

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА
ДИЗАЙНУ

Бутенко Володимир Михайлович

УДК 629.4.05:656.25.006.1

**СТАНДАРТИЗАЦІЯ МОДЕЛЕЙ БЕЗПЕЧНОГО УПРАВЛІННЯ
СТАЦІОНАРНИМИ ОБ'ЄКТАМИ ЗАЛІЗНИЧНОЇ АВТОМАТИКИ**

05.01.02 – стандартизація та сертифікація

АВТОРЕФЕРАТ

**дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук**

Київ – 2004

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Українській державній академії залізничного транспорту
Міністерства транспорту України, м.Харків

Науковий керівник

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник
Соколов Віктор Михайлович,
Орган з сертифікації автоматизованих та автоматичних
систем управління та умов процесу перевезень на
залізничному транспорті, директор

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор,

Левковець Петро Романович,
Національний транспортний університет, проректор з
навчальної роботи

кандидат технічних наук, доцент
Жаковський Олександр Дмитрович,
Дніпропетровський орган з сертифікації,
заступник директора з сертифікації

Провідна установа Національний університет "Львівська політехніка",
кафедра метрології, стандартизації і сертифікації Міністерства
освіти і науки України, м. Львів

Захист відбудеться "26" березня 2004 р. о 11.00 годині на засіданні
спеціалізованої вченої ради Д 26.102.01 при Київському національному
університеті технологій та дизайну за адресою: 01011, Київ, вул.
Немировича-Данченка, 2, корпус №1, 3-й поверх, конференц-зал.

З дисертацією можна ознайомитися в науково-технічній бібліотеці
Київського національного університету технологій та дизайну за адресою:
01011, Київ, вул. Немировича-Данченка, 2, ауд. №1-0428.

Автореферат розіслано "20" лютого 2004 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради,
кандидат технічних наук, доцент

Хімічева Г. І.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Стрімкі процеси інтеграції України до світового товариства диктують нові вимоги до транспортного комплексу. Такий перебіг подій потребує фундаментальної, масштабної, швидкої, але й безперервної перебудови нормативного забезпечення, комп'ютеризації та інформатизації суспільства у цілому та транспортного комплексу зокрема. Таким чином, при підвищенні якості перевізного процесу важливим питанням є підвищення якості транспортних послуг з одночасним підвищенням швидкостей руху за рахунок упровадження наукових технологій, уведення нових стандартів, регламентів та впровадження сертифікації.

Останніми десятиліттями безупинно розвивається перехід на енергозберігаючі технології та комп'ютеризацію інформаційних систем управління. На багатьох станціях експлуатуються технічні засоби, створені наприкінці 60-х років, а їх розробки та нормативне забезпечення створене значно раніше. Однак для їх модернізації потрібно, насамперед, дослідити діюче нормативне забезпечення, моделі об'єктів, для яких воно побудоване, та принципи, котрі закладено в регламенти, що забезпечують безпеку в інформаційних системах управління стаціонарними об'єктами залізничної автоматики (СОЗА). Зазначене вище передбачене законами України від 10.11.94 №232/94-ВР "Про транспорт" та від 04.07.96 "Про залізничний транспорт" і низкою постанов Кабінету Міністрів України (КМУ) – регламентами державного рівня. На сьогодні у стандартизації та сертифікації на транспорті виконано низку фундаментальних робіт. Працями Ю.В.Соболева, П.Р.Левковця, О.Л.Петрашевського, Е.Д.Тартаковського, Д.В.Гавзова, Л.А.Тимофєєвої, В.М.Соколова, О.Д.Жаковського, В.Г.Сиченка, В.Ф.Кустова та інших вчених закладено основи стандартизації та сертифікації продукції (процесів, робіт і послуг) на транспорті.

Суттєвою відмінністю даного дослідження від уже відомих у стандартизації моделей безпечного управління СОЗА є стандартизація моделей зі збільшенням кількості станів для вирішення проблем оцінювання якості (технічного стану) стаціонарних об'єктів та застосування їх у мікропроцесорних системах, котрі розробляються на базі існуючих датчиків інформації.

