Бантюкова Світлана Олександрівна. Підвищення ефективності експлуатації сортувальних гірок з урахуванням безпеки їх використання.- Дисертація канд. техн. наук: 05.22.20, Укр. держ. акад. залізн. трансп. - Харків, 2014.- 173 с.

Міністерство освіти і науки України

Українська державна академія залізничного транспорту

На правах рукопису

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

Дисертація на здобуття наукового ступеня

кандидата технічних наук

Науковий керівник

Огар Олександр Миколайович

доктор технічних наук, професор

Харків – 2014

ЗМІСТ

|  |  |
| --- | --- |
| ВСТУП | 4 |
| Розділ 1  Актуальні питання підвищення безпеки функціонування сортувальних гірок | 11 |
| 1.1. Аналіз основних аспектів теорії безпеки транспортних систем | 11 |
| 1.2. Огляд та аналіз існуючих методів оцінки рівня безпеки руху  на залізничному транспорті і на сортувальній гірці зокрема | 17 |
| 1.3. Огляд та аналіз основних аспектів управління ризиками в системі залізничних перевезень і на сортувальній гірці зокрема | 24 |
| 1.4. Огляд та аналіз впливу людського фактора на безпеку функціонування сортувальної гірки | 29 |
| 1.5. Аналіз відомих способів професійного відбору операторів  та пристроїв оцінювання діяльності операторів | 38 |
| 1.6. Висновки до розділу 1 | 50 |
| Розділ 2  Формування наукового підходу до управління безпекою функціонування сортувальної гірки | 52 |
| 2.1. Вибір напрямку досліджень процесу управління безпекою розформування составів на гірках | 52 |
| 2.2. Розроблення математичної моделі управління безпекою розформування составів на гірках | 58 |
| 2.3. Розроблення методу визначення рекомендованих параметрів керування вагонними уповільнювачами | 62 |
| 2.4. Висновки до розділу 2 | 71 |
| Розділ 3  РОЗРОБЛЕННЯ ПРОЦЕДУРИ ВИРОБЛЕННЯ УПРАВЛЯЮЧИХ ВПЛИВІВ НА КЕРОВАНУ СИСТЕМУ | 73 |
| 3.1. Характеристика сортувальної станції | 73 |
| 3.2. Сценарії ризику виникнення ПБФ на ділянках сортувальної гірки | 77 |
| 3.3. Логіко–ймовірнісне моделювання ризику виникнення порушень безпеки функціонування | 86 |
| 3.3.1. Подання у ФПЗ логічних моделей видів ділянок колії | 86 |
| 3.3.2. Подання у ФПЗ логічних моделей частин маршрутів і  маршруту розформування–формування состава | 88 |
| 3.3.3. Перехід від ФПЗ до імовірнісної функції видів ділянок колії | 90 |
| 3.3.4. Перехід від ФПЗ до імовірнісної функції частини  маршруту і маршруту розформування–формування состава | 91 |
| 3.4. Розрахунок імовірностей виникнення ПБФ та визначення адекватності моделі | 92 |
| 3.5. Розроблення узагальненої процедури реалізації управляючих  впливів на керовану систему | 95 |
| 3.6. Висновки до розділу 3 | 103 |
| РОЗДІЛ 4  УДОСКОНАЛЕННЯ ЕРГАТИЧНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ БЕЗПЕКОЮ ФУНКЦІОНУВАННЯ СОРТУВАЛЬНОЇ ГІРКИ | 105 |
| 4.1. Дослідження надійності виконання оператором  дії технологічного процесу | 105 |
| 4.2. Удосконалення способу професійного відбору операторів | 110 |
| 4.3. Удосконалення пристрою для навчання та оцінювання  роботи операторів | 114 |
| 4.4.Техніко-економічна оцінка удосконалення ергатичної системи управління безпекою функціонування сортувальної гірки | 142 |
| 4.5. Висновки до розділу 4 | 149 |
| ВИСНОВКИ | 151 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ | 154 |
| Додаток А. Структурна схема дисертаційного дослідження | 168 |
| Додаток Б. Акти впровадження | 169 |

Вступ

**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 – задоволення зростаючих потреб національної економіки і населення в перевезеннях, підвищення їх якості та зменшення вартості транспортної складової в ціні продукції [1].

Значні втрати залізничному транспорту, та й всьому народному господарству в цілому, наносять катастрофи та аварії, що виникають при перевезеннях.

І хоча проблемами безаварійної роботи займаються і Державна адміністрація залізничного транспорту України, і безпосередні виконавці, і ревізорський апарат, і наукові організації, аварійність на залізничному транспорті залишається досить високою.

Стабільна робота транспорту стала сьогодні справою надзвичайної політичної та економічної важливості.

