

Харківська державна академія залізничного транспорту

СОКОЛОВ Олександр Йосипович

УДК 658.382:625

**РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ОЦІНКИ РІВНЯ БЕЗПЕКИ РУХУ НА
ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ**

05.22.20 – Експлуатація і ремонт засобів транспорту

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня

кандидата технічних наук

Харків - 2000

Дисертацією є рукопис

Робота виконана на кафедрі “Обчислювальна техніка та системи управління” Харківської державної академії залізничного транспорту Міністерства транспорту України

Науковий керівник

доктор технічних наук, доцент Самсонкін Валерій Миколайович, Харківська державна академія залізничного транспорту, проректор

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, доцент, Котенко Анатолій Миколайович, Харківська державна академія залізничного транспорту, завідувач кафедри “Управління вантажною та комерційною роботою”;

кандидат технічних наук, Євдомаха Григорій Васильович, Дніпропетровський державний технічний університет залізничного транспорту, завідувач галузевої науково-дослідної лабораторії динаміки та міцності рухомого складу залізниць.

Провідна установа

Східноукраїнський національний університет, кафедра “Залізничний транспорт”, Міністерство освіти і науки України, м. Луганськ.

Захист відбудеться «___»_____2000 р. о_____ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.820.04, Харківська державна академія залізничного транспорту, Україна, 61050, м.Харків, майдан Фейербаха,7

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Харківської державної академії залізничного транспорту, Україна, 61050, м.Харків, майдан Фейербаха,7

Автореферат розісланий _____2000 р.

Вчений секретар

спеціалізованої вченої ради

Запара В.М.

Актуальність теми. Стан і ефективність роботи залізничного транспорту, як найбільшої складової транспортної системи України, є визначальними для нормального функціонування всієї економіки держави. У 1999 році на залізничний транспорт прийшлося більш ніж 78.4% усього вантажообігу в тонно-км, по тоннажу цей відсоток склав 23.4%. Частка залізничного транспорту в пасажирських перевезеннях склала майже 64.1% млн.пас.-км і 18.7% перевезених пасажирів. Найважливішим показником діяльності залізничного транспорту є безпека руху. Підвищення рівня безпеки, а отже ефективності діяльності залізничного транспорту практично означає введення додаткових виробничих потужностей у галузях економіки: випадки порушення безпеки знижують пропускну здатність залізниць на 10 – 15%, при цьому прямі збитки тільки через катастрофи й аварії за чотири роки (1996-1999) склали на Україні 15.7 млн. грн.

В останні 10-15 років відбулися і відбуваються істотні структурні, соціальні, економічні зміни в умовах роботи залізничного транспорту як України, так і інших країн. Широко впроваджені і впроваджуються сучасні технічні засоби інформатики. Існуюча система забезпечення безпеки руху залізничного транспорту усе в більшій мірі вимагає удосконалення для відповідності вимогам функціонування галузі. Усе це в цілому визначає актуальність проблеми розробки підходів і методів підвищення рівня безпеки перевізного процесу, що і визначило вибір теми дисертаційного дослідження.

Ефективність діяльності залізничного транспорту як системи визначається знанням його стану, здатністю управляти ним і точністю алгоритмів управління. Практично в це узагальнює поняття входять надійність, ремонтпридатність системи, контроль зносу і витрат на відновлення, проведення досліджень з найбільш важливих напрямків складових компонентів безпеки руху, упровадження наукових досягнень у життя.

Найважливішою задачею стає розробка науково обґрунтованої інтегральної методики обліку впливу різних факторів на безпеку руху залізничного транспорту.

Усе різноманіття виникаючих питань вимагає сучасних засобів збору й обробки необхідної інформації, цілеспрямованого використання отриманих результатів для оцінки стану галузі, наявності зворотного зв'язку про виконувані дії. Рішення такого виду задач стає усе більш реальним у зв'язку з можливістю системного використання комп'ютерної техніки, що дає можливість розширити обсяг контрольованої інформації, забезпечити її оперативну обробку

і при наявності математичних моделей, що відбивають розвиток процесу, забезпечити випереджальне прогнозування стану керованої системи.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана відповідно з «Програмою підвищення безпеки руху на залізницях у 1997 – 2001 роках», затвердженої постановою Кабінету Міністрів України від 22.04.97 р. №367.

Мета дослідження. Рішення наукової задачі по теоретичному обґрунтуванню і розробці методів контролю, оцінки і управління безпекою руху поїздів на залізницях України в сучасних умовах.

Задачі дослідження. 1. Аналіз існуючих методів контролю і оцінки рівня безпеки руху на залізницях у вітчизняній і закордонній літературі.

2. Виявлення значимості факторів, що впливають на безпеку руху залізничного транспорту.

3. Розробка математичних моделей перевізного процесу на залізничному транспорті з метою вибору оптимальних його параметрів з погляду безпеки руху.

4. Теоретичне обґрунтування методів класифікації і структуривання інформації, що характеризує безпеку руху.

5. Розробка й обґрунтування основних принципів системи контролю та керування безпекою руху на залізничному транспорті України.

6. Розробка алгоритмів оцінки стану залізничного транспорту по параметру безпеки руху.

7. Застосування розроблених підходів і методів для аналізу інформації про браки в поїзній і маневровій роботі на залізницях України для підтримки прийняття рішень.

Об'єкт дослідження – залізничний транспорт як система.

Предмет дослідження – безпека руху при експлуатації залізничного транспорту.

Методи дослідження. У дисертації використовувалися аналітичні, експериментальні, статистичні методи. При розробці моделі перевізного процесу застосована теорія диференціальних рівнянь, теорія множин, чисельні методи прикладної математики, методика і мови програмування для цифрових ЕОМ, математичне моделювання. Розробка підходів і методів контролю, оцінки і управління безпекою на залізничному транспорті потребувала застосування теорії систем, теорії імовірностей, теорії алгоритмів. Розробка принципів системи управління безпекою і підтримки прийняття рішень припускає

застосування системного підходу, теорії управління, теорії інформації, математичної статистики.

Наукова новизна отриманих результатів. Вирішена наукова задача з теоретичного обґрунтування та розробки методів та засобів контролю і оцінки стану безпеки руху поїздів на залізничному транспорті на основі інформації про випадки порушень безпеки руху. При цьому:

- запропоновано методику і спосіб класифікації порушень безпеки руху і їхніх причин у процесі перевезень. Введені ознаки класифікації, розроблені алгоритми систематизації інформації про порушення безпеки руху по кожній ознаці.

