

Міністерство освіти і науки України

Українська державна академія залізничного транспорту

БАНТЮКОВА СВІТЛАНА ОЛЕКСАНДРІВНА

УДК 656.212.5:656.25

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СОРТУВАЛЬНИХ
ГРОК З УРАХУВАННЯМ БЕЗПЕКИ ЇХ ВИКОРИСТАННЯ**

05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2014

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Українській державній академії залізничного транспорту на кафедрі залізничних станцій та вузлів, Міністерство освіти і науки України

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Огар Олександр Миколайович,
Українська державна академія залізничного транспорту,
кафедра залізничних станцій та вузлів,
завідувач кафедри

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Козаченко Дмитро Миколайович,
Дніпропетровський національний університет залізничного
транспорту імені академіка В. Лазаряна, кафедра управління
експлуатаційною роботою,
завідувач кафедри

кандидат технічних наук, доцент
Мацюк Вячеслав Іванович,
Державний економіко-технологічний університет
транспорту, кафедра управління процесами перевезень,
доцент кафедри

Захист відбудеться «___» _____ 2014 р. о ___ год на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.820.04 в Українській державній академії залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Української державної академії залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7.

Автореферат розіслано «___» _____ 2014 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради

А.В. Прохорченко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Розвиток економіки України багато в чому визначається чіткою та злагодженою роботою залізничного транспорту. З метою забезпечення умов, необхідних для розвитку національної транспортної системи та вдосконалення державного регулювання транспортним комплексом України визначені основні завдання залізничного транспорту, одне з яких – повне задоволення народного господарства та населення держави в перевезеннях. Успішне вирішення цього завдання значною мірою залежить від забезпечення безпеки перевізного процесу, однією з основних складових частин якого є процес розформування – формування составів на сортувальних гірках.

У зв'язку із специфікою та інтенсивністю роботи сортувальних гірок на них відбувається істотно більше порушень безпеки функціонування, ніж на інших об'єктах транспортного процесу.

Існує необхідність більш широкого застосування сучасних методів дослідження для вивчення впливу несприятливих факторів, розроблення оптимальних критеріїв оцінки рівня безпеки функціонування сортувальної гірки для підвищення якості процесу залізничних перевезень. Увагу необхідно приділяти створенню системи управління безпекою сортувального процесу, що передбачає оптимальний рівень ризику виникнення ситуацій, що загрожують життю людей і схоронності вантажів, при одночасному забезпеченні експлуатаційної ефективності, прийнятних часових і вартісних витрат на перевезення.

Ця робота присвячена питанням підвищення ефективності експлуатації сортувальних гірок з урахуванням безпеки їх використання на основі формування рекомендованих параметрів управління сортувальним процесом, оцінки ризиків порушення безпеки функціонування та вироблення управляючих впливів на керовану систему, зменшення впливу людського фактора.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертація виконувалася у відповідності до Концепції Державної програми реформування залізничного транспорту (Розпорядження Кабінету Міністрів України від 27 грудня 2006 р. №651-р), Державної цільової програми реформування залізничного транспорту на 2010-2019 роки (Постанова Кабінету Міністрів України від 16 грудня 2009 р. №1390), Транспортної стратегії України на період до 2020 року (Розпорядження Кабінету Міністрів України від 20 жовтня 2010 р. №2174-р), Стратегії розвитку залізничного транспорту на період до 2020 року (Розпорядження Кабінету Міністрів України від 16 грудня 2009 р. № 1555-р), Концепції розвитку транспортно-дорожнього комплексу України на середньостроковий період та до 2020 року. Напрямок досліджень відповідає також темі науково-дослідної роботи, у якій автор брав безпосередню участь як виконавець: «Розробка пропозицій по удосконаленню верхнього рівня мікропроцесорної системи гіркової автоматичної централізації (МП ГАЦ) (держ. реєстр. № 0107U007061).

Мета і задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є вирішення науково–прикладного завдання підвищення ефективності експлуатації сортувальних гірок з урахуванням безпеки розформування составів на основі обліку випадкових факторів, що впливають на сортувальний процес.

Поставлена мета визначила такі **основні задачі** дослідження:

- проведення аналізу існуючої теорії безпеки транспортних систем, існуючих методів оцінки рівня безпеки руху та управління ризиками на сортувальній гірці, виділення їх недоліків та обмежень;

- формування наукового підходу до управління сортувальним процесом на основі математичної моделі управління безпекою розформування составів на гірках з урахуванням мінімізації ризиків, що можуть бути на сортувальній гірці;

- розроблення методу визначення рекомендованих параметрів керування вагонними уповільнювачами для ефективного управління безпекою розформування составів на гірках;

- розроблення процедури вироблення управляючих впливів на керовану систему, яка дасть змогу оцінювати та прогнозувати ризик виникнення порушень безпеки при реалізації технологічного процесу розформування–формування составів на сортувальних коліях та визначати цілеспрямовані управляючі впливи на керовану систему;

- удосконалення ергатичної системи управління безпекою функціонування сортувальної гірки, яка дасть змогу підвищити ефективність роботи оперативного персоналу.

Об'єкт дослідження – сортувальний процес вагонопотоків на залізницях.

Предмет дослідження – безпека функціонування сортувальних гірок.

Методи дослідження. Дослідження проводились із застосуванням таких методів: системного аналізу та дослідження операцій при формуванні системного підходу до управління безпекою функціонування сортувального процесу, методи логіко–ймовірнісної теорії безпеки та алгебри логіки для побудови логіко–ймовірнісної моделі ризику виникнення порушення безпеки функціонування, теорія алгоритмів при розробленні інформаційно–логічної структури управління ризиками в системі сортувальної гірки та вдосконаленні способу професійного відбору операторів, елементи цифрової електроніки при вдосконаленні пристрою для навчання та оцінювання роботи операторів.

Наукова новизна одержаних результатів. У дисертаційній роботі вирішено завдання підвищення ефективності експлуатації сортувальних гірок з урахуванням безпеки їх використання на основі формування рекомендованих параметрів управління сортувальним процесом, оцінки ризиків виникнення порушень безпеки функціонування та вироблення управляючих впливів на керовану систему, зменшення впливу людського фактора.

Вперше:

- запропоновано науковий підхід до управління сортувальним процесом на основі математичної моделі управління безпекою розформування составів на гірках. На відміну від існуючих моделей раціональне управління безпекою розформування

составів визначається за умовою мінімізації ризиків, що можуть бути на сортувальній гірці. При цьому значною мірою враховується вплив людського фактора на сортувальний процес;

– розроблено метод визначення рекомендованих параметрів керування вагонними уповільнювачами на основі математичної моделі, у якій рекомендовані параметри керування вагонними уповільнювачами визначаються за критерієм мінімуму суми кількостей нагонів кожного відчепа на спускній частині гірки, перевищення кожним відчепом допустимої швидкості входу на уповільнювачі гальмових позицій та перевищення кожним відчепом допустимої швидкості співударяння з відчепами, що перебувають у сортувальному парку;

– розроблено процедуру вироблення управляючих впливів на керовану систему на основі сценарної логіко-ймовірнісної моделі ризику виникнення порушень безпеки функціонування сортувальної гірки, яка на відміну від існуючих моделей ураховує логічний зв'язок можливих небезпечних ситуацій на різних ділянках маршруту скочування відчепів і дає змогу обчислити прогнозовану ймовірність виникнення порушень безпеки функціонування сортувальної гірки.

Удосконалено:

– ергатичну систему управління безпекою функціонування сортувальної гірки. На відміну від відомих систем підвищення ефективності роботи оперативного персоналу базується на використанні удосконаленого способу професійного відбору операторів, який реалізовано у пристрої для навчання та оцінювання їх роботи. Цей пристрій дає змогу підвищити достовірність інформації про ефективність роботи операторів та оцінити їх придатність до виконання заданої роботи.

Практичне значення одержаних результатів. Сформований науковий підхід дає змогу комплексно підійти до вирішення задачі підвищення ефективності експлуатації сортувальних гірок. Крім того, вказаний підхід дає можливість корегування параметрів керування в процесі експлуатації сортувальної гірки.