Безпека руху на залізничному транспорті в цілому та на сортувальних гірках зокрема, залежить від великої кількості факторів. Існує необхідність більш широкого застосування сучасних методів дослідження для вивчення впливу несприятливих факторів, розробки оптимальних критеріїв оцінки рівня безпеки функціонування залізничного транспорту для підвищення якості процесу залізничних перевезень.

Вважається загальноприйнятим, що абсолютної безпеки взагалі, а тим більше на транспорті, не існує, тому можна говорити тільки про відносну безпеку або про відповідний рівень безпеки [2, 3]. Це випливає з того, що надзвичайні обставини виникають за законами випадковостей і вони завжди будуть присутні на транспорті при наявності певних умов і обставин, при яких вони відбуваються.

Першочергову увагу необхідно приділяти створенню всебічної системи безпеки руху, 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.

Одним з важливих об'єктів транспортного процесу є сортувальна гірка сортувальної станції, що забезпечує процес розформування-формування залізничних потягів, що відноситься до відповідальних технологічних процесів. Реалізація процесу розформування – формування починається з початкового моменту прибуття состава на станцію та закінчується кінцевим моментом – звільненням вагонів станції в складі нового сформованого поїзда [4]. У зв’язку із специфікою та інтенсивністю роботи сортувальної гірки, на ній відбувається істотно більше порушень безпеки функціонування, чим на інших об'єктах транспортного процесу різного ступеня складності. Дотепер не проводилися систематичні дослідження причин порушення безпеки функціонування та проблем забезпечення необхідного рівня безпеки сортувальних гірок і це позначається на результатах їх роботи. Назріла необхідність у розробці теоретичних, практичних і методичних питань, що забезпечують системний підхід до вирішення сукупності проблем забезпечення безпеки функціонування сортувальних гірок на залізничному транспорті.

**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) [1], Державної цільової програми реформування залізничного транспорту на 2010-2019 роки (Постанова Кабінету Міністрів України від 16 грудня 2009 р. №1390) [5], Транспортної стратегії України на період до 2020 року (Розпорядження Кабінету Міністрів України від 20 жовтня 2010 р. №2174-р) [6], Стратегії розвитку залізничного транспорту на період до 2020 року (Розпорядження Кабінету Міністрів України від 16 грудня 2009 р. № 1555-р) [7], Концепції розвитку транспортно–дорожнього комплексу України на середньостроковий період та до 2020 року [8]. Напрям 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 добутку ймовірностей нагону 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 дільницях 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 дозволяє підійти до рішення завдання підвищення ефективності експлуатації сортувальної гірки з урахуванням управління безпекою розформування составів та впливу людського фактору. Крім того, вказаний підхід надає можливість корегування параметрів керування в процесі експлуатації сортувальної гірки.

Розроблена математична модель управління безпекою розформування составів на гірках дозволяє раціонально управляти безпекою розформування составів за умовою мінімізації ризиків з урахуванням впливу людського фактору на сортувальний процес. Вказана модель 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 [9]; розроблення класифікації операційних ризиків та загальної схеми етапів процесу управління ризиками [10]; проведення статистичного моделювання роботи підсистеми «вершина гірки – сортувальний парк» на її окремих розрахункових дільницях [11]; статистичний аналіз параметрів метеорологічних умов [12]; розроблення логічних моделей виникнення порушень безпеки функціонування на ділянках колії [13]; алгоритм способу професійного відбору операторів [14]; структурна схема пристрою для навчання та оцінювання роботи операторів [15].

**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 НТК «Розвиток 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.Свалява, 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.); Х Міжнародній НПК «Научное пространство Европы – 2014» (м. Przemysl, 2014р.). Повністю дисертаційна робота доповідалася та була позитивно оцінена на розширеному засіданні кафедри залізничних станцій та вузлів Української державної академії залізничного транспорту за участю членів спеціалізованої вченої ради та 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.

Структурну схему дисертації наведено у додатку А.

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 ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Концепція Державної програми реформування залізничного транспорту України [Електронний ресурс] : розпорядження КМУ від 27 грудня 2006 р. № 651-р. – Режим доступу : \www/ URL : http://zakon4.rada.gov.ua/laws

/show/651–2006–%D1%80.

1. Ветошкин, А. Г. Надежность технических систем и техногенный риск [Текст] / А. Г. Ветошкин. – Пенза: Изд-во ПГУАиС, 2003. – 248 с.
2. Радаев, Н. Н. Элементы теории риска эксплуатации потенциально опасных объектов [Текст] / Н. Н. Радаев. – М.: РВСН, 2000. – 323 с.
3. Управление эксплуатационной работой и качеством перевозок на железнодорожном транспорте [Текст] : учебн. для вузов / П.С. Грунтов, Ю. В. Дьяков, А. М. Макарочкин. – М. : Транспорт, 1994. – 543 с.
4. Державна цільова програма реформування залізничного транспорту на 2010–2019 роки [Електронний ресурс] : постанова КМУ від 16 груд. 2009 р. № 1390. – Режим доступу : \www/ URL : <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/>

1390–2009–%D0%BF.