- Теоретично обґрунтована методика контролю і оцінки рівня безпеки залізничного транспорту як складної взаємозалежної системи «людина-техніка-середовище». При цьому запропонована шкала безпеки, яка відображає не тільки негативні але й позитивні рівні стану безпеки на залізничному транспорті.

- Запропоновано методику адаптивної систематизації подій і причин порушень безпеки руху поїздів. Зроблено висновок щодо необхідності введення класифікатора подій та класифікатора причин при оцінюванні стану безпеки руху.

- Діяльність залізничного транспорту як єдиної системи розглянуто у просторах подій з неточною логікою.

- Запропоновано рішення, що відбиває оптимальне співвідношення надійності, стійкості і ремонтпридатності залізничного транспорту.

Практичне значення одержаних результатів. Розроблені в дисертації положення були використані при побудові інформаційної бази і підсистеми аналізу в складі автоматизованого робочого місця Головного ревізора з безпеки руху поїздів і автотранспорту Укрзалізниці (АРМ ЦРБ). Отримані результати можуть бути використані при створенні системи управління кадровим складом на підприємствах і в об'єднаннях, обґрунтуванні програм підвищення безпеки, ефективному плануванні ремонтних робіт, здійсненні технічної політики різних господарств залізничного транспорту. Матеріали дисертації використані при підготовці і викладанні дисципліни «Безпека руху» у Харківській державній академії залізничного транспорту, Інституті перепідготовки і підвищення кваліфікації кадрів при ХарДАЗТ, а також при проведенні занять на курсах підвищення кваліфікації в Київському інституті залізничного транспорту в 1998-2000 рр.

Особистий внесок здобувача. Результати наукових розробок і положення, що виносяться на захист, представляють самостійну завершену наукову працю. Упровадження розробок здійснювалося під керівництвом автора. У публікаціях у співавторстві дисертанту належать (відповідно до списку публікацій наприкінці автореферату): 1 – збір і аналіз даних Головних управлінь Державної адміністрації залізничного транспорту України про наявність технічних засобів контролю і навчання; 2 – визначення поняття й основних принципів управління безпекою на залізничному транспорті України; 3 – визначені вимоги до класифікації причинно-наслідкових зв'язків та її структури; 4 – зроблена класифікація причинно-наслідкових зв'язків у випадках браків і браків особливого обліку; 7 – побудована математична модель, що описує перевізний процес на залізничному транспорті в термінах теорії проточних систем; 8 – запропонована структура аналітичної роботи в рамках АРМ ЦРБ. Автором особисто сплановані експертні оцінки по визначенню впливу факторів на статистику браків перевізного процесу на залізницях України; обґрунтована система класифікації браків, які спостерігаються, що дозволяє вводити нові поняття в міру їхнього нагромадження і скасовувати ті, котрі втратили свою значимість.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертації доповідалися й обговорювалися на 2-ій міжнародній конференції «Людський фактор у питаннях безпеки на залізничному транспорті. Проблеми залізничної медицини» (м. Харків, 1996 р.), 10-ій і 11-ій міжнародних конференціях «Перспективні системи управління на залізничному і міському транспорті» (м. Алушта, 1997 і 1998 рр.), на нараді головних ревізорів безпеки руху держав СНД (1997, 1999 рр., м. Москва), 3-й міжнародній науковій конференції «Вплив людського фактора на безпеку руху на залізничному транспорті» (м. Луганськ, 1999 р.), науково-практичній конференції «Безпека руху поїздів» (м. Москва, 1999 р.), науково-технічних конференціях ХарДАЗТ.

Публікації. По темі дисертації опубліковано вісім друкованих праць.

Структура й обсяг роботи. Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, трьох додатків. Загальний обсяг 213 сторінок, з яких 27 ілюстрацій на 36 сторінках, 3 таблиці на 16 сторінках, список використаних літературних джерел з 112 найменувань, додатки на 29 сторінках.

ЗМІСТ РОБОТИ

Вступ. У вступі обґрунтована необхідність досліджень, спрямованих на удосконалення контролю та управління безпекою руху в транспортних системах взагалі і на залізничному транспорті, зокрема. Це пояснюється зміною системи

управління в різних залізничних компаніях світу, удосконаленням технічних засобів і технологічної бази, впровадженням комп'ютерних систем збору, обробки інформації і управління, зміною у зв'язку з цим середовища діяльності працівників транспорту.

Перший розділ дисертації присвячений дослідженню сучасного стану проблеми забезпечення безпеки руху на залізничному транспорті і містить:

- огляд методів контролю і оцінки рівня безпеки руху й обліку браків на залізницях світу;
- аналіз і ефективність організаційних структур забезпечення безпеки руху поїздів;
- вивчення підходів до формалізації контролю, оцінки і управління безпекою руху на залізничному транспорті.

Питання безпеки руху на залізничному транспорті розглядалися в роботах таких вчених і практиків як Лисенков В.М., Соболев Ю.В., Петерсон Д., Самсонкін В.М., Боровцев В.Б., Геккер В.Б., Косарев Л.М., Єршов А.Є., Козаков А.А., Альошин В.Н., Герасимов Ю.М., Красковський А.Є., Новосадов Н.А., Крупіна О.М., Некрасова Ю.М., Мацкевич Б.И., Ногінов И.С., Нерсесян Л.С., Шамаков А.Н., Сологуб Н.И., Черепашенець В.Г.

Робота залізничного транспорту неминуче зв'язана з ризиком, що визначається як міра імовірності появи різного ступеня збитку (наслідків) через порушення безпеки руху в процесі перевезень. Дано огляд підходів до визначення поняття безпеки руху і її кількісної оцінки.

У структурі управління залізниць усього світу існують спеціальні служби по безпеці руху. Дано огляд організаційних структур у різних країнах і компаніях.

Сформульовано основні задачі дослідження.