Розроблена процедура управління сортувальним процесом на основі математичної моделі управління безпекою розформування составів на гірках дає змогу мінімізувати ризики, що можуть бути на сортувальній гірці з урахуванням впливу людського фактора на сортувальний процес. Вказана процедура може бути використана для розроблення нових та вдосконалення існуючих автоматизованих систем управління сортувальним процесом.

Запропонований метод визначення рекомендованих параметрів керування вагонними уповільнювачами дає змогу підвищити безпеку технологічного процесу сортувальної гірки.

Розроблена процедура вироблення управляючих впливів на керовану систему на основі сценарної логіко-ймовірнісної моделі ризику виникнення порушень безпеки функціонування сортувальної гірки дає змогу оцінювати та прогнозувати ризик виникнення порушень безпеки функціонування при реалізації технологічного процесу розформування–формування составів та накопичування вагонів на сортувальних коліях. На основі отриманих імовірностей порушень безпеки

функціонування за допомогою розробленої процедури визначаються необхідні цілеспрямовані управляючі впливи на керовану систему.

Удосконалена ергатична система управління безпекою функціонування сортувальної гірки дає змогу зменшити вплив людського фактора, підвищити ефективність та надійність роботи операторів на 4 %, підвищити достовірність інформації про якість роботи оператора та об'єктивність оцінювання його придатності до виконання заданої роботи та є основою створення узагальненої системи підтримки прийняття рішень оперативного персоналу. Отримано патент на корисну модель «Спосіб професійного відбору операторів» та патент на корисну модель «Пристрій для навчання та оцінювання роботи операторів».

Особистий внесок здобувача. Наукові положення, результати досліджень, висновки та рекомендації, що сформовані в дисертації і є предметом захисту, одержані автором самостійно. У публікаціях, написаних у співавторстві, авторові належать: аналіз якісних показників та методів оцінки рівня безпеки руху в транспортних системах [2]; розроблення класифікації операційних ризиків та загальної схеми етапів процесу управління ризиками [4]; проведення статистичного моделювання роботи підсистеми «вершина гірки – сортувальний парк» на її окремих розрахункових дільницях [7]; статистичний аналіз параметрів метеорологічних умов [8]; розроблення логічних моделей виникнення порушень безпеки функціонування на ділянках колії [9]; алгоритм способу професійного відбору операторів [10]; структурна схема пристрою для навчання та оцінювання роботи операторів [11].

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи доповідались, обговорювались та були ухвалені на таких науково-технічних конференціях та семінарах: IV Міжнародній НПК «Наука і освіта – 2008» (м. Софія, 2008 р.); 21-й Міжнародній НПК «Перспективные компьютерные, управляющие и телекоммуникационные системы для железнодорожного транспорта Украины» (м. Алушта, 2008 р.); 76-й Міжнародній НПК «Развиток наукової та інноваційної діяльності на транспорті» (УкрДАЗТ, м. Харків, 2014 р.); 14-му Міжнародному НТС «Современные проблемы производства и ремонта в промышленности и на транспорте» (м. Сваліява, 2014 р.); V Міжнародній НПК «Інноваційні технології на залізничному транспорті» (м. Лондон, 2014 р.); Всеукраїнській НПК «Інформаційні технології і мехатроніка» (ХНАДУ, м. Харків, 2014 р.); X Міжнародній НПК «Научное пространство Европы – 2014» (м. Przemysl, 2014р.). Повністю дисертаційна робота доповідалася та була позитивно оцінена на розширеному засіданні кафедри електричного транспорту Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова.

Публікації. За темою дисертації опубліковано 18 наукових праць, у тому числі 9 наукових статей (з них 4 без співавторів) у фахових виданнях, затверджених МОН України, з яких 1 включена до міжнародних наукометричних баз, 2 патенти на корисну модель та 7 тез доповідей на наукових конференціях.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Повний обсяг роботи складає 173 сторінки, з яких обсяг основного тексту – 145 сторінок. Робота

ілюстрована 17 рисунками, з яких 5 рисунків на 8 сторінках, наведено 5 таблиць. Список використаних джерел складає 124 найменувань на 14 сторінках, 2 додатки на 6 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність напрямку досліджень, сформульовано мету і задачі досліджень, відображено наукову новизну, практичне значення отриманих результатів і особистий внесок автора, наведено інформацію про апробації і публікації результатів досліджень.

Перший розділ присвячений огляду та аналізу існуючих методів оцінки рівня безпеки руху на залізничному транспорті, управління ризиками в системі залізничних перевезень і на сортувальній станції зокрема, впливу людського фактора на безпеку функціонування технічних систем.

Одним з важливих об'єктів транспортного процесу є сортувальна гірка, що забезпечує процес розформування–формування залізничних составів. У зв'язку із специфікою та інтенсивністю роботи сортувальної гірки на ній відбувається істотно більше порушень безпеки функціонування, ніж на інших об'єктах транспортного процесу.

Перерва в русі призводить до відхилення частини вантажопотоку на інші напрямки і, можливо, з більш високою собівартістю, порушує строки доставки вантажів споживачам, призводить до втрат навантажувальних ресурсів транспорту і, отже, до втрат доходів.

Особливістю управління процесом розформування–формування составів на більшості сортувальних гірок країн СНД є надмірна експлуатація «людського фактора». При цьому сам оператор гальмової позиції не завжди достатньо повно може оцінити ситуацію за короткий проміжок часу та сформувати ефективні й безпечні параметри керування. Це накладає суттєвий відбиток на рівень безпеки сортувального процесу.

Дотепер не проводилися системні дослідження причин порушення безпеки функціонування сортувальних гірок та питань забезпечення необхідного рівня безпеки. Як показує аналіз основних аспектів теорії безпеки транспортних систем, основними заходами для підвищення безпеки функціонування сортувальної гірки повинні бути виявлення, оцінка і мінімізація ризиків, що забезпечать досягнення величини ризиків у певних межах та більш глибокий облік та управління людським фактором.

У розвиток і вирішення питань безпеки руху на залізничному транспорті взагалі і на сортувальних гірках зокрема зробили вагомий внесок такі вчені та практики: В.М. Акулінічев, М.М. Бабаєв, В.І. Бобровський, А.Б. Бойнік, Т.В. Бутько, М.І. Данько, О.М. Долаберідзе, І.В. Жуковицький, Г. І. Загарій, Д.М. Козаченко, Б.О. Кривошей, В.А. Лазарян, В.М. Лисенков, Д.В. Ломотько, В.К. Мироненко, М.К. Модін, В.І. Мойсеєнко, Ю.А. Муха, Є.В. Нагорний, В.Я. Негрей, О.М. Огар, В.М. Самсонкін та ін.

Застосування поняття ризику дає змогу переводити небезпеку в розряд вимірюваних категорій. Виникнення небезпечних ситуацій є результатом прояву певної сукупності факторів ризику, породжуваних тими або іншими джерелами, обставинами, умовами.

Існуючі методи та моделі управління ризиками, оцінки рівня безпеки функціонування сортувальних гірок не надають достатніх можливостей для суттєвого підвищення рівня безпеки.

Тому виникає актуальна науково-прикладна задача підвищення ефективності експлуатації сортувальних гірок шляхом управління безпекою їх використання на основі формування рекомендованих параметрів управління сортувальним процесом, оцінки ризиків та оптимізації людського фактора.

У другому розділі обґрунтовано вибір напрямку досліджень, сформовано науковий підхід до управління безпекою розформування составів на гірках, розроблено процедуру управління сортувальним процесом та метод визначення рекомендованих параметрів керування вагонними уповільнювачами.

У зв'язку з відсутністю однозначного розуміння змісту процесу управління ризиками та єдиних методичних підходів до формування системи управління ризиками, на основі аналізу існуючої інформації сформовано поняття системи управління ризиками на сортувальній гірці. Система управління ризиками на сортувальній гірці являє собою інтегровану систему, яка входить у загальну систему управління сортувальною гіркою, що включає організаційні, методичні, інформаційні засоби, які спрямовані на виявлення, оцінку, попередження можливих ризиків, мінімізацію негативних наслідків та недопущення повторних інцидентів ризиків або досягнення величини ризиків у визначених межах.

