0,916 до 0,99999167.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі отримано нове вирішення актуального науково-практичного завдання підвищення безпеки руху поїздів шляхом удосконалення засобів електричної сигналізації при виконанні робіт на коліях станції.

Основні наукові результати і висновки дисертації такі:

1. Результати проведеного аналізу стану безпеки руху поїздів на коліях залізничних станцій установили, що убезпечення руху потребує доопрацювання. У

зв'язку з цим за результатами дослідження умов руху поїздів, умов виконання робіт на коліях залізничних станцій та моделювання дій чергового по станції встановлено, що ймовірність своєчасного оповіщення однієї бригади працівників, що виконують роботи на маршруті поїзда, становить 0,865. Проведений аналіз методів і засобів підвищення безпеки руху поїздів при виконанні робіт на залізничних коліях виявив необхідність удосконалення засобів електричної сигналізації.

2. Розроблений метод оповіщення засобами електричної сигналізації є основою удосконалення засобів електричної сигналізації, що дозволяє підвищити безпеку руху поїздів при виконанні робіт на коліях. Метод засновано на визначенні швидкості руху поїздів по станції, місцезнаходження рухомого складу і зони виконання робіт на коліях, пріоритету оповіщення.

3. Використання результатів математичного моделювання колійного розвитку станції із застосуванням змішаного зваженого графа в існуючих засобах електричної сигналізації дає змогу підвищити безпеку руху поїздів при виконанні робіт на коліях станцій за рахунок перевірки умов безпеки з урахуванням наявності робіт на маршруті або на небезпечній відстані для кожного елемента колійного розвитку, що входить у маршрут.

4. Розроблений метод визначення забезпеченої зони руху поїздів дозволив усунути невизначеність формування оповіщення причетних до забезпечення руху поїздів при виконанні робіт на коліях станцій. У результаті проведеного дослідження взаємодії множин елементів колійного розвитку, маршрутів, рухомого складу та працівників на верхній будові колії встановлено, що для усунення невизначеності формування оповіщення причетних до забезпечення руху поїздів при виконанні робіт на коліях залізничних станцій необхідно перейти до геометричного визначення елементів колійного розвитку, що дозволило підвищити безпеку руху поїздів при виконанні робіт на коліях залізничних станцій.

5. Розроблені принципи побудови засобів електричної сигналізації дозволяють визначити варіанти їх структурної та функціональної реалізації в залежності від співвідношень між процесами оброблення, передачі даних та реалізації функцій.

Розроблені моделі засобів електричної сигналізації дозволяють визначити ймовірності перебування їх у небезпечному стані. Розрахунок ймовірності перебування засобів електричної сигналізації у працездатному і небезпечному станах показав, що коефіцієнт неготовності склав $K_{нгот} = 8,33 \cdot 10^{-6}$ (без використання засобів електричної сигналізації – $6,8 \cdot 10^{-2}$). Результатами перевірки виявлена асимптотична стійкість засобів електричної сигналізації.

6. На основі експлуатаційних випробувань проведені розрахунки надійності програмного забезпечення, що показали збільшення коефіцієнта готовності $K_{гот}$ до 0,9995 за рахунок використання модуля діагностики. Упровадження результатів роботи надало можливість удосконалити засоби електричної сигналізації, що має позитивний соціальний ефект, який полягає у підвищенні безпеки руху поїздів та працівників на верхній будові колії при виконанні робіт на коліях, скорочення втрат робочого часу, підвищення продуктивності праці, підвищення ймовірності забезпеченого виконання робіт на коліях (на 9,1 %).

Також встановлено, що ймовірність помилки I роду та II роду запропонованого варіанта засобів електричної сигналізації склала відповідно $0,03921$ та $9,8 \cdot 10^{-9}$.