Другий розділ дисертації присвячений розробці підходу до моделювання транспортних процесів у толерантних просторах. Рішення проблеми ефективної експлуатації залізничного транспорту, а тим більше створення кількісної теорії його безпеки, неодмінно повинне спиратися на такі розділи знань, як теорія надійності, теорія стійкості. Зв'язано це з тим, що надійність роботи системи і її стійкість безпосередньо визначають безпеку як здатність здійснити задану функціональну діяльність. У роботі д.т.н. В.М.Самсонкіна вводиться термін життєздатність, у якому поєднуються ці два поняття. Система, що володіє високою життєздатністю, забезпечує максимальну безпеку при здійсненні функціональної діяльності. Розглянута діяльність залізничного транспорту у координатах надійність і стійкість. Надійність являє собою здатність

транспортної системи зберігати свої найбільш істотні властивості (безвідмовність і ремонтпридатність) на заданому рівні протягом фіксованого проміжку часу за певних умов експлуатації.

Представимо залізничну транспортну систему Ω , як взаємодію «людина – транспортний засіб – середовище», що складається з компонентів, S_1, S_2, \dots, S_n , які мають визначену імовірність $P_1(t), P_2(t), \dots, P_n(t)$ виходу з ладу або неточного виконання своєї функції на сучасний момент події. Стан усієї системи не залишається постійним у результаті здійснюваних заходів контролю і профілактики, а коливається у визначених межах $sost(\Omega) \in (sost_1, sost_2)$, що визначає її стійкість. Тут $sost_1, sost_2$ визначають межі множини стійких станів системи. Процес сполучення подій відмовлення різних $S_i, i = \overline{1, n}$ носить імовірнісний характер. Це дозволяє говорити про протікання процесів у системі «людина – транспортний засіб – середовище» у толерантному просторі. Саме в умовах визначеної толерантності стоїть задача забезпечення максимально можливої надійності транспортних операцій.

Для досягнення високої надійності на залізничному транспорті забезпечується погодженість, чітка часова організація всіх операцій. Це знижує толерантність простору подій, однак вимагає розробки методики оцінки поточного стану і на підставі цього прогнозування погіршення рівня безпеки.

Представлення простору подій, у якому функціонують транспортні системи, у вигляді толерантних просторів зажадало нового підходу до моделювання транспортних процесів. Залізничний транспорт як система представлений з одного боку - як потік вантажів, що забезпечують життєдіяльність у деякому просторі, а з іншого боку – як «проточна» система з безупинним процесом відновлення. В обох випадках виникає задача оптимізації параметрів як самого технологічного процесу, так і процесу зносу і відновлення технічних засобів. Для вивчення й оптимізації цих процесів пропонується використовувати модель «проточної» системи. У даній дисертаційній роботі розглянутий перший випадок – вантажні перевезення.

Маємо потік вантажів Q , що надходять з визначеною щільністю (K) і швидкістю (D), які відмінні від нуля. Відомий коефіцієнт ефективності використання потоку вантажів $0 \leq \delta \leq 1$. Отриманий на станції корисний вантаж, призначений для підприємств станції чи потреб самого залізничного транспорту, позначимо через x . Цей вантаж виходить з потоку $\delta \cdot Q$ з деяким коефіцієнтом θ . Продуктивність процесу переробки вантажу визначається з формули

$$\frac{dQ}{dt} = D(Q_0 - Q) - \theta \cdot \delta \cdot x(t), \quad (1)$$

де Q_0 - початковий обсяг вантажів.

Динаміка зміни обсягу корисного вантажу визначається алгебраїчною сумою

$$\frac{dx}{dt} = \delta x(t) - D x(t). \quad (2)$$

Приведені рівняння (1), (2) утворюють замкнуту систему, що описує продуктивність роботи «проточної» системи (транспортних перевезень). На підставі загальної теорії функціонування проточних систем можна одержати опис режиму динамічної рівноваги, що дозволяє визначити оптимальні умови продуктивності системи в цілому з урахуванням варіації характеристик перевезень.

Рішення системи (1), (2) визначає критичне і максимальне значення швидкості потоку і відповідну продуктивність. Критичне значення потоку визначається як максимальна швидкість росту x за умови $dx/dt=0$ і має вигляд

$$D_{kr} = \frac{\theta_m \cdot Q_0}{K_q + Q_0}, \quad \text{де } \theta_m = \max(\theta); \quad K_q - \text{константа насичення.}$$

Оптимальне значення потоку визначається з формули $D_m = \theta_m \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{K_q}{Q_0 + K_q}}\right)$

Знайдена також формула для розрахунку максимальної продуктивності

$$R_m = \frac{\theta_m}{\delta} (\sqrt{Q_0 + K_q} - \sqrt{K_q})^2$$

Отримані дані дозволяють говорити про можливість оптимізації функціонування транспортної системи, що природно підвищить економічність експлуатації залізничного транспорту. Модель «проточної системи» реалізована у виді програми на ПЕОМ. У дисертації наведені відповідні експериментальні дані.

Третій розділ дисертації присвячений розробці методики контролю і оцінки рівня безпеки руху залізничного транспорту. Це вимагає введення міри

ризиків виникнення аварійної ситуації.

У дисертації запропонована шкала станів безпеки (рис.1), що враховує як знижений, так і підвищений рівні надійності.

Усе різноманіття співвідношення сприятливих і несприятливих умов, що визначають збереження рівноважного стану залізничного транспорту, описано нормальним законом розподілу в просторі подій, що відбуваються.

При порушенні цієї рівноваги процес рухається до однієї з крайніх меж. У діапазоні подій від катастрофи до високої гарантії є точка рівноваги, що визначається як нормальний стан. У силу того, що кожен стан визначається конкретними