Функціонування перспективної системи управління ризиками на сортувальній гірці може відбуватися згідно із запропонованою інформаційно-логічною структурою, що забезпечує підтримку та виконання основних дій, спрямованих на виявлення, оцінку та управління ризиками (рисунок 1).

Раціональне управління безпекою розформування составів пропонується визначати за умовою мінімізації ризиків R , що можуть бути на сортувальній гірці. При цьому вказані ризики доцільно подати як суму двох складових – ризиків, пов'язаних з неправильними діями оперативного персоналу R_{OP} , і можливих ризиків з інших причин R_{III} .

Цільову функцію можна записати у такому аналітичному вигляді:

$$\begin{aligned}
 R &= R_{OP} + R_{III} = \\
 &= C_{ЛНС} \cdot (P_{OP}(U_{PII}^{OP}(N_{BKC}^{OP}), t_{np}^{HC}(N_{BKC}^{OP}), U_{PII}^{OP}(N_{BKC}^{OP}))) + P_{III}(N_{BKC}^{CC})) = \\
 &= \frac{C_{ЛНС}}{n_{відч}} \cdot (n_{відч}^{OP}(U_{PII}^{OP}(N_{BKC}^{OP}), t_{np}^{HC}(N_{BKC}^{OP}), U_{PII}^{OP}(N_{BKC}^{OP}))) + n_{відч}^{III}(N_{BKC}^{CC})) \rightarrow R_{дон.},
 \end{aligned}$$

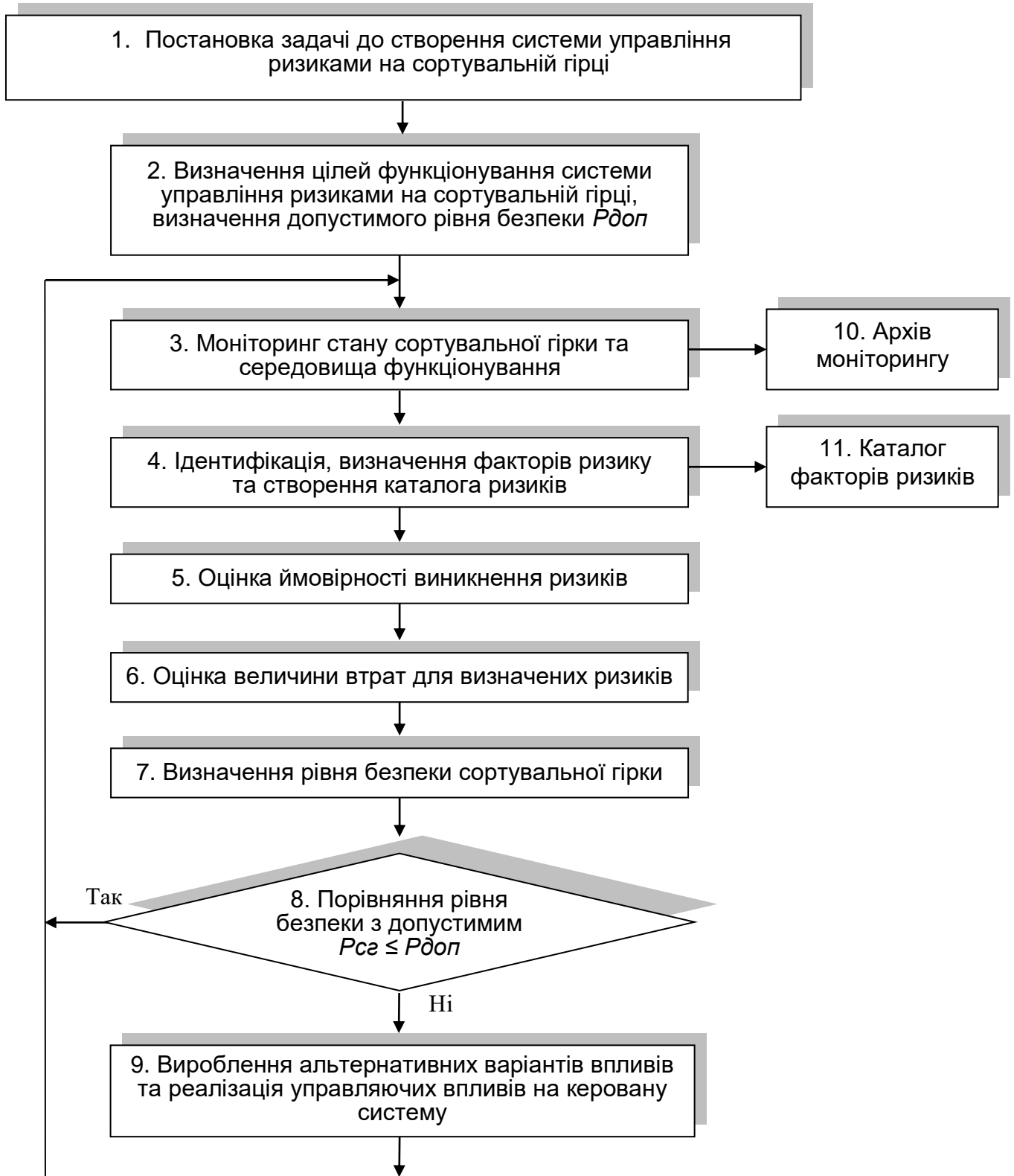


Рисунок 1 – Інформаційно-логічна структура управління ризиками на сортувальній гірці

де $C_{ЛНС}$ – середня вартість ліквідації наслідків виникнення небезпечної ситуації, грн;

$P_{ОП}$ – імовірність виникнення небезпечної ситуації через неправильні дії оперативного персоналу;

$U_{РПГ}^{ОП}$ – рівень реалізації рекомендованих параметрів гальмування оперативним персоналом гірки;

$t_{np}^{НС}$ – швидкість прийняття оперативним персоналом правильних рішень у нестандартних ситуаціях, с;

$U_{ПП}^{ОП}$ – рівень професійної підготовки оперативного персоналу;

$N_{ВКС}^{ОП}$ – номер впливу керівництва станції на ефективність дій оперативного персоналу;

$P_{ПП}$ – імовірність виникнення небезпечної ситуації з інших причин;

$N_{ВКС}^{СС}$ – номер впливу керівництва станції на ефективність дій суміжних служб (ПЧ, ШЧ, ВЧ, ЕЧ);

$n_{відч.}^{ОП}$ – число відчепів, регулювання швидкості скочування яких призвело до порушення безпеки технологічного процесу сортувальної гірки;

$n_{відч.}$ – загальне число перероблених відчепів;

$R_{доп.}$ – допустимий рівень ризиків, що можуть бути на сортувальній гірці, грн.

Задача визначення оптимального управління безпекою розформування составів розв'язується за таких обмежень:

$$\begin{cases} I \leq N_{ВКС}^{ОП} \leq N_{ВКС}^{ОП \max}; \\ I \leq N_{ВКС}^{СС} \leq N_{ВКС}^{СС \max}, \end{cases}$$

де $N_{ВКС}^{ОП \max}$, $N_{ВКС}^{СС \max}$ – максимально можливі номери впливів керівництва станції на ефективність дій відповідно оперативного персоналу і суміжних служб.

Найбільш вузьким місцем на сортувальних гірках з точки зору безпеки їх функціонування є процес забезпечення достатніх інтервалів на розділових елементах між відчепами, що скочуються з гірки, допустимих швидкостей входу відчепів на уповільнювачі гальмових позицій, допустимого гальмівного зусилля на колісні пари вагонів і допустимих швидкостей співударяння відчепів на підгіркових коліях. Традиційно головними параметрами управління сортувальним процесом вважаються ступінь і тривалість гальмування відчепів на гальмових позиціях гірки. Розв'язком задачі формування безпечних параметрів керування є множина їх значень.

Рекомендовані параметри керування вагонними уповільнювачами можуть бути визначені за критерієм мінімуму суми кількостей нагонів кожного відчепа на спускній частині гірки, перевищення кожним відчепом допустимої швидкості входу на уповільнювачі гальмових позицій та перевищення кожним відчепом допустимої швидкості співударяння з відчепами, що перебувають у сортувальному парку.