Таким чином, актуальна проблема стандартизації інформаційних та інформаційно-керуючих моделей безпечного управління СОЗА може бути вирішена на основі методів об'єктно-орієнтованого проектування та об'єктно-орієнтованого програмування і розглянута як база для оцінювання якості функціонування оперативної підсистеми управління рухом поїздів.

Отже, вибір теми дисертаційного дослідження зумовлений потребами розвитку моделей багатофакторного оцінювання якості СОЗА. Розробка таких моделей дозволить створити стандарт на відображення та сприяти розв'язанню проблеми збільшення швидкості руху поїздів з одночасним зменшенням витрат часу на простой.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконувалась як складова програми збільшення безпеки руху на залізницях у 1997-2001 роках, затвердженої Постановою КМУ від 22.04.97 №367, та планів НДДКР Міністерства транспорту України та Державної адміністрації залізничного транспорту України (Укрзалізниця) в рамках науково-дослідних тем: "Розробка пакету технічної документації мікропроцесорного маршрутного набору електричної централізації нового типу" (держ. реєстр №0197U014974); "Розробка пакету технічної документації та випробування за допомогою імітаційної моделі роботи станції, програмного забезпечення комп'ютерної системи управління рухом поїздів на залізничній дільниці з відкритою платформою" (держ. реєстр №0397U015075); "Переробка галузевого стандарту "Автоматизовані системи управління на залізничному транспорті. Об'єкти сигналізації, централізації та блокування. Позначення умовні при відображенні інформації" (держ. реєстр. №0100U006673); Розробка галузевого стандарту "Автоматизовані системи управління на залізничному транспорті. Об'єкти сигналізації, централізації та блокування. Позначення умовні при відображенні інформації" реєстраційний номер УкрНДІССІ № 804/200348.

Мета і задачі дослідження. Метою дослідження є удосконалення нормативно-технічної бази галузі за рахунок стандартизації інформаційних моделей безпечного управління стаціонарними (станційними та перегонними) об'єктами залізничної автоматики для впровадження енергозощаджуючих технологій на базі мікропроцесорної техніки в системах управління.

Відповідно до поставленої мети дослідження автором сформульовані та вирішені такі *задачі*:

- ↯ розробити загальну модель функціонування стаціонарних об'єктів автоматики для створення нормативного забезпечення;
- ↯ синтезувати моделі функціонування стаціонарних об'єктів автоматики на основі мереж Петрі з подальшою стандартизацією на галузевому рівні;
- ↯ обґрунтувати безпечність функціонування інформаційних моделей стаціонарних об'єктів і взаємодії між ними в мікропроцесорних диспетчерських системах;
- ↯ розробити модель частини колійного розвитку станції для нормування та прогнозування технічного стану напольних пристроїв.

Об'єкт дослідження. Стаціонарні (станційні та перегонні) об'єкти залізничної автоматики.

Предмет дослідження. Стандартизація розширених інформаційних моделей СОЗА для мікропроцесорного диспетчерського управління.

Методи дослідження. Для вирішення поставлених задач використовувалися методи системного підходу, формалізації, ідеалізації. У теоретичних дослідженнях використані положення стандартизації (у тому числі обмеження різноманітності та класифікація пристроїв та процесів), математичної статистики, математичного моделювання та системного аналізу.

Вирішені задачі досліджень дозволили винести на захист такі наукові результати:

- ↯ розроблена загальна модель функціонування стаціонарних об'єктів автоматики, котрі використані в нормативному забезпеченні;
- ↯ проведена класифікація та розроблені моделі функціонування стаціонарних об'єктів автоматики на основі мереж Петрі використані при розробці проекту галузевого стандарту [6,14];
- ↯ обґрунтована безпечність функціонування інформаційних моделей стаціонарних об'єктів, їх структура та взаємодія між ними в мікропроцесорних диспетчерських системах;
- ↯ модель частини колійного розвитку станції для нормування та прогнозування технічного стану СОЗА.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у тому, що:

- ↯ вперше розроблено загальну модель функціонування стаціонарних об'єктів автоматики, котрі використані в нормативному забезпеченні мікропроцесорних систем диспетчерського управління;
- ↯ синтезовано розширені моделі функціонування стаціонарних об'єктів автоматики на основі мереж Петрі, що використані при розробці проекту галузевого стандарту;
- ↯ вперше обґрунтовано безпечність функціонування інформаційних моделей стаціонарних об'єктів, їх структуру та взаємодію між ними в мікропроцесорних диспетчерських системах [9,4];
- ↯ вперше розроблено модель частини колійного розвитку станції для нормування та прогнозування технічного стану СОЗА.