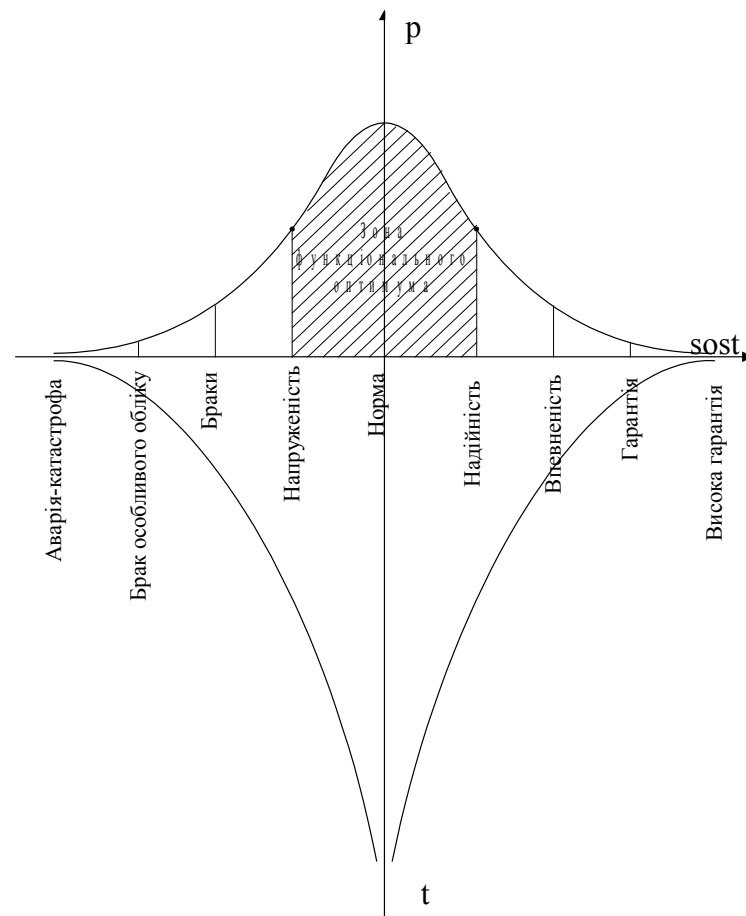


Рис. 1. Розподіл станів безпеки залізничного транспорту та часу його збереження

p – імовірність стану $sost$;

t – час збереження відповідного стану.

зусиллями на його збереження, існують дві точки (точки перегину нормальної кривої), робота за межами яких неефективна у цей час. Відстань між цими точками можна визначити як зону функціонального оптимуму. Час перебування системи в межах діапазону існування носить експонентну залежність, це також показано на рис.1.

У кожній ланці залізничної системи змістовна сторона браку (порушень безпеки руху) різна і вимагає систематизації і складання спеціального каталогу несправностей і наслідків, що можуть виникати, якщо їх не усунути.

Такого роду упорядкований каталог дозволить точно контролювати і встановлювати природу браку з визначенням рівня відповідальності за нього. Контроль дає можливість оцінити ступінь вихідного ризику або імовірність можливих відмовлень. Паспортизація компонентів і складових їх ланок дозволить знати, що й у якому стані, коли і скільки вкладено для підвищення якості і до якого рівня надійності воно доведено відповідно до введеної шкали оцінки стану безпеки.

Для здійснення контролю і оцінки рівня безпеки руху пропонується класифікувати усі випадки порушень безпеки за трьома основними

ознаками: ЩО, ДЕ, КОЛИ. Параметр «ЩО» позначає класифікацію самого порушення. Спочатку визначається складова події в людино-машинній системі: людина (Л), техніка (Т), середовище (С). Подальший аналіз ідентичний по кожній складовій, суть його в ідентифікації нижнього елемента, що уже далі не уточнюється. Такий аналіз носить ієрархічний характер. У загальному вигляді

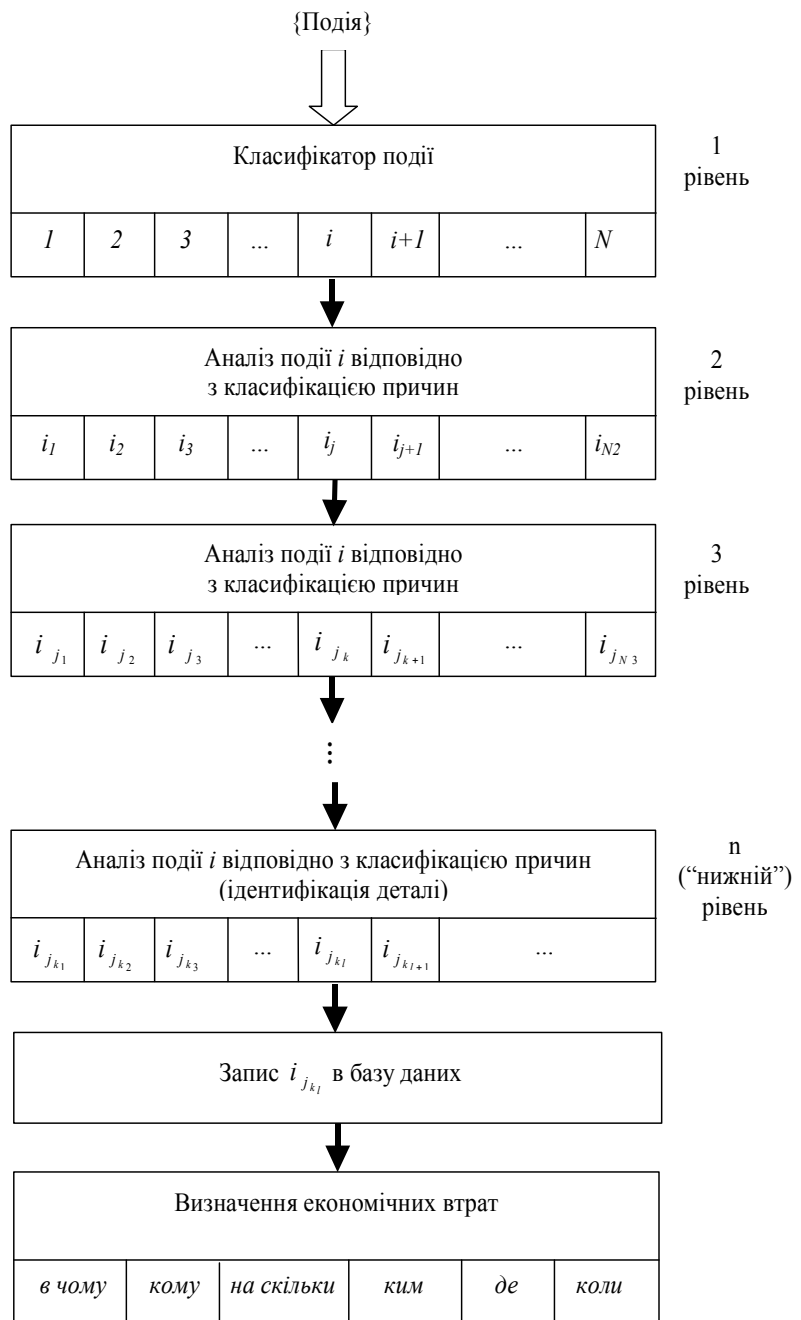


Рис. 2. Аналіз подій порушень безпеки по параметру «ЩО»

схема такого аналізу представлена на рис.2. Перемінна $n=2,3,\dots$, тобто аналіз може закінчитися і на 2-му рівні. Це визначається конкретним значенням i .