Цільову функцію можна подати у такому вигляді:

$$\begin{aligned} & \sum_{\substack{i \in I, \\ j \in J}} N_{n_{ij}} \left(Z_{z.1 \text{ yn.ij}}, \dots, Z_{z.n \text{ yn.ij}}, t_{z.1 \text{ yn.ij}}, \dots, t_{z.n \text{ yn.ij}}, \omega_{o.1 \text{ ваг.}j}^*, \dots, \omega_{o.k \text{ ваг.}j}^* \right) + \\ & + \sum_{\substack{i \in I, \\ j \in J}} N_{\text{вх.}j} \left(Z_{z.1 \text{ yn.ij}}, \dots, Z_{z.n \text{ yn.ij}}, t_{z.1 \text{ yn.ij}}, \dots, t_{z.n \text{ yn.ij}}, \omega_{o.1 \text{ ваг.}j}^*, \dots, \omega_{o.k \text{ ваг.}j}^* \right) + \\ & + \sum_{j \in J} N_{c_j} \left(Z_{z.ПГП_j}, t_{z.ПГП_j}, \omega_{o.1 \text{ ваг.}j}^*, \dots, \omega_{o.k \text{ ваг.}j}^* \right) \rightarrow \min, \end{aligned}$$

де $N_{n_{ij}}$ – кількість нагонів j -го відчепу $(j+1)$ -м відчепом на i -й підсистемі «зона регулювання – зона вільного скочування» («ЗР–ЗВС»);

$Z_{z.1 \text{ yn.ij}}, \dots, Z_{z.n \text{ yn.ij}}, t_{z.1 \text{ yn.ij}}, \dots, t_{z.n \text{ yn.ij}}$ – відповідно ступені і тривалості гальмування j -го відчепу на 1-му, ..., n -му уповільнювачі i -ї підсистеми «ЗР–ЗВС»;

$\omega_{o.1 \text{ ваг.}j}^*, \dots, \omega_{o.k \text{ ваг.}j}^*$ – випадкове значення основного питомого опору 1-го, ..., k -го вагона j -го відчепу, Н/кН. Випадкові значення основного питомого опору підпорядковуються гамма-розподілу з різними параметрами α і β ;

$N_{\text{вх.}j}$ – кількість випадків перевищення j -м відчепом допустимої швидкості входу на уповільнювачі $(i+1)$ -ї підсистеми «ЗР–ЗВС»;

N_{c_j} – кількість випадків перевищення j -м відчепом допустимої швидкості співударяння з відчепами, що перебувають у сортувальному парку (у третій підсистемі «ЗР–ЗВС»);

$Z_{z.ПГП_j}, t_{z.ПГП_j}$ – відповідно ступені і тривалості гальмування j -го відчепу на парковій гальмовій позиції (ПГП).

Задача вирішується при таких обмеженнях:

$$\begin{cases} 0 \leq Z_{z.1 \text{ yn.ij}} \leq Z_{z.}^{\max}, \dots, 0 \leq Z_{z.n \text{ yn.ij}} \leq Z_{z.}^{\max}; \\ 0 \leq t_{z.1 \text{ yn.ij}} \leq t_{z.}^{\max}, \dots, 0 \leq t_{z.n \text{ yn.ij}} \leq t_{z.}^{\max}; \\ 0 \leq Z_{z.ПГП_j} \leq Z_{z.ПГП}^{\max}, 0 \leq t_{z.ПГП_j} \leq t_{z.ПГП}^{\max}; \\ F(\omega_o) = \frac{\beta^\alpha}{\Gamma(\alpha)} \cdot \int_0^{\omega_o} \exp(-\beta \cdot \omega_o) \cdot \omega_o^{\alpha-1} \cdot d\omega_o, \end{cases}$$

де $Z_{z.}^{\max}, t_{z.}^{\max}$ – відповідно максимально можливі ступені і тривалість гальмування відчепів у першій і другій підсистемах «ЗР–ЗВС»;

$Z_{z.ПГП}^{\max}, t_{z.ПГП}^{\max}$ – відповідно максимально можливі ступені і тривалість гальмування відчепів на ПГП.

Третій розділ присвячений розробленню процедури вироблення управляючих впливів на керовану систему на основі сценарної логіко-ймовірнісної моделі ризику виникнення порушень безпеки функціонування сортувальної гірки для кількісної оцінки рівня безпеки. Основою є використання логіко-ймовірнісного методу, математична сутність якого полягає у використанні функцій алгебри логіки для

аналітичного запису умов виникнення небезпечної ситуації та у розробленні способів переходу від функцій алгебри логіки до ймовірнісних функцій, що об'єктивно відображають ступінь небезпеки.

Відомо, що основними порушеннями безпеки функціонування (ПБФ) на сортувальних гірках є схід і пошкодження рухомого складу на маршруті розформування–формування состава.

Основними причинами, що призводять до виникнення ПБФ, є відмови елементів ділянок колії, що входять у маршрут розформування–формування состава, елементів обладнання, розташованого на цих ділянках, – стрілок, гальмових позицій, помилки персоналу та обладнання, які створюють небезпечну ситуацію на конкретній ділянці колії.

Для розроблення логіко-ймовірнісної моделі ризику виникнення порушень безпеки використано схему сортувальної гірки, яка зображена на рисунку 2.

Усі ділянки колії станції залежно від розташованого на них обладнання або від виконуваних на них робіт можна підрозділити на 4 види:

- 1 – ділянки без обладнання і певних видів робіт – прості ділянки;
- 2 – ділянки колії зі стрілкою;
- 3 – ділянки колії з гальмовими позиціями;
- 4 – сортувальні колії, на яких виконуються певні види робіт, наприклад, маневрові з формування состава.

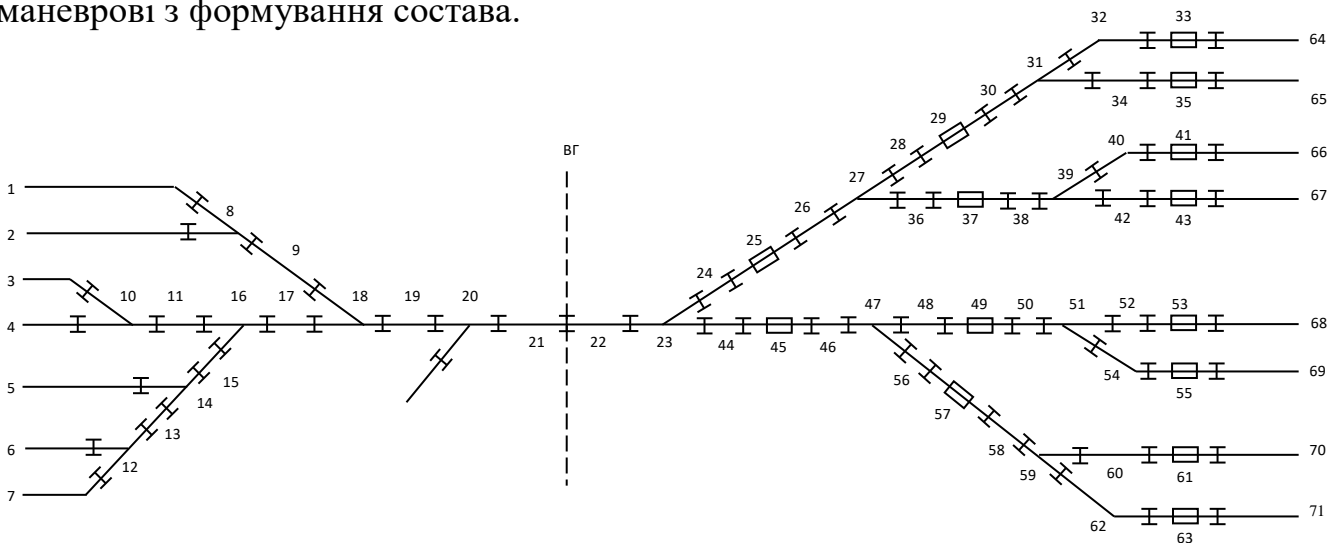


Рисунок 2 – Схема сортувальної гірки

Для визначення можливості (ризик) виникнення ПБФ на маршруті розформування–формування состава розглянуто основні відмови і помилки на ділянках колії кожного виду, складено сценарії виникнення небезпечної ситуації у вигляді словесного опису, на основі яких сформовано логічні моделі виникнення небезпечної ситуації на окремих об'єктах гірки та логічну модель виникнення ПБФ при виконанні маршруту. За логічною моделлю маршруту визначено ймовірність – ризик виникнення ПБФ на маршруті розформування–формування состава.