Практичне значення одержаних результатів. Результати дослідження дають такі можливості:

- ↯ використання розроблених моделей СОЗА та їх взаємодії в системі колійного розвитку станцій дозволяє здійснювати на автоматичній основі кількісний прогноз якості технічних засобів;
- ↯ застосування розроблених моделей взаємодії СОЗА дозволяє визначити мінімальний набір станів і значень, що сприяють оптимальній побудові модульних систем мікропроцесорної диспетчерської централізації;
- ↯ на основі методів об'єктно орієнтованого проектування та програмування розроблено програмне забезпечення, що застосовується в системах управління як базове для обмеження різноманітності при візуалізації інформації та оцінці технічного стану пристроїв автоматики.

Основні положення дисертаційної роботи впроваджено на Південно-Західній залізниці (станції мікропроцесорних диспетчерських систем – Жуляни з 6.10.97, гіркової централізації – Дарниця з 29.12.1999, мікропроцесорного маршрутного набору та релейно-процесорної системи

електричної централізації станції – Технічна-Київ-Пас. з 26.04.99 та 12.11.2001 відповідно). Додатково розроблено галузевий стандарт України "Автоматизовані системи управління на залізничному транспорті. Об'єкти сигналізації, централізації та блокування. Позначення умовні при відображенні інформації" ГСТУ 32.0.02.020-99, який уведений у дію наказом №288 Міністерства транспорту України від 03.06.99 і керівником розробки якого був здобувач.

Особистий внесок здобувача. Усі наукові результати, що виносяться на захист, одержані особисто автором. У публікаціях, написаних у співавторстві, дисертантові належать (згідно зі списком наукових робіт у кінці автореферату): [3] – розроблена та запропонована структура систем управління з визначенням черги її впровадження; [4] – структура моделей та взаємозв'язок між ними в залежності від варіантів побудови модульних систем вищого рівня; [5] – розроблені принципи обмеження різноманітності структури та запропоновані нові (розширені) моделі технічної реалізації діючих технічних засобів безпечного управління стаціонарними об'єктами залізничного транспорту з універсальними можливостями за рахунок стандартизації підходів до моделювання; [6] – обґрунтування та визначення станів об'єктів залізничної автоматики, а також здійснення їх моделювання; [7] – запропоновані критерії визначення стану СОЗА, граничні значення їх параметрів, обґрунтований перелік об'єктів та їх значущість; [8] – варіант застосування розроблених моделей на мікропроцесорних гіркових системах; [10] – варіант застосування моделей для перевірки програмного забезпечення та рівня знань імітаційним методом; [11] – запропоновані варіанти обміну інформаційних потоків про зміни стану моделей; [12] – розроблений варіант відлагодження моделей СОЗА при автоматизації проектування; [14] – обґрунтований кінцевий, базовий перелік об'єктів та запропоновані їх стани для стандартизації.

Апробація результатів дисертації. Основні результати роботи доповідалися на Дев'ятій міжнародній школі-семінарі "Перспективные системы управления на железнодорожном, промышленном и городском транспорте" (Алушта, 1996), Другій міжнародній конференції "Теория и техника передачи, приема и обработки информации" (Харків-Туапсе, 1996), Десятій міжнародній школі-семінарі "Перспективные системы управления на железнодорожном транспорте" (Алушта, 1997), науково-інженерній конференції "Стратегические задачи в области развития средств железнодорожной автоматики" (Республіка Білорусь, Гомель, 1997), Третій міжнародній науково-практичній конференції з семінарами "Якість, стандартизація, контроль: теорія та практика" (Ялта, 2003), а також на науково-технічних конференціях і семінарах УкрДАЗТ упродовж 1994-2003рр.