Оцінка місця подій позначена параметром «ДЕ». Оцінюється приналежність до залізниці, відділку, лінійного підприємства, дільниці, перегону, пікету. Якщо місце подій, що відбуваються, має сувору локалізацію, то варто говорити про наявність локальних причин того, що відбувається. Якщо існує рівномірний розподіл, але збиток від даного виду порушень досягає визначеної величини, то варто шукати причину порушень у технології перевізного процесу. Важливим узагальненим показником є час події, що відбулася (час доби, рік, місяць) - класифікація по параметру «КОЛИ». Аналіз по параметрах «ДЕ», «КОЛИ» аналогічний рис.2.

Будь-яка подія повинна також одержати оцінку по якості: ЯК це відбулося (обставини), ЧОМУ (яка причина того, що відбулося) і ХТО винний у тому що відбулося (служба, підприємство чи конкретна особа).

Таким чином, кожному подію пропонується аналізувати по шести ознаках (параметрах): {ЩО, ДЕ, КОЛИ, ЯК, ЧОМУ, ХТО}. Рівні оцінки події, що відбулась, можна здійснювати з будь-яким ступенем деталізації. Граничний рівень деталізації подій визначається можливістю одержання достовірної інформації, тобто встановленням припустимої толерантності подій, у якій можлива безаварійна діяльність. На практиці максимальна глибина аналізу склала чотири рівні для служби вагонного господарства.

Уся систематизована статистика порушень безпеки руху описана моделлю реляційної алгебри. Позначимо через RR схему відносин, що являє собою множину $RR = \{A_1, A_2, \dots, A_6\}$ параметрів (чи атрибутів). Атрибути приймають значення ознак «ЩО», «ДЕ», «КОЛИ», «ЯК», «ЧОМУ», «ХТО» відповідно. Кожному $A_i (i=\overline{1,6})$ поставимо у відповідність множину $dom(A_i)$, що називається доменом атрибута. Його елементи приймають відповідні своєму призначенню значення. Наприклад, значення $dom(A_1)$ - це пункти класифікатора браків у поїзній і маневровій роботі, $dom(A_2)$ - місце порушення, включаючи залізницю, станцію, перегін, кілометр, пікет і т.д. Позначимо через r відношення зі схемою RR . Відношення $r(RR)$ - це кінцева множина кортежів чи відображень $\{t_1, t_2, \dots, t_N\}$, де N характеризує обсяг записів або кількість систематизованих порушень. Кортеж (упорядкований вектор) являє собою запис $t_i = \langle e_1, e_2, \dots, e_6 \rangle$, у якій $e_j \in dom(A_j), j = \overline{1,6}$. Ключем відносини $r(RR)$ є множина $K = \{A_1, A_2, A_3\} \in RR$, по якій однозначно знаходиться кортеж. Визначено множину Δ з 13 операцій на множині відносин. Тоді реляційною алгебраїчною

моделлю є шістка $\Lambda = (r, RR, D, \Delta, K, E)$, де E – це реляційне вираження, а $D = \bigcup_{i=1}^6 \text{dom}(A_i)$.

Загальний результат аналізу здійснюється в системі координат «ДЕ», «ЩО», «КОЛИ». Розроблено послідовність аналізу інформації. Першорядна увага звертається на найбільш значимі події по нанесеним збиткам. Установивши цю подію, необхідно мати перелік (каталог) засобів, що дають можливість усунення причин, щоносять збитки. Якщо є локалізація нагромадження щодо якої-небудь причини, то впливає необхідність усунення цієї причини. Усунення можливе й економічно доцільно тоді, коли вартість витрат на нього менше, ніж нанесені збитки (наприклад, боротьба з вивітрюванням сипких матеріалів та ін.).

Накопичений таким чином статистичний матеріал і його наступна обробка по описаному принципу дозволяє забезпечити в автоматизованому режимі класифікацію, що змінюється (адаптивну класифікацію).

Розроблено методику побудови класифікації причин браку в поїзній і маневровій роботі, що складається з п'яти етапів: формування елементів класифікації, їх порівняння, установлення логічного зв'язку між образами, аналітичного зв'язку між ними і формування класу образів з однаковими аналітичними зв'язками.

Розроблено узагальнений алгоритм ідентифікації стану безпеки залізничного транспорту як системи, у якому враховуються всі три складові взаємозв'язку «людина – транспортний засіб – середовище».

У **четвертому розділі** дисертації представлена практична реалізація деяких аспектів розроблених методів і підходів до контролю, оцінки і управління безпекою на залізничному транспорті. Виділено чотири фактори, що впливають на експлуатаційну безпеку: 1) «людина» (неправильні дії людини, які безпосередньо привели до порушення перевізного процесу через навмисне невиконання своїх обов'язків, погіршення стану здоров'я, недостатню кваліфікацію, неможливість виконання виробничих функцій на необхідному рівні); 2) «техніка» (несправність технічних засобів); 3) «організація» (порушення в технологічному процесі, невідповідність законів, правил, розпоряджень, наказів, інструкцій, погані умови праці, недоліки ергономіки, помилки розроблювачів технічних засобів, неправильні алгоритми управління, недоліки в роботі забезпечуючих підрозділів, та ін.); 4) «середовище» (несприятливі об'єктивні умови: метеорологічні, природні катаклізми, снігопади, грозові розряди й ін.). У даному підрозділі представлені розроблені автором принципи і структура управління безпекою (СУБ) на залізницях

України. Ця система заснована на розробках, проведених у рамках галузевої програми підвищення безпеки на залізницях України вченими Харківської державної академії залізничного транспорту, Науково-дослідного і навчального центру з проблем транспортної медицини при особистій участі автора.

В основу створення СУБ покладені три основних принципи:

- 1) ідентифікація + прогнозування;
- 2) інтегральне рішення;
- 3) людський фактор.