Логічну модель виникнення ПБФ на ділянці колії першого виду можна подати такою структурою:

$$X_1 = (x_1 \vee x_2 \vee x_3) \wedge x_4,$$

де X_i – логічна модель виникнення ПБФ на ділянці колії;
 i – порядковий номер виду ділянки колії, для якої складається модель;
 x_j – множина причин виникнення ПБФ;
 j – порядковий номер логічної змінної.

Кожній n -й ділянці колії станції можна поставити у відповідність логічну модель виникнення ПБФ – X^n , що відповідає виду, до якого належить ділянка, так, наприклад:

– логічна модель ділянки 1, що належить до першого виду:

$$X^1 = (x_1^1 \vee x_2^1 \vee x_3^1) \wedge x_4^1;$$

– логічна модель ділянки 8, що належить до другого виду:

$$X^8 = (x_1^8 \vee x_2^8 \vee x_3^8 \vee x_5^8) \wedge x_4^8;$$

– логічна модель ділянки 25, що належить до третього виду:

$$X^{25} = (x_1^{25} \vee x_2^{25} \vee x_3^{25}) \wedge x_4^{25} \vee (x_6^{25} \vee x_7^{25}) \wedge x_8^{25} \vee x_9^{25} \wedge x_{10}^{25} \vee x_{11}^{25} \vee x_{12}^{25} \vee x_{13}^{25};$$

– логічна модель сортувальної колії 64, що належить до четвертого виду :

$$X^{64} = (x_1^{64} \vee x_2^{64} \vee x_3^{64}) \wedge x_4^{64} \vee (x_{14}^{64} \wedge x_{15}^{64}) \vee x_{16}^{64}.$$

Аналогічно формуються логічні моделі інших ділянок колії станції.

Логічну модель виникнення ПБФ на маршрутах насуву состава X_H^4 можна подати такою структурою:

$$X_H^4 = X_1^4 \vee X_2^{10} \vee X_1^{11} \vee X_2^{16} \vee X_1^{17} \vee X_2^{18} \vee X_1^{19} \vee X_2^{20} \vee X_1^{21} \vee X_2^{22} \vee X_1^{23} = \bigcup_{n(H4)} X^n.$$

Логічну модель виникнення ПБФ на всіх маршрутах розпуску состава X_P^Σ можна подати такою структурою:

$$\begin{aligned} X_P^\Sigma = X_P^{66} \vee X_P^{67} \vee X_P^{68} \vee X_P^{71} = & X_1^{24} \vee X_3^{25} \vee X_1^{26} \vee X_2^{27} \vee X_1^{36} \vee X_3^{37} \vee X_1^{38} \vee X_2^{39} \vee \\ & \vee X_1^{40} \vee X_3^{41} \vee X_1^{24} \vee X_3^{25} \vee X_1^{26} \vee X_2^{27} \vee X_1^{36} \vee X_3^{37} \vee X_1^{38} \vee X_2^{39} \vee X_1^{42} \vee X_3^{43} \vee X_1^{44} \vee \\ & \vee X_3^{45} \vee X_1^{46} \vee X_2^{47} \vee X_1^{48} \vee X_3^{49} \vee X_1^{50} \vee X_2^{51} \vee X_1^{52} \vee X_3^{53} \vee X_1^{44} \vee X_3^{45} \vee X_1^{46} \vee X_2^{47} \vee X_1^{56} \vee X_3^{57} \\ & \vee X_1^{58} \vee X_2^{59} \vee X_1^{62} \vee X_3^{63} = X_1^{24} \vee X_3^{25} \vee X_1^{26} \vee X_2^{27} \vee X_1^{36} \vee X_3^{37} \vee X_1^{38} \vee X_2^{39} \vee \\ & \vee X_1^{40} \vee X_3^{41} \vee X_1^{42} \vee X_3^{43} \vee X_1^{44} \vee X_3^{45} \vee X_1^{46} \vee X_2^{47} \vee X_1^{48} \vee X_3^{49} \vee X_1^{50} \vee X_2^{51} \vee X_1^{52} \vee \\ & \vee X_3^{53} \vee X_1^{56} \vee X_3^{57} \vee X_1^{58} \vee X_2^{59} \vee X_1^{62} \vee X_3^{63} = \bigcup_{n(\Sigma P)} X^n. \end{aligned}$$

Логічну модель виникнення ПБФ при маневрових роботах X_{MP} можна подати такою структурою:

$$X_{MP} = X_4^{66} \vee X_4^{67} \vee X_4^{68} \vee X_4^{71} = \bigcup_{n(\Sigma MP)} X^n.$$

Тоді логічну модель виникнення ПБФ на маршруті розформування–формування состава X_M можна подати такою структурою:

$$X_M = X_H^4 \vee X_P^\Sigma \vee X_{MP} = \bigcup_{n(H4)} X^n \vee \bigcup_{n(\Sigma P)} X^n \vee \bigcup_{n(\Sigma MP)} X^n = \bigcup_{n(4-66,67,68,71)} X^n.$$

Після подання логічних моделей у вигляді функцій алгебри логіки (ФАЛ) у базисі кон'юнкція–заперечення, які є формами переходу до заміщення (ФПЗ) і переходу від отриманих ФПЗ до відповідних імовірнісних функцій, отримаємо ймовірності виникнення ПБФ на маршруті розформування–формування состава.

Імовірність виникнення ПБФ на підмаршруті насуву

$$P(X_H^4) = 1 - (Q^4 Q^{10} Q^{11} Q^{16} Q^{17} Q^{18} Q^{19} Q^{20} Q^{21} Q^{22} Q^{23}).$$

Імовірність виникнення ПБФ на підмаршруті розпуску:

$$P(X_P^{33}) = 1 - (Q^{24} Q^{25} Q^{26} Q^{27} Q^{28} Q^{29} Q^{30} Q^{31} Q^{32} Q^{33});$$

$$P(X_P^{35}) = 1 - (Q^{24} Q^{25} Q^{26} Q^{27} Q^{28} Q^{29} Q^{30} Q^{31} Q^{34} Q^{35});$$

$$P(X_P^{41}) = 1 - (Q^{24} Q^{25} Q^{26} Q^{27} Q^{36} Q^{37} Q^{38} Q^{39} Q^{40} Q^{41});$$

$$P(X_P^{43}) = 1 - (Q^{24} Q^{25} Q^{26} Q^{27} Q^{36} Q^{37} Q^{38} Q^{39} Q^{42} Q^{43});$$

$$P(X_P^{53}) = 1 - (Q^{44} Q^{45} Q^{46} Q^{47} Q^{48} Q^{49} Q^{50} Q^{51} Q^{52} Q^{53});$$

$$P(X_P^{55}) = 1 - (Q^{44} Q^{45} Q^{46} Q^{47} Q^{48} Q^{49} Q^{50} Q^{51} Q^{54} Q^{55});$$

$$P(X_P^{61}) = 1 - (Q^{44} Q^{45} Q^{46} Q^{47} Q^{56} Q^{57} Q^{58} Q^{59} Q^{60} Q^{61});$$

$$P(X_P^{63}) = 1 - (Q^{44} Q^{45} Q^{46} Q^{47} Q^{56} Q^{57} Q^{58} Q^{59} Q^{62} Q^{63}).$$

Імовірність виникнення ПБФ на загальному підмаршруті розпуску состава

$$P(X_P^\Sigma) = 1 - (Q_P^{33} Q_P^{35} Q_P^{41} Q_P^{43} Q_P^{53} Q_P^{55} Q_P^{61} Q_P^{63}).$$

Імовірність виникнення ПБФ на підмаршруті маневрових робіт

$$P(X_{MP}) = 1 - (Q_4^{64} Q_4^{65} Q_4^{66} Q_4^{67} Q_4^{68} Q_4^{69} Q_4^{70} Q_4^{71}).$$

Імовірність виникнення ПБФ на заданому маршруті розформування–формування состава

$$P(X_M) = 1 - (Q_H^4 Q_P^\Sigma Q_{MP}).$$

Отримані логіко-ймовірнісні моделі виникнення ПБФ на маршруті розформування–формування состава перевірено на адекватність. Отримано розбіжність 13 % у порівнянні з традиційними методами розрахунку виникнення ПБФ.