Публікації. Основні результати дослідження опубліковані в 14 наукових статтях, із них 7 - у наукових фахових виданнях, перелік яких затверджено ВАК України за технічними спеціальностями, а також у матеріалах 5 науково-практичних конференцій.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновку, списку використаних джерел із 150 найменувань та 4 додатків. Обсяг роботи 151 сторінка, у тому числі 115 сторінок машинописного тексту, 44 рисунки, 13 таблиць.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми, визначено об'єкт та предмет дослідження, сформульовано його мету, задачі, новизну та практичну значущість отриманих результатів. Викладено основні наукові результати, що виносяться на захист, визначено особистий внесок дисертанта, подано відомості про апробацію результатів дослідження, вказано кількість публікацій.

У першому розділі автором проведено аналіз регламентів державного рівня, які визначають сферу першочергових досліджень для інтеграції транспортно-дорожнього комплексу України до світової транспортної мережі. Критично проаналізовано праці П.Р. Левковця, Ю.В. Соболева, О.Л.Петрашевського, Е.Д.Тартаковського, Д.В. Гавзова, Л.А. Тимофєєвої, В.Г. Сапожникова, В.М. Соколова, О.Д. Жаковського, В.Г. Сиченка, В.Ф.Кустова та інших вчених, присвячені питанням нормативного забезпечення, стандартизації та сертифікації управління на транспорті.

За результатами аналізу пропорцій нормативного забезпечення між підсистемами управління СОЗА, таких як: диспетчерська централізація (ДЦ), мікропроцесорна диспетчерська централізація (МПЦ), автоматична переїзна сигналізація (АПС), автоблокування (АБ), електрична централізація (ЕЦ) (рис.1) - зроблено висновок про недостатній відсоток нових нормативних документів для застосування мікропроцесорних підсистем на фоні стрімкого розвитку інформаційних технологій та впровадження мікропроцесорної елементної бази.

Рис. 1 - Розподіл нормативних документів за системами та рівнем

Встановлено, що система диспетчерського управління (ДУ), реалізована на базі ДЦ, АБ, ЕЦ, АПС, безпосередньо впливає на безпеку надання транспортних послуг і характеризується як структурно, організаційно, технічно збалансоване ціле, як сукупність керованих об'єктів, об'єднаних певною регулярною взаємодією. Ця взаємодія має вияви переміщення в часі та просторі як транспортного потоку, так і створюваного ним інформаційного потоку.

Впливаючи на якість транспортної системи Євразії, інформаційні моделі об'єктів залізничної автоматики є підґрунтям для ефективного управління та в кінцевому наслідку функціонування транспорту України як складової міжнародних транспортних коридорів.

Досить детально розглянуто класифікацію об'єктів, проведено аналіз їх структури, режимів роботи та функцій як реакції на множини технологічних подій. Визначено мінімізований перелік типів об'єктів і проаналізовано їх схеми вмикання та контролю. Визначено вхідний інформаційний масив для всіх СОЗА, зазначених у переліку.

У роботі об'єднуються дві технологічні множини стаціонарних об'єктів нижнього рівня систем ДУ – станційні та перегонні. Для пристроїв залізничної автоматики, які мають контрольно-керуючі схеми, визначено первинний датчик інформації з метою побудови моделі базового стану об'єктів.

Аналіз схем вмикання стаціонарних пристроїв залізничної автоматики (стрілок, світлофорів, рейкових кіл, пристроїв контролю зайнятості стрілок, блок-дільниць перегону та інших) показав їх достатнє, адекватне відтворення у вигляді множини вхідних сигналів для побудови інформаційних моделей СОЗА. Визнано достатню достовірність вхідних сигналів, що отримуються від датчиків у вигляді дискретної множини. На базі отриманої множини можна побудувати розширені, інформаційні моделі та визначити окремі (базові) стани СОЗА за допомогою функцій алгебри-логіки. Обмежувальним критерієм розширення кількості станів висунуто мінімальні витрати коштів. За результатами досліджень коригується нормативне забезпечення галузевого рівня шляхом стандартизації досліджених моделей.