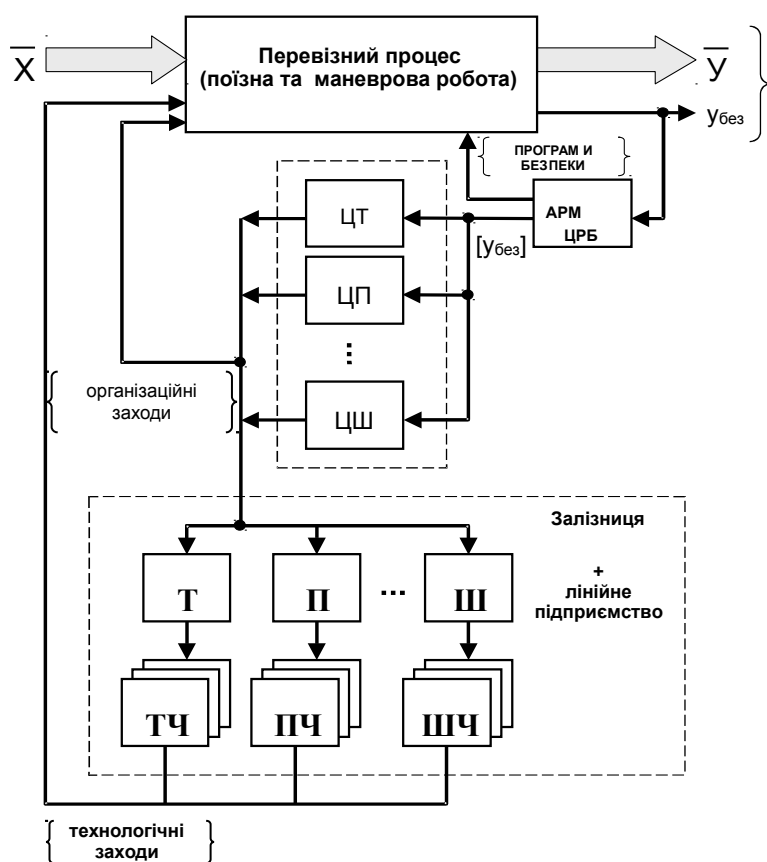


Рис. 3. Система управління безпекою руху поїздів

Розроблено структуру системи управління безпекою на залізницях України, що представлена на рис.3. Інформаційною й аналітичною основою СУБ стала автоматизована система оперативного обліку й аналізу браків у поїзній і маневровій роботі «АРМ ЦРБ». Апаратно це ієрархічна розподілена комп'ютерна мережа. У 1999 р. упроваджена перша черга АРМ ЦРБ. Перший рівень ієрархії знаходиться в Головному управлінні по безпеці руху поїздів і автотранспорту (надалі ЦРБ) Укрзалізниці (УЗ), другий – у головного ревізора по безпеці (РБ) усіх шести залізниць України.

Інформація про порушення безпеки надходить з доріг в АРМ ЦРБ рівня УЗ, де вона формалізується, структурується і надходить у базу даних для обліку, статистики й аналізу. Є два етапи аналізу. Перший – попередній – це складання зведень оперативного обліку, порівняльний аналіз. Другий – поглиблений статистичний аналіз поточної інформації і накопиченої статистики і прогнозування погіршення стану безпеки по методиках, представлених у розділі 3. Аналіз

виконується по численних параметрах, що характеризують ознаки «ЩО», «ДЕ», «КОЛИ», «ЯК», «ЧОМУ», «ХТО». Результати аналізу надходять у Головні управління УЗ. На підставі отриманої з ЦРБ оперативної інформації Головні управління розробляють комплекс організаційних заходів щодо ліквідації і попередження порушень, формують і передають відповідну інформацію на залізниці і лінійні підприємства у відповідності зі структурою залізничного транспорту. Ця ж інформація надходить у Головне управління безпеки руху. Це є перший рівень зворотного зв'язку.

На дорогах і підприємствах визначаються конкретні технологічні заходи для забезпечення безпеки руху в перевізному процесі. Це другий рівень зворотного зв'язку. Успішність вжитих заходів оцінюється апаратом ЦРБ. В АРМ ЦРБ аналіз статистики порушень безпеки оформлений у вигляді спеціального програмного забезпечення. У додатку дисертації представлені результати аналізу.

Для підвищення ефективності поведінки залізничників у позаштатних і аварійних ситуаціях необхідно розробляти узагальнені структурні моделі сценаріїв розвитку позаштатних ситуацій, що дозволяють структурувати порушення безпеки на окремі (елементарні) події, з виділенням причин кожної та їх зв'язків з факторами. Така робота проводиться, однак це перспектива розвитку СУБ. Використання структурної моделі «порушення безпеки-події» дозволяє також уприуг підійти до розробки методів формалізованого аналізу складних подій. Аналізуючи дані про порушення безпеки за кілька років, можливо дати непряму оцінку ефективності заходів щодо забезпечення безпеки руху.

На підставі роботи АРМ ЦРБ апаратом ЦРБ розробляються комплексні програми підвищення безпеки. Вони засновані на ліквідації тих причин, що дають максимальний «викид» у статистику порушень за визначений проміжок часу. У результаті стане можливим сконцентрувати спроможності, щоб ліквідувати найнебезпечніші і найнеадекватніші місця.

Людський фактор розглядався в чотирьох рівнях: 1 – безпосередні виконавці – це дії машиніста, диспетчера, інших працівників, що безпосередньо привели до порушення безпеки; 2 – організація експлуатації (ремонт і утримання технічних засобів); 3 – галузеві заводи (вагоно-, тепловозоремонтні й ін.); 4 – промислові підприємства, проектні і науково-дослідні інститути, що не входять у структуру залізничного транспорту. Тому поняття узагальненого людського фактора використовується як інтегральний критерій його впливу на безпеку. Для визначення частки впливу факторів на порушення безпеки був

застосований метод експертної оцінки. Експертами виступили висококваліфіковані працівники апарата Головного ревізора Укрзалізниці, співробітники Південної залізниці, викладачі Харківської державної академії залізничного транспорту, що мають досвід участі в розслідуванні причин порушень безпеки на транспорті. Інформаційною базою послужили понад 14 тис. випадків браку в поїзній і маневровій роботі на залізницях України.

Реалізація методики аналізу подій, розробленої в розділі 3, показана на прикладі вагонного господарства.

У додатках представлені результати аналізу статистики порушень безпеки за 1995-1998 роки.