Ключовим та відповідальним етапом в функціонування системи управління ризиками на сортувальній гірці є реалізація управляючих впливів на керовану систему. Основним параметром для визначення необхідних управляючих впливів на керовану систему є отримана ймовірність виникнення ПБФ на маршруті розформування–формування состава. Як орієнтири величин ймовірностей ПБФ P_{c2} ,

у межах яких повинно відбуватися функціонування сортувальної гірки, прийнято, що ризик виникнення ПБФ є прийнятним при $P_{сг} \leq 10^{-6}$, ризик є перехідним при $10^{-6} < P_{сг} < 10^{-3}$, ризик є неприйнятним при $P_{сг} \geq 10^{-3}$. На цій основі розроблено процедуру реалізації управляючих впливів на керовану систему в залежності від імовірності та причини виникнення конкретного ПБФ сортувальної гірки.

У **четвертому розділі** розглядаються питання вдосконалення ергатичної системи управління безпекою функціонування сортувальної гірки за рахунок підвищення надійності безпечної роботи оператора сортувальної гірки. Одними з елементів системи сортувальної гірки є черговий по гірці, оператори гальмових позицій спускної частини, оператори паркової гальмової позиції, тобто в забезпеченні безпеки функціонування сортувальної гірки важливу роль відіграє людський фактор.

Відсутність в оператора належної підготовки може звести до нуля навіть найвищий рівень надійності технічних пристроїв. Ця обставина, а також складна структура систем і комплексів, небезпека виконуваних операцій, втрата працездатності оператора потребують періодичного контролю готовності операторів до виконання поставлених задач.

У результаті проведення досліджень визначено, що надійність виконання оператором дії технологічного процесу за даними його реальної роботи складає 0,865, а загальна надійність виконання оператором дії технологічного процесу за результатами реальної роботи з використанням запропонованих засобів 0,899. Таким чином, надійність виконання оператором дії технологічного процесу при використанні запропонованих засобів виявляється вище на 4 %, ніж надійність оператора, що працює тільки в реальних умовах.

Для підвищення ефективності роботи оператора удосконалено процедуру, що реалізує спосіб професійного відбору операторів (рисунок 3). Запропонована процедура дає можливість визначати психофізіологічні характеристики оператора, наприклад, залежність числа помилок оператора та тривалості часу відповіді від тривалості часу пред'явлення інформації оператору, підвищити достовірність інформації про роботу оператора та об'єктивність оцінювання придатності оператора до виконання заданої роботи.

На основі процедури удосконалено пристрій для навчання та оцінювання роботи операторів, у якому передбачено зміну тривалості інтервалу часу видачі оператору завдання, надання можливості оператору побачити й проаналізувати свої помилки та можливість оцінити роботу оператора за накопиченими протягом заданого часу результатами.

Питання надійності системи «людина-техніка» має економічне значення. Це обумовлено тим, що з підвищенням надійності зменшуються експлуатаційні витрати внаслідок скорочення числа помилок, що допускаються операторами. Запропонований варіант удосконалення ергатичної системи управління безпекою функціонування сортувальної гірки в порівнянні з існуючим варіантом роботи оператора зменшує експлуатаційні витрати на 59,0 тис. грн за рік.

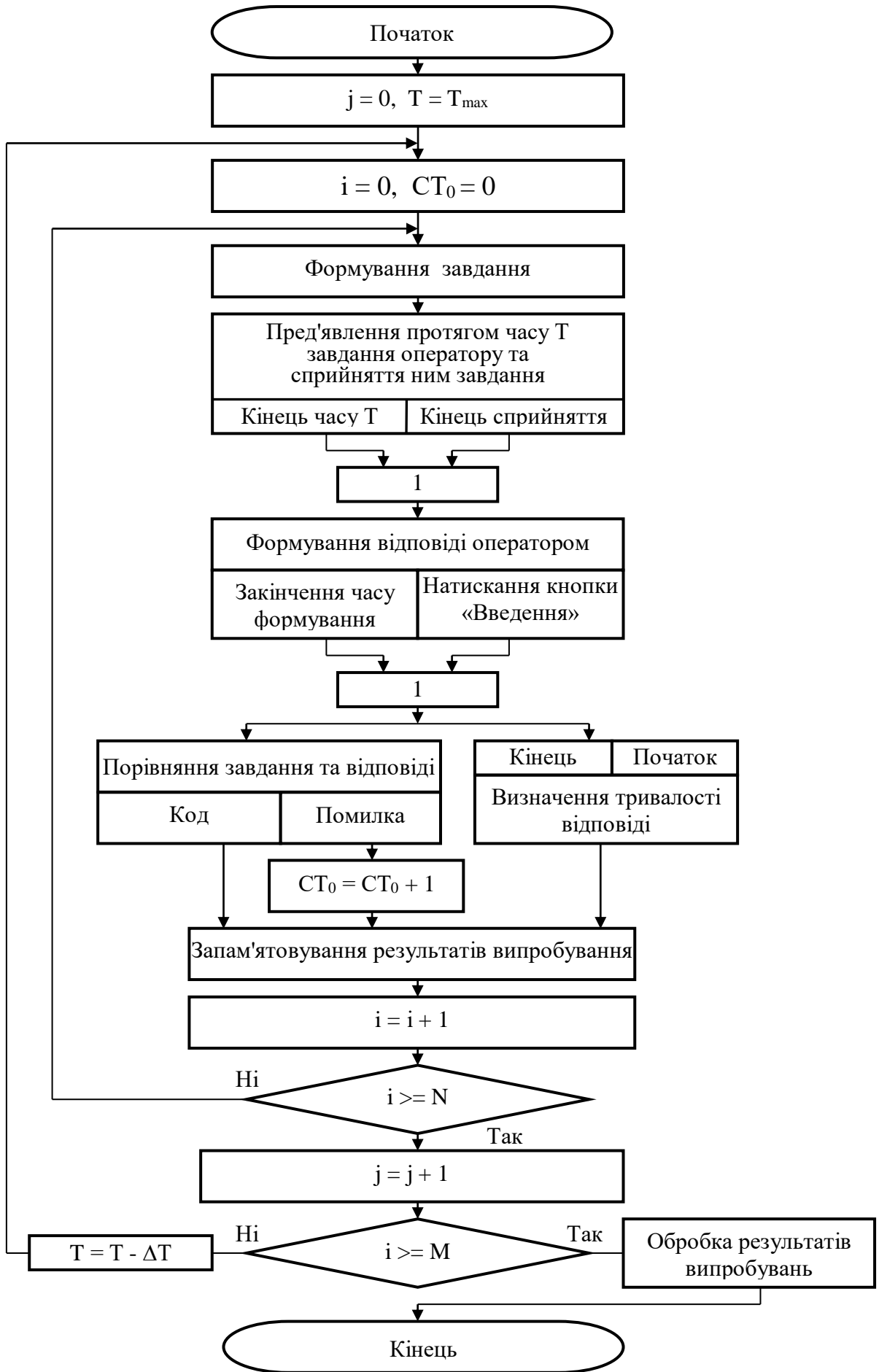


Рисунок 3 – Процедура професійного відбору операторів

ВИСНОВКИ

У дисертації отримано нові рішення питань підвищення ефективності експлуатації сортувальних гірок з урахуванням безпеки їх використання. Запропоновані підходи дають змогу підвищити ефективність експлуатації сортувальних гірок, рівень безпеки та якість сортувального процесу.