Таким чином, діючи нормативно-технічні параметри не дозволяли виявити за зміною стану об'єкта, що має стохастичну природу, виражений дискретний характер і додатково залежить від внутрішнього стану орієнтованої на релейну елементну базу системи ДУ, технологічні характеристики подій, котрі впливають як на якість процесу перевезень, їх стабільність, так і на безпеку як складову якості послуг.

Проведений аналіз нормативної документації, регламентів державного рівня та науково-технічної літератури дозволив сформулювати мету і задачі подальших досліджень, вирішення яких забезпечить стандартизацію моделей безпечного управління СОЗА.

У другому розділі наводяться результати теоретичних досліджень із розробки розширених моделей СОЗА, абстрагованих від апаратної та програмної реалізації.

Якщо визначити станцію як множини дискретних входів x_1, x_2, \dots, x_n , виходів на СОЗА z_1, z_2, \dots, z_m (рис.2), котрі в моменти часу t_1, t_2, \dots, t_n визначають зміну вхідних $a_i \in \tilde{x}_1 \tilde{x}_2 \dots \tilde{x}_n$ та вихідних $b_j \in \tilde{z}_1 \tilde{z}_2 \dots \tilde{z}_m$ наборів, то буде справедливим вираз $S: X \rightarrow Y$, де X – множина вхідних, а Y – множина вихідних сигналів (у нашому випадку z_1, z_2, \dots, z_m);

Рис. 2 – Структура системи електричної централізації (ЕЦ, ГАЦ МПЦ)

Додатково визначено, що через надмірні розміри виразів недоцільно записувати роботу станції за допомогою неорієнтованого графа. Однак факт надмірного загромодження та незручності для станції зумовив використання теорії множин для представлення загальної моделі процесу встановлення маршруту.

Визначивши інформацію про стан рейкових кіл, стрілок, світлофорів та внутрішній стан системи в цілому через множини А, В, С, Е відповідно, а керуючі елементи через множину D, додатково проаналізовано всі можливі події для систем станційної автоматики та систем, котрим вона надає інформацію при розширенні до рівня диспетчерського кола.

Отриманий динамічний інформаційний простір S , викликаний множиною інформаційних елементів $V = V_1 \times V_2 \times \dots \times V_n$, є кінцевою підмножиною повної множини сценаріїв, визначених на декартовому добутку $V_1 \times V_2 \times \dots \times V_n : S = \{s_1, s_2, \dots, s_k\} \subseteq S_{V_1 \times V_2 \times \dots \times V_n}$

Таким чином, функція переходів $f_{x_j} : S_i \rightarrow S_j$ між суміжними сценаріями дозволяє перейти до моделі переходів між будь-якими S_i та $S_j \in \{s_1, s_2, \dots, s_k\} \subseteq S$, що, своєю чергою, дозволяє виявити поточний стан системи як операцію вибірки з множини V , результатом котрої є множина сценаріїв $\{s_i | s_i \in S\}$.

Це дозволило застосовувати теоретико-множинні операції і, як наслідок, абстрагуватися від конкретних фізичних параметрів (елементної бази) систем ДЦ (ЕЦ, АБ) за рахунок розділення множин S та V . Однак для введення до складу моделей, СОЗА та систем станційної автоматики в цілому, структури системи та апарату маніпулювання даними обґрунтовано доцільність використання мереж Петрі.

Рис. 3 – Узагальнена модель функціонування системи станційної автоматики

Модель системи станційної автоматики представлено інформаційною структурою W та доведено її динамічний характер.

Базові моделі СОЗА синтезовані для кожного з визначених об'єктів залізничної автоматики і подані у вигляді графа та мережі Петрі з вершинами, індивідуально залежними від технологічних особливостей об'єкта управління. Так, для об'єктів типу "стрілка" визнано доцільними такі технологічні стани: 1 - плюсовий; 2 - мінусовий; 3 - втрата контролю (після мінусового стану); 4 - втрата