7. Проведено розрахунок техніко-економічної ефективності впровадження результатів дисертаційної роботи. Очікується, що сума економічного ефекту від їх застосування складе $10,7$ тис. грн. на рік у розрахунку на станцію з числом стрілок 23.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Основні праці:

1. Змій, С.О. Метод та результати моделювання операцій по оповіщенню працюючих на коліях черговим по станції [Текст] / С.О. Змій, В.П. Мороз, Р.В. Турчинов // Зб. наук. праць Дон. інст. зал. трансп. – Донецьк, 2014. – № 38. – С. 51-55.

2. Сиротенко, Ю. В. Нормування експлуатаційних характеристик маневрових тепловозів за допомогою переносного автоматизованого комплексу [Текст] / Ю.В. Сиротенко, Р.В. Турчинов, С.О. Змій // Зб. наук. праць Укр. держ. акад. залізнич. трансп. – Харків: УкрДАЗТ, 2011. – вип. 127. – С. 79-83.

Публікації у виданнях України, які включені до міжнародних наукометричних баз:

3. Застосування методу аналізу ієрархій при функціональному синтезі автоматизованих систем керування [Текст] / Р. В. Турчинов, С.О. Змій, В.П. Мороз [та ін.] // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – № 2/3 (56). – С. 33-36.

4. Змій, С.О. Моделювання операцій оповіщення черговим по станції працюючих на коліях станції [Текст] / С.О. Змій, В.П. Мороз, Р.В. Турчинов // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2014. – № 6/3 (72). – С. 26-29.

5. Мороз, В.П. Впровадження системи та пристрою автоматичного оповіщення працюючих на коліях залізничних станцій [Текст] / В.П. Мороз, С.О. Змій // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2015. – № 2. – С. 80-85

Праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:

6. Мороз, В. П. Метод визначення елементів колійного розвитку, що входять до зони виконання робіт на коліях [Текст] / В.П. Мороз, С.О. Змій // Зб. наук. праць Дон. інст. залізнич. трансп. – Донецьк, 2014. – № 38. – С. 51-55.

7. Турчинов, Р. В. Метод визначення технічного стану тепловозу в умовах експлуатації [Текст] / Р. В. Турчинов, С.О. Змій // Scientific Journal «ScienceRise». – 2014. – № 5/2 (4). – С. 19-22.

8. Змій, С.О. Теоретичне обґрунтування кількості каналів передачі повідомлень в системі автоматичного оповіщення [Текст] / С.О. Змій // Scientific Journal «ScienceRise». – 2015. – № 1/2 (6). – С. 30-32.

9. Мороз, В. П. Метод визначення забезпеченої зони виконання робіт на коліях залізничних станцій [Текст] / В.П. Мороз, С.О. Змій // Scientific Journal «ScienceRise». – 2015. – № 2/2 (7). – С. 68-72.

10. Пат. 85349 Україна, МПК G01M 17/08 (2006, 01). Спосіб визначення експлуатаційних режимів маневрових і промислових тепловозів [Текст] / О.Б. Бабанін, Р.В. Турчинов, С.О. Змій, В.І. Бульба, Д.М. Пастух, Ю.В. Сиротенко;

заявник і патентовласник Укр. держ. акад. залізнич. трансп., Харків; заявл. 23.07.2013; опубл. 11.11.2013, Бюл. № 21. – 4 с.

11. Пат. 99290 Україна, МПК В61L 23/00 В61F 7/00. Спосіб блокування переміщення вагонів з небезпечним вантажем без прикриття [Текст] / С.В. Панченко, А.О. Каграманян, А.М. Котенко, А.Б. Бойнік, С.О. Змій, Л.М. Дунаєвський, О.В. Лаврухін, П.С. Шилаєв, Д.С. Козодой, А.М. Киман; заявник і патентовласник Укр. держ. акад. залізнич. трансп., Харків; заявл. 22.12.2014; опубл. 25.05.2015, Бюл. № 10. – 4 с.

Праці апробаційного характеру:

12. Перспективи розвитку пристроїв та систем попередження наїздів на працюючих на коліях станції [Текст] / Ю.В. Соколов, В.П. Мороз, С.О. Змій, Р.В. Турчинов // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – Харків: УкрДАЗТ, 2004. – № 4, 5. – С. 102.