Основні наукові результати і висновки дисертації такі:

1. Аналіз теорії безпеки транспортних систем, існуючих методів управління та оцінки рівня безпеки руху та управління ризиками на сортувальній гірці довів, що:

– існуючі підходи до забезпечення безпеки функціонування сортувальної гірки в недостатній мірі враховують сучасні аспекти теорії безпеки транспортних систем, що обмежує можливості оцінки та управління рівнем безпеки сортувального процесу. Тому набувають актуальності питання вдосконалення засобів підвищення ефективності експлуатації сортувальних гірок з урахуванням безпеки їх використання;

– існуючі методи оцінки рівня безпеки руху та функціонування сортувальної гірки мають ряд недоліків: відсутність диференціювання за факторами, причинами, що впливають на безпеку; неможливість розкласти загальну інтегровану ймовірність на складові частини – імовірності причин виникнення порушень; не проводиться кількісна оцінка ризику виникнення порушень безпеки функціонування сортувальної гірки; методи оцінки рівня безпеки носять частковий характер, тобто виконується облік обмеженого числа факторів, що впливають на безпеку руху, через що немає можливості виділити найбільш слабкі ланки в системі забезпечення безпеки руху, раціонально розподіляти ресурси для підвищення безпеки перевезень;

– відсутня загальна математична модель управління безпекою розформування составів на гірках. Управління безпекою проводиться за рахунок урахування та регулювання окремих складових частин технологічного процесу сортувальних станцій. Відсутній чіткий алгоритм моніторингу та управління ризиками, через що немає можливості виконувати цілеспрямовані впливи на причини виникнення порушень безпеки сортувального процесу;

– недостатньо уваги приділяється контролю надійності та стану операторів в ергатичній системі управління безпекою функціонування сортувальної гірки, що призводить до значного впливу людини-оператора на хід сортувального процесу.

2. Запропонована інформаційно-логічна структура управління ризиками на сортувальній гірці, що забезпечує підтримку та виконання основних дій, спрямованих на виявлення, оцінку й управління ризиками. Вказана структура може бути покладена в основу розроблення перспективної системи управління ризиками на сортувальній гірці.

3. Сформовано науковий підхід, який дає змогу підійти до рішення завдання підвищення ефективності експлуатації сортувальної гірки з урахуванням управління безпекою розформування составів та впливу людського фактору. Вказаний підхід дає можливість корегування параметрів керування в процесі експлуатації сортувальної гірки. При цьому:

– розроблено математичну модель управління безпекою розформування составів на гірках, яка дає змогу мінімізувати ризики, що можуть бути на

сортувальній гірці з урахуванням впливу людського фактора на сортувальний процес;

– розроблено метод визначення рекомендованих параметрів керування вагонними уповільнювачами на основі критеріїв ефективного управління безпекою розформування составів на гірці і підгіркових коліях, який значною мірою дає змогу управляти безпекою технологічного процесу сортувальної гірки.

4. Розроблено процедуру вироблення управляючих впливів на керовану систему на основі сценарної логіко-ймовірнісної моделі ризику виникнення порушень безпеки функціонування сортувальної гірки, яка дає змогу оцінювати та прогнозувати ризик виникнення порушень безпеки при реалізації технологічного процесу розформування–формування составів на сортувальних гірках. На основі отриманих імовірностей порушень безпеки функціонування сортувальної гірки визначаються необхідні цілеспрямовані управляючі впливи на керовану систему. Перевірка на адекватність отриманої логіко-ймовірнісної моделі показала розбіжність 13 % у порівнянні з традиційними методами розрахунку ймовірності виникнення порушень безпеки.

5. Удосконалено ергатичну систему управління безпекою функціонування сортувальної гірки, що дає змогу підвищити ефективність та надійність роботи операторів за рахунок підвищення достовірності інформації про якість роботи оператора та об'єктивність оцінювання його придатності до виконання заданої роботи. При цьому:

– проведено дослідження надійності виконання оператором дії технологічного процесу. Зроблено висновок, що надійність виконання оператором дії технологічного процесу при використанні запропонованих засобів виявляється вище на 4 %, ніж надійність оператора, що працює тільки в реальних умовах;

– удосконалено спосіб професійного відбору операторів та пристрій для навчання та оцінювання роботи операторів шляхом розширення функціональних можливостей за рахунок зміни тривалості інтервалу часу видачі оператору завдання, надання можливості оператору побачити і проаналізувати свої помилки та можливості оцінити роботу оператора за накопиченими протягом заданого часу результатами. Отримано патент на корисну модель «Спосіб професійного відбору операторів» та патент на корисну модель «Пристрій для навчання та оцінювання роботи операторів»;

– зроблено техніко-економічну оцінку удосконаленої ергатичної системи управління безпекою функціонування сортувальної гірки. За сукупністю отриманих результатів зроблено висновок, що запропонований варіант вказаної удосконаленої ергатичної системи в порівнянні з існуючим варіантом зменшує експлуатаційні витрати на 59,0 тис. грн за рік.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Основні праці:

1. Бантюкова, С. О. Використання основних принципів теорії безпеки транспортних систем для підвищення рівня безпеки перевезень [Текст] /

С. О. Бантюкова // Коммунальное хозяйство городов: науч.-техн. сб. – К. : Техніка, 2005. – Вып. 63. – С. 306–311.

2. Огар, О. М. Методи оцінки рівня безпеки руху в транспортних системах [Текст] / О. М. Огар, С. О. Бантюкова // Коммунальное хозяйство городов : науч.-техн. сб. – К. : Техніка, 2006. – Вып. 72. – С. 307–313.

3. Бантюкова, С. О. Математична модель безпеки функціонування сортувальної гірки [Текст] / С. О. Бантюкова // Зб. наук. праць. – Х. : УкрДАЗТ, 2007. – Вып. 80. – С. 89–95.

4. Огар, О. М. Управління ризиками в системі «сортувальна гірка» [Текст] / О. М. Огар, С. О. Бантюкова // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2008. – №4. – С. 41–46.

5. Бантюкова, С. О. Імовірнісна модель управління безпекою руху на залізничному транспорті [Текст] / С. О. Бантюкова // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2008. – №3. – С. 28–31.

6. Бантюкова, С. О. Оцінка надійності діяльності оператора у системі «людина-техніка» [Текст] / С. О. Бантюкова // Зб. наук. праць. – Х. : УкрДАЗТ, 2010. – Вып. 113. – С. 51–56.

7. Системний підхід до управління безпекою розформування составів на гірках [Текст] / О. М. Огар, І. В. Берестов, С. О. Бантюкова, В. О. Амосов // Зб. наук. праць. – Х. : УкрДАЗТ, 2012. – Вып. 134. – С. 14–22.

8. Огар, О. М. Представлення параметрів метеорологічних умов при розрахунках гірки і моделюванні сортувального процесу [Текст] / О. М. Огар, С. О. Бантюкова, О. С. Губачова // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2010. – № 4/3 (46). – С. 4–7.

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

9. Бантюков, С. Є. Логіко-ймовірнісне моделювання ризику виникнення порушень безпеки функціонування сортувальної гірки [Текст] / С. Є. Бантюков, С. О. Бантюкова // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2014. – № 1/3 (67). – С. 30–37.

Додаткові праці, які відображають результати дисертації:

10. Пат. 40353 Україна, МПК G09B 9/00. Спосіб професійного відбору операторів [Текст] / В. М. Астахов, С. Є. Бантюков, С. О. Бантюкова, О. М. Огар; заявники і патентоволодарі В. М. Астахов, С. Є. Бантюков, С. О. Бантюкова, О. М. Огар. – № u 2008 09765 ; заявл. 25.07.2008 ; опубл. 10.04.2009, Бюл. № 7.

11. Пат. 35699 Україна, МПК G09B 9/00, A61B 5/00. Пристрій для навчання та оцінювання роботи операторів [Текст] / В. М. Астахов, С. О. Бантюкова, О. М. Огар ; заявники і патентоволодарі В. М. Астахов, С. О. Бантюкова, О. М. Огар. – № u 2008 09764 ; заявл. 25.07.2008 ; опубл. 25.09.2008, Бюл. № 18.

Праці апробаційного характеру:

12. Бантюкова, С. А. Исследование вопросов безопасности функционирования сортировочной горки на примере построения математической модели [Текст] / С. А. Бантюкова // Наука и образование – 2008: матер. IV МНПК. – София, 2008. – С. 32-36.