ОСНОВНІ ВИСНОВКИ

Вирішено наукову задачу теоретичного обґрунтування підходу і розробки комплексу методів, спрямованих на забезпечення безпеки руху поїздів на залізничному транспорті в сучасних умовах. Дана робота являє собою певний внесок у теорію і практику безпеки руху. При цьому:

1. Аналіз існуючих підходів до управління й організації систем управління залізницями світу показав необхідність удосконалення ефективності діяльності залізничного транспорту, найважливішою складовою якої є безпека руху поїздів. Зроблено висновок про те, що безпека - є центральний системоутворюючий фактор, що поєднує різні компоненти залізничного транспорту в єдину систему. Таким чином, статистика порушень у перевізному процесі може бути покладена в основу контролю і оцінки поточного стану залізничного транспорту в цілому. На підставі огляду літературних джерел зроблений висновок про необхідність розробки нових підходів до контролю і управління безпекою на залізничному транспорті.

2. Теоретично обґрунтований розгляд функціонування залізничного транспорту в толерантних просторах, уведений принцип толерантності простору подій. Сформульовано проблему можливості розв'язання безпечного руху.

3. Для ефективного моделювання діяльності залізничного транспорту як системи, що знаходиться в динамічному відношенні із середовищем, обґрунтоване представлення її моделлю репродуруючої проточної системи. Проведено експерименти з моделлю проточної системи на ПЕОМ. Виведено формули для визначення оптимальних значень параметрів з точки зору продуктивності і безпеки функціонування залізничного транспорту.

4. Розроблено шкалу станів безпеки руху на залізничному транспорті, що складається з 9 градацій. Її відмінність від існуючої полягає у введенні станів, зв'язаних з гарантією якості перевезень.

5. Усе різноманіття сприятливих і несприятливих станів описано нормальним законом розподілу імовірності настання того чи іншого стану. Точки перегину нормальної кривої визначають критичні стани. Діапазон між ними являє собою діапазон оптимального функціонування залізничного транспорту як функціональної системи.

6. Запропоновано узагальнений алгоритм оцінки стану безпеки залізничного транспорту як системи. Він розглядає залізничний транспорт як сукупність людино-машинних систем.

7. Розроблено структуру системи управління безпекою на залізничному транспорті України, визначені основні принципи її роботи на основі аналізу сучасного рівня розвитку інформаційних технологій, баз даних, комп'ютерних мереж. Зроблено висновок про необхідність надалі використання програмних засобів обробки неструктурованої інформації.

8. Розроблено загальні принципи класифікації подій і причин порушень безпеки руху. Усі випадки порушень безпеки запропоновано розглядати по трьох основних (ЩО, ДЕ, КОЛИ) і трьох додаткових (ЯК, ХТО, ЧОМУ) параметрах. Даний підхід дозволив структурувати інформацію для здійснення підтримки прийняття рішення. Запропоновано класифікатор причин порушень безпеки руху в перевізному процесі на прикладі служби вагонного господарства. Це дало змогу у 1999р. у порівнянні з 1998р. на 8% зменшити кількість порушень безпеки з вини вагонного господарства.

9. Основою для практичного впровадження результатів дисертаційної роботи є автоматизована система оперативного обліку браків у поїзній і маневровій роботі (АРМ ЦРБ), що функціонує з 1999 р. Крім того у вищих навчальних закладах залізничного транспорту 3-го і 4-го рівнів акредитації при особистій участі автора з 1999/2000 навчального року введений курс «Безпека руху», у рамках якого дається інформація про наукові і практичні результати даної роботи.

10. Проведено аналіз і статистичну обробку понад 14 000 випадків порушень безпеки руху на залізницях України за 1995-1998 рр. по запропонованим методам і алгоритмам. Це дозволило оцінити динаміку порушень безпеки по залізницях і службах, виділити дні і години доби, коли найбільш ймовірно настання несприятливих з погляду безпеки руху подій, оцінити ефективність заходів щодо скорочення деяких видів порушень безпеки,

об'єктивно оцінити вплив різних факторів, розробити комплекс заходів щодо підвищення рівня безпеки на залізницях України.

СПИСОК НАДРУКОВАНИХ РОБІТ ЗДОБУВАЧА ПО ТЕМІ ДИСЕРТАЦІЇ:

1. Соколов А.И., Самсонкин В.Н. На повестке дня – человеческий фактор // Залізничний транспорт України. - 1998. - №1. - С. 28-31.
2. Соколов А.И. Безопасность движения поездов: год 1995 // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. - 1996. - №5. - С. 7-8.
3. Соколов А.И., Друзь В.А., Карасюк В.В., Самсонкин В.Н. Оценка безопасности работы железнодорожного транспорта // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. - 1998. - №3. - С. 4-8.
4. Соколов А.И., Самсонкин В.Н., Панарин С.В., Снурников М.Я. Компьютерная система анализа состояния и оперативного контроля размерных параметров пути // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. - 1998. - №4. – С.88.
5. Соколов А.И. Система управления безопасностью движения // Залізничний транспорт України. - 1999. - №5. - С. 7-9.
6. Соколов А.И. К вопросу управления безопасностью движением на железных дорогах Украины // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. - 1999. - №5. - С. 17-21.
7. Самсонкин В.Н., Олейник В.Б., Соколов А.И., Глушаков С.В. Об одном подходе к моделированию транспортных процессов // Вестник Харьковского государственного политехнического университета. Сборник научных трудов. Выпуск 95. – Харьков: ХГПУ. - 2000. - С. 31-37.
8. Самсонкин В.Н., Соколов А.И., Карасюк В.В., Снурников М.Я. Информационно-аналитическая работа как основа управления безопасностью // Труды научно-практической конференции «Безопасность движения поездов». - М.:МИИТ. - 1999. - С. 7-8.

АНОТАЦІЇ

Соколов О.Й.. Розробка методики оцінки рівня безпеки руху на залізничному транспорті. - Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук зі спеціальності 05.22.20 – «Експлуатація та ремонт засобів транспорту », Харків, 2000.

Дисертація присвячена розробці підходу до підвищення безпеки руху поїздів на залізничному транспорті на основі аналізу інформації про випадки порушень безпеки в поїзній та маневровій роботі. Інформація розглядається як параметр кінцевого результату діяльності залізничного транспорту. Функціонування залізничної транспортної мережі розглянуто у толерантному просторі подій у координатах надійність-стійкість.