1. Транспортна стратегія України на період до 2020 року [Електронний ресурс] : розпорядження КМУ від 20 жовт. 2010 р. № 2174-р. – Режим доступу : \www/ URL : [http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/2174–2010–%D1%80](http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/2174-2010-%D1%80).
2. Стратегії розвитку залізничного транспорту на період до 2020 року [Електронний ресурс] : розпорядження КМУ від 16 груд. 2009 р. № 1555-р. – Режим доступу : \www/ URL : [http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/1555– 009–%D1%80](http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/1555–%20009–%D1%80).
3. Концепції розвитку транспортно-дорожнього комплексу України на середньостроковий період та до 2020 року [Електронний ресурс]. – Режим доступу : \www/URL : http://libtomcat.knteu.kiev.ua/library/DocDescription?doc.
4. 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. : Техника, 2006. – Вып. 72. − С. 307–313.
5. 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.
6. 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. – Харків : УкрДАЗТ, 2012. – Вип. 134. – С. 14–22.
7. 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.
8. Бантюков, С. Є. Логіко-імовірнісне 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.
9. Пат. 40353 Україна, МПК G09B 9/00. Спосіб професійного відбору операторів [Текст] / Астахов В. М., Бантюков С. Є., Бантюкова С. О., Огар О. М.; заявники і патентовласники Астахов В. М., Бантюков С. Є., Бантюкова С. О., Огар О. М. – № u 2008 09765 ; заявл. 25.07.08 ; опубл. 10.04.09, Бюл. № 7. – 4 с.
10. Пат. 35699 Україна, МПК G09B 9/00, A61B 5/00. Пристрій для навчання та оцінювання роботи операторів [Текст] / Астахов В. М., Бантюкова С. О., Огар О. М. ; заявники і патентовласники Астахов В. М., Бантюкова С. О., Огар О. М. – № u 2008 09764 ; заявл. 25.07.08 ; опубл. 25.09.08, Бюл. № 18. – 14 с.
11. Грунтов, П. С. Эксплуатационная надежность станций [Текст] / П. С. Грунтов. – М.: Транспорт, 1986. – 247 с.
12. Хохлов, А. А. Технические средства обеспечения безопасности движения на железных дорогах [Текст] / А. А. Хохлов, В. И. Жуков. – М.: УМЦ ЖДТ, 2009. – 553 с.
13. Александровская, Л. Н. Современные методы обеспечения безотказности сложных технических систем [Текст] : учебник / Л. Н. Александровская, А. П. Афанасьев, А. А. Лисов . – М.: Логос, 2003. – 208 с.
14. Бойнік, А. Б. Вплив відмов технічних засобів СЦБ на загальний рівень безпеки руху поїздів і транспортний ризик втрат при небезпечних подіях [Текст] / А. Б. Бойнік, О. А. Абакумов // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2008. – № 4. – С. 21–25.
15. Мойсеенко, В. И. Основы системного подхода к безопасности железнодорожного транспорта [Текст] / В. И. Мойсеенко // Сб. науч. тр. – Донецк: ДонИЖТ, 2005. – № 7. – С. 5–14.
16. Котенко, А. Н. Повышение безопасности и сохранности перевозимых грузов [Текст] / А. Н. Котенко // Залізничний транспорт України. – 2002. – № 2. – С. 31–34.
17. Положення про систему управління безпекою руху поїздів у державній адміністрації залізничного транспорту України [Електронний ресурс] : наказ Міністерства інфраструктури України від 01.04.2011 р. № 27. – Режим доступу: \www/ URL : <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/z0729-11>.
18. Лисенков, В. М. Статистическая теория безопасности движения поездов [Текст] : учебн. для вузов / В.М. Лисенков. – М. : ВИНИТИ РАН, 1999. – 332 с.
19. Лисенков, В. М. Безопасность ответственных технологических процессов и технологических средств на транспорте [Текст] / В. М. Лисенков // Автоматика, телемеханика и связь. – 1992. – № 1. – С. 8 – 11.
20. О транспортной безопасности [Электронный ресурс] : федер. закон Российской Федерации от 9 февраля 2007 г. № 16-ФЗ. – Режим доступа : \www/ URL : <http://rasp.yandex.ua/info/15?ncrnd=9201>.