13. Бантюкова, С. О. Операційні ризики в системі залізничних перевезень

[Текст] / С. О. Бантюкова // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті: матер. доп. 21-ї МНПК. – Алушта, 2008. – №4 (Додаток). – С. 20.

14. Бантюкова, С. О. Підвищення надійності безпечної роботи оператора сортувальної гірки [Текст] / С. О. Бантюкова // Зб. наук. праць УкрДАЗТ: тези доп. 76-ї МНПК. – Харків, 2014. – Вип. 143. – С. 228.

15. Бантюкова, С. О. Математична модель визначення рекомендованих параметрів керування вагонними уповільнювачами [Текст] / С. О. Бантюкова // Современные проблемы производства и ремонта в промышленности и на транспорте: матер. 14-го МНТС. – Свалява, –Київ: АТМ України, 2014. – С.277-279.

16. Бантюкова, С. О. Математична модель управління безпекою розформування составів на гірках [Текст] / С. О. Бантюкова // Інноваційні технології на залізничному транспорті: зб. тез V МНПК. – Лондон, 2014. – С. 132-134.

17. Бантюкова, С. О. Підвищення надійності безпечної роботи оператора сортувальної гірки [Текст] / С. О. Бантюкова // Інформаційні технології і мехатроніка: зб. тез ВНПК. – Харків, 2014. – С. 25-26.

18. Бантюкова, С. О. Розробка сценарної логіко-ймовірнісної моделі ризику виникнення порушень безпеки функціонування сортувальної гірки [Текст] / С. О. Бантюкова // Научное пространство Европы – 2014: матер. X МНПК. – Przemysl, 2014. – С. 18-24.

АНОТАЦІЯ

Бантюкова С.О. Підвищення ефективності експлуатації сортувальних гірок з урахуванням безпеки їх використання. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту. – Українська державна академія залізничного транспорту МОН України, Харків, 2014.

Дисертацію присвячено питанням підвищення ефективності експлуатації сортувальних гірок з урахуванням безпеки їх використання на основі розроблених процедур управління сортувальним процесом, оцінки ризиків виникнення порушень безпеки функціонування та зменшення впливу людського фактора.

З цією метою в роботі розроблено науковий підхід до управління безпекою функціонування сортувальних гірок, що забезпечує раціональне управління безпекою розформування составів за умовою мінімізації ризиків, що можуть бути на даному технічному засобі та вироблення цілеспрямованих управляючих впливів на керовану систему. При цьому розроблено математичні моделі управління безпекою розформування составів на гірках, визначення рекомендованих параметрів керування вагонними уповільнювачами, сценарну логіко-ймовірнісну модель ризику виникнення порушень безпеки функціонування сортувальної гірки. Удосконалено ергатичну систему управління безпекою функціонування сортувальної гірки, яка дає змогу підвищити ефективність та надійність роботи оперативного персоналу.

Ключові слова: ефективність експлуатації, сортувальна гірка, маршрут розформування–формування состава, безпека функціонування, оцінка ризиків, логіко-ймовірнісна модель, людський фактор, надійність оператора.

АННОТАЦИЯ

Бантюкова С.А. Повышение эффективности эксплуатации сортировочных горок с учетом безопасности их использования. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.20 – эксплуатация и ремонт средств транспорта. – Украинская государственная академия железнодорожного транспорта МОН Украины, Харьков, 2014.

Диссертация посвящена вопросам повышения эффективности эксплуатации сортировочных горок с учетом безопасности их использования на основе разработанных процедур управления сортировочным процессом, оценки рисков возникновения нарушений безопасности функционирования и уменьшения влияния человеческого фактора.

Эксплуатация и развитие сортировочных горок порождает ряд вопросов, наиболее серьезными из которых являются вопросы повышения эффективности эксплуатации при обеспечении безопасности функционирования. В условиях объективного существования рисков в такой системе и связанных с ними потерь возникает потребность в определенном механизме принятия управленческих решений, которые обеспечивают эффективность и надежность ее функционирования с учетом рисков.

Согласно поставленной цели в работе сформирован научный подход к управлению безопасностью функционирования сортировочных горок, который позволяет комплексно подойти к решению задачи повышения эффективности управления безопасностью расформирования составов на горках и дает возможность корректирования параметров управления в процессе эксплуатации сортировочной горки. При этом разработана математическая модель управления безопасностью расформирования составов на горках, дающая возможность рационально управлять безопасностью расформирования составов при условии минимизации рисков, которые могут иметь место на данном техническом устройстве. Особенностью данной модели является то, что в ней учитывается воздействие человеческого фактора на сортировочный процесс.

Также разработан метод определения рекомендованных параметров управления вагонными замедлителями на основе математической модели, в которой рекомендованные параметры управления определяются по критерию минимума суммы вероятностей нагона каждого отцепа на спускной части горки, превышения каждым отцепом допустимой скорости входа на замедлители тормозных позиций и превышения каждым отцепом допустимой скорости соударения с отцепами, которые находятся в сортировочном парке.

Для формирования целенаправленных управляющих влияний на систему «сортировочная горка» разработана процедура на основе логических моделей возникновения опасных ситуаций на отдельных объектах горки и на маршруте расформирования–формирования состава. Разработаны сценарные логико-вероятностные модели возникновения нарушений безопасности функционирования на маршруте расформирования–формирования состава, подмаршрутах и на участках пути. Полученные модели дают возможность определять вероятность

возникновения нарушений безопасности функционирования на отдельных участках маршрута расформирования–формирования состава и на всем маршруте. В отличие от существующих моделей учитывается логическая связь возможных опасных ситуаций на разных частях маршрута движения отцепа. Существует возможность определить наиболее безопасный (опасный) маршрут расформирования–формирования состава на сортировочной горке. На основе полученных вероятностей возникновения нарушений безопасности функционирования формируются управляющие воздействия на систему «сортировочная горка».

С целью повышения эффективности и надежности работы оперативного персонала сортировочной горки, уменьшения влияния человеческого фактора усовершенствована эргатическая система управления безопасностью функционирования сортировочной горки путем совершенствования способа профессионального отбора операторов и устройства для обучения и оценивания работы операторов. Экономический эффект разработок составляет 59,0 тыс. грн в год.

Ключевые слова: повышение эффективности, сортировочная горка, маршрут расформирования–формирования состава, безопасность функционирования, оценка рисков, логико-вероятностная модель, человеческий фактор, надежность оператора.

THE SUMMARY

Bantyukova S.O. Enhancement of efficiency of hump yards exploitation to the safety of their operation. – Manuscript.

The dissertation on competition of a scientific degree of the candidate of technical sciences on a speciality 05.22.20 – exploitation and maintenance of transport means. – Ukrainian state academy of railway transport MES of Ukraine, Kharkiv, 2014.

The thesis is devoted to the issues related to the enhancement of efficiency of hump yards exploitation to the safety of their operation based on the developed procedures of sorting process management, assessment of sorting procedure violation risks and reduction of human factor effects.

For the above purpose, the thesis research provides scientific approach towards the management of hump yards operation safety that ensures reasonable train splitting due to the minimization of risks that may be specific to the above technical mean and development of managerial approach towards the managed system. At that, mathematical models for trains splitting management were developed, recommended parameters for rail car retarders were calculated, use case model for the risks of hump yards operation violations was developed. Ergatic system for hump yards operation security was improved that allows the enhancement of efficiency and reliability of operative personnel work.

Key words: operation efficiency, hump yard, car gathering and splitting route, operation security, risks assessment, logical and probabilistic model, human factor, operator's reliability.

Бантюкова Світлана Олександрівна

УДК 656.212.5:656.25

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СОРТУВАЛЬНИХ
ГІРОК З УРАХУВАННЯМ БЕЗПЕКИ ЇХ ВИКОРИСТАННЯ**

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

к.т.н., доц. Розсоха О. В.

Підписано до друку «__» _____ 2014 р.
Формат паперу 60x84/16. Папір для множних апаратів.
Ум. друк. арк. 0,9. Обл.-вид. арк. 1,1.
Замовлення № ____. Тираж 100 прим.

Видавництво УкрДАЗТ. Свідоцтво ДК № 2874 від 12.06.2007 р.
Друкарня УкрДАЗТ: 61050, м. Харків, майдан Фейербаха, 7.