Запропоновано систематизувати випадки порушень безпеки руху по шести ознакам і описати ці події релятивною алгебраїчною моделлю. Розроблені методи аналізу систематизованої інформації, шкала оцінки безпеки руху. У роботі міститься метод класифікації подій та причин порушень безпеки.

Запропонована структура системи управління безпекою руху на залізничному транспорті України на основі інформаційних методів. Досліджена участь основних факторів, які впливають на безпеку руху. Працездатність методів та моделей розглянуто на статистиці порушень безпеки руху на залізницях України за 1995-1998 роки.

Ключові слова: безпека руху, класифікація, контроль, оцінка, аналіз стану, кінцевий результат, статистика порушень, брак, транспортний ризик.

Соколов А.И.. Разработка методики оценки уровня безопасности движения на железнодорожном транспорте. - Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.20 – «Эксплуатация и ремонт средств транспорта», Харьков, 2000.

Диссертация посвящена разработке принципов и моделей контроля, оценки и управления безопасностью в транспортных системах на примере железнодорожного транспорта.

Нарушение условий безопасности движения на железнодорожном транспорте приводит к потере пропускной способности и огромному экономическому ущербу. Для поиска эффективных путей повышения безопасности движения поездов следует с общих позиций системотехники

рассмотреть основные особенности образования опасных ситуаций, последовательности неблагоприятных событий, предпосылок к происшествиям и сами происшествия в процессе функционирования железнодорожного транспорта как сложной многоуровневой человеко-машинной системы. Это требует создания научной теории безопасности.

Проведено исследование состояния проблемы обеспечения безопасности на железнодорожном транспорте, которое содержит обзор методов контроля уровня безопасности и учета браков на железных дорогах мира, анализ организационных структур обеспечения безопасности движения поездов и их эффективность, изучение подходов к формализации контроля, оценки и управления безопасностью на железнодорожном транспорте.

В системе «человек – транспортное средство – среда» существует определенный диапазон, в котором данные составляющие обеспечивают удовлетворительную надежность функционирования транспортного процесса. Речь идет о неоднозначности или толерантности транспортных систем. В работе предложено рассматривать деятельность железнодорожного транспорта в толерантном пространстве.

Данный тезис потребовал разработки новых подходов к моделированию транспортных процессов. Предложена модель проточных систем. Разработан соответствующий математический аппарат.

Предложена девятибальная шкала градаций состояний безопасности, учитывающая как пониженный так и повышенный уровни надежности. Содержательная сторона нарушений безопасности требует систематизации и составления специального каталога неисправностей и последствий, которые могут возникать при их неустранении. Поэтому разработаны принципы систематизации событий нарушений безопасности по трем основным и трем вспомогательным признакам (ЧТО, ГДЕ, КОГДА, КТО, ПОЧЕМУ, КАК). Это является основой методики многоуровневого контроля и ответственности за состояние безопасности движения на железнодорожном транспорте. Систематизированная информация представлена релятивной алгебраической моделью. При этом каждый признак представлен соответствующим атрибутом. Определены основные операции на схеме отношении. При реализации модели для нормирования базы данных, соответствующей схеме отношений, каждый атрибут был представлен множеством податрибутов. Общее их число 74.

Для анализа информации о браках в поездной и маневровой работе необходимы различного рода классификаторы. С этой целью предложен метод классификации событий и их причин. Его действие показано на примере

классификатора причин нарушений безопасности движения по вагонному хозяйству.

Предложена структура системы управления безопасностью движения железнодорожного транспорта Украины на основе систематизированной информации о браках в поездной и маневровой работе. Определены основные принципы системы управления.

Предложенные теоретические разработки реализованы в автоматизированной информационной системе АРМ ЦРБ Укрзалізниці. Информационная база данных АРМ ЦРБ составила свыше 14 тыс. случаев нарушения безопасности за период с 1995 по 1998 гг. Все эти случаи систематизированы по предложенной методике. Проведен анализ состояния безопасности по многочисленным параметрам (времени, месту событий, отдельным нарушениям безопасности, сравнительная характеристика по дорогам, службам железнодорожного транспорта). Проанализировано отличие показателей нарушений безопасности для двух классификаторов 1994 и 1998 годов.

Предложенный подход является анализом не только для эффективного контроля и управления безопасностью движения, но и прогнозирования ухудшения состояния безопасности. При этом железнодорожный транспорт рассматривается как сложная человеко-машинная система, а информация о нарушениях безопасности – как параметр конечного результата деятельности.

Ключевые слова: безопасность движения, классификация, контроль, оценка, анализ состояния, конечный результат, статистика нарушений, брак, транспортный риск.

Sokolov A.J. Developing Techniques for Estimation of Train Running Safety Level on the Railway Transport. – Manuscript.

Thesis to obtain the research degree of the Candidate of Engineering Sciences in the speciality 05.22.20 – Maintenance and Repair of Transport Means, Kharkov, 2000.

The thesis is devoted to developing the approach to improve safety of train running in the railway transport system based on the analysis of data about safety violations during train and shunting operations. Information is regarded as the parameter of the ultimate result of the railway transport functioning. Operation of the railway network has been considered within the tolerant space of events in the coordinates of reliability and stability.

It has been proposed to classify safety violation cases according to six indices and to describe those events in terms of a relativistic algebraic model. Methods of analyzing the systemized information as well as the scale of train running safety estimation have been developed. The work contains a method of classification of events and causes for safety violations.

The structure of the system of train safety control on the railway transport of Ukraine based on the informational methods has been suggested. The main factors' contribution into improvement of train running safety has been investigated. Efficiency of methods and models has been considered using the statistics on train running safety violations on the railways of Ukraine over the period of 1995-1998.

Key words: safety of running, classification, control, estimation, analysis of state, ultimate result, statistics on violations, spoilage, transportation risk.

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Розробка методики оцінки рівня безпеки руху
на залізничному транспорті

Соколов Олександр Йосипович

Підписано до друку 07.11.2000 р.
Формат 60x84 1/16. Папір писальний.
Умовн.-друк.арк. 1,25 Обл.-вид.арк. 1,5
Замовлення № 531 Тираж 100.

Видавництво ХарДАЗТу, свідоцтво ДК № 112 від 06.07.2000 р.
Друкарня ХарДАЗТу,
61050, Харків – 50, пл. Фейєрбаха, 7.