21. Государственная концепция обеспечения транспортной безопасности России [Электронный ресурс]. – Режим доступа : \www/ URL : <http://iv.garant.ru/SESSION/PILOT/main.htm>.
22. О железнодорожном транспорте в Российской Федерации [Электронный ресурс] : федер. закон Российской Федерации от 10 января 2003 г. № 17-ФЗ. – Режим доступа : \www/ URL : [http://www.consultant.ru/document/cons\_doc\_ law\_ 148958/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_%20law_%20148958/).
23. Petersen, D. Techniques of Safety Management : A Systems Approach [Текст] / D. Petersen. – USA : ASSE, 2003. – 364 p.
24. 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. : Техника, 2005. – Вып. 63. − С. 306–311.
25. Безопасность движения – основа обеспечения бесперебойности перевозочного процесса [Текст] // Ж.-д. транспорт. Сер. Безопасность движения. ЭИ. – ЦНИИТЭИ, 2001. – Вып. 1. – С. 4 – 7.
26. Крупина, Е. М. Методы оценки состояния безопасности движения и исследования причин аварийности на зарубежных железных дорогах [Текст] // Е. М. Крупина, Ю. М. Некрасова // Ж.-д. транспорт. Сер. Безопасность движения. ЭИ. – ЦНИИТЭИ, 1999. – Вып. 2. – С. 12 – 15.
27. Безопасность движения на железнодорожном транспорте [Текст]: Методические указания для студентов и слушателей курсов повышения квалификации. – Новосибирск, 2002. – 50 с.
28. Грунтов, П. С. Безопасность движения на железнодорожном транспорте [Текст] : учеб. пособие / П. С. Грунтов, Ф. П. Пищик. – Гомель : БелИИЖТ, 2001. –122 с.
29. Балалаев, С. в. Безопасность движения на железных дорогах. Ч.1. Основы безопасности [Текст] / С. в. Балалаев. – Хабаровск : Изд. ДВГУПС, 2008. – 125 с.
30. Петров, С. В. Совершенствование методов оценки и управления аварийным риском в чрезвычайных ситуациях при перевозке нефтепродуктов на железнодорожном транспорте [Текст] : автореф. дис. … канд. техн. наук: спец. 05.26.02 / Петров Сергей Викторович – М., 2009. – 24 с.
31. Козаченко, Д. М. Розвиток теоретичних основ оцінки   
    техніко-експлуатаційної ефективності та безпеки  
    функціонування сортувальних гірок [Текст] : дис. … д-ра. техн. наук: 05.22.20: «Експлуатація та ремонт засобів транспорту» / Козаченко Дмитро Миколайович – Дніпропетровськ : ДНУЗТ, 2011. – 297 с.
32. Соколов, О. Й. Розробка методики оцінки рівня безпеки руху на залізничному транспорті [Текст] : автореф. дис. … канд. техн. наук: 05.22.20 / Соколов Олександр Йосипович. – Харків: ХарДАЗТ, 2000. – 21 с.
33. Мойсеенко, В. И. Влияние нарушений безопасности на техническую эффективность использования средств транспорта [Текст] /А. А. Сосунов, В. И. Мойсеенко // Зб. наук. праць. – Донецьк : ДонІЗТ, 2009. – Вип.17. – С.61–67.
34. Мойсеенко, В. И. Актуальные вопросы сохранности и безопасной эксплуатации тягового подвижного состава [Текст] / В. И. Мойсеенко, А. Ф. Майборода,И. Е.Батюшин // Локомотив информ. – 2007. – № 9. – С. 14– 15.
35. Мойсеенко, В. И. Совершенствование систем обеспечения безопасности движения поездов [Текст] / В. И. Мойсеенко // Залізничний транспорт України. – 2003. – № 4. – С. 20–23.
36. Бойнік, А. Б. Шляхи підвищення безпеки функціонування станційних мікропроцесорних систем залізничної автоматики [Текст] / А. Б. Бойнік, В. І. Мойсеєнко // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2010. – № 4. – С. 42–46.
37. Starowich, W. Modelowanie symulacyine ruchu wagonow na I gоrce rozrzadowej / W. Starowich, Z. Avramovic // Autom. Kolej.– 1988. – 11, № 1. – С. 3 – 10.
38. Bowles J.B., Chi Wan. Software failure modes and effects analysis for a small embedded control system / Proc. of annureliability and maintainability symp. – Philadelphia, 2001. – P. 137–155.
39. BrummerJ., Kersken M., MarlzJ. Tools for software safety analysis, reliability engineering and System I Safety, Elsevier 46, 1994. – Р. 123–138.
40. David Brown. Systems analysis and Design for Safety. Prenlice Hatt Incorporation, Engtewood Gtiffs, New Jercy. 2003. – 85 р.