13. Анализ функций устройств и систем автоматического предупреждения и оповещения всех причастных к обеспечению безопасного производства работ на путях [Текст] / Ю.В. Соколов, В.П. Мороз, С.О. Змій, Р.В. Турчинов // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – Харків: УкрДАЗТ, 2005. – № 5. – С. 96.

14. Анализ современных микроконтроллеров и сред разработки для построения устройств и систем оповещения работающих на путях [Текст] / Ю.В. Соколов, В.П. Мороз, С.О. Змій, Р.В. Турчинов // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – Харків: УкрДАЗТ, 2006. – № 4. – С. 9.

15. Змій, С.О. Підвищення ефективності функціонування автоматизованих систем сповіщення [Текст] / С.О. Змій // Тези доп. Першої між нар. конф. "Ресурсозберігаючі технології в експлуатації засобів транспорту в умовах реформування залізниць України". – Харків: УкрДАЗТ, 2007. – С. 55-56.

16. Змій, С.А. Анализ существующих систем обеспечения безопасности движения поездов [Текст] / С.А. Змій, Р.В. Турчинов // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – Харків: УкрДАЗТ, 2008. – № 4. – С. 33.

17. Змій, С.А. Моделирование сетей и узлов микропроцессорных систем электрической централизации [Текст] / С.А. Змій // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – Харків: УкрДАЗТ, 2010. – № 4. – С. 15.

18. Мороз, В.П. Обґрунтування вибору середовища для побудови імітаційної моделі колійного розвитку станції [Текст] / В.П. Мороз, С.О. Змій, Р.В. Турчинов // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – Харків: УкрДАЗТ, 2011. – № 5. – С. 153.

19. Змій, С.А. Обоснование выбора методов моделирования систем управления [Текст] / С.А. Змій. // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – Харків: УкрДАЗТ, 2013. – № 4 (додаток). – С. 76.

20. Змій, С.О. Розроблення операторних моделей для синтезу систем автоматичного оповіщення працюючих на залізничних коліях та пасажирів про наближення рухомого складу [Текст] / С.О. Змій // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – Харків: УкрДАЗТ, 2014. – № 4 (додаток). – С. 55.

Змій С.О. Підвищення безпеки руху поїздів шляхом удосконалення засобів електричної сигналізації. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту. – Український державний університет залізничного транспорту МОН України, Харків, 2016.

Дисертація присвячена підвищенню безпеки руху поїздів шляхом удосконалення засобів електричної сигналізації.

Результати дослідження умов руху поїздів, виконання робіт на коліях залізничних станцій та моделювання дій чергового по станції надали можливість визначити, що існуючі методи і засоби забезпечення руху поїздів при виконанні робіт на коліях станцій потребують удосконалення. З метою підвищення безпеки руху поїздів шляхом удосконалення засобів електричної сигналізації розроблено метод оповіщення засобами електричної сигналізації, удосконалено математичну модель колійного розвитку станції. Крім того, знайшли подальший розвиток методи визначення забезпеченої зони руху поїздів, що дають можливість підвищити безпеку руху поїздів шляхом усунення невизначеності своєчасності оповіщення причетних до забезпечення руху поїздів на залізничних станціях, а також принципи побудови засобів електричної сигналізації, що дають можливість визначити варіанти реалізації в залежності від співвідношень між процесами оброблення і передачі даних та реалізації функцій.

Ключові слова: безпека руху поїздів, засоби електричної сигналізації, виконання робіт на коліях, залізничні станції, математична модель.

АННОТАЦІЯ

Змій С.А. Повышение безопасности движения поездов путем усовершенствования средств электрической сигнализации. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.20 – эксплуатация и ремонт средств транспорта. – Украинский государственный университет железнодорожного транспорта МОН Украины, Харьков, 2016.

Диссертация посвящена повышению безопасности движения поездов путем усовершенствования средств электрической сигнализации.

В работе выполнен анализ состояния безопасности движения поездов. Результаты исследования условий движения поездов, особенностей выполнения работ на путях железнодорожных станций и моделирования действий дежурного по станции дали возможность установить, что существующие методы и средства повышения безопасности движения поездов при выполнении работ на путях станций требуют усовершенствования. Кроме того, результаты математического моделирования позволяют определить вероятность своевременного выполнения операции по оповещению причастных к обеспечению безопасности движения поездов. Исследованы влияния психофизиологического состояния дежурного по станции и количества одновременно работающих бригад на станции на вероятность своевременного выполнения операции по оповещению. Установлено, что дежурный по станции при идеальных условиях способен своевременно и с заданной

вероятностью оповестить не более двух одновременно работающих бригад. С целью повышения безопасности движения поездов в диссертационной работе разработано метод оповещения причастных к повышению безопасности движения поездов при выполнении работ на путях железнодорожных станций, учитывающий местонахождение, скорость и ускорение движения поезда, маршрут его движения, тип инструмента и оборудования, используемого при выполнении работ на путях, местонахождение зоны производства работ, приоритет передачи оповещения и прочее. Теоретически обосновано необходимость использования отдельного канала для передачи информации для бригад работников на путях, дежурному по станции, локомотивным бригадам и другим работникам. Показано, что использование результатов математического моделирования путевого развития станции с применением смешанного взвешенного графа, как в существующих, так и в разрабатываемых средствах электрической сигнализации позволяют повысить безопасность движения поездов за счет проверки условий безопасности с учетом наличия работ на маршруте или в опасной близости для каждого элемента путевого развития. Кроме того, усовершенствовано метод определения безопасной зоны движения поездов, который основано на анализе взаимного геометрического положения элементов путевого развития станции и позволяет устранить неопределенность своевременного оповещения причастных к обеспечению движения поездов при производстве работ. Теоретически обоснованы принципы построения средств электрической сигнализации, которые основаны на системном подходе и позволяют определить варианты их структурной и функциональной реализации в зависимости от соотношения между процессами обработки, передачи данных и реализации функций.

Ключевые слова: безопасность движения поездов, средства электрической сигнализации, выполнение работ на путях, железнодорожные станции, математическая модель.

THE SUMMARY

Zmii S.O. Improving traffic safety by improving means of electrical signaling. – Manuscript.

Dissertation for scientific degree of PhD (Candidate of Technical Sciences) in 05.22.20 specialty — Maintenance and operations of transportation means. — Ukrainian State University of Railway Transport, Ministry of Education and Science of Ukraine , Ministry of Education and Science of Ukraine, Kharkiv, 2016.

The thesis is devoted to the problem increase traffic safety by improving means of electrical signaling.

Results of the study conditions of trains, works on the tracks of railway stations and modeling operations duty stations had to determine that the existing methods and means of securing trains during the work on the tracks of stations should be improved. In order to improve traffic safety developed: the method of notification by means of electrical signaling, mathematical models of electric vehicles signaling improved mathematical model of railroad station. In addition were further developed methods for determining the Indemnified zones trains, which provide the opportunity to increase traffic safety by

removing uncertainty timely notification involved in the provision of trains at railway stations, as well as the principles of the vehicles electrical signaling, enabling to identify options for implementation depending on relationships between processes and data processing and sales functions.

Keywords: traffic safety, means of electrical signaling, works on the tracks, railway stations, mathematical model.

Змій Сергій Олексійович

656.25: 625.17

**ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ РУХУ ПОЇЗДІВ ШЛЯХОМ
УДОСКОНАЛЕННЯ ЗАСОБІВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ**

05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом автора

Відповідальний за випуск

Сіроклин І.М.

Підписано до друку 10 лютого 2016 р.
Формат паперу 60x84 1/16. Папір для множних апаратів.
Умовн.-друк.арк. 0,9. Обл.-вид. арк. 1,1.
Замовлення № 8. Тираж 120 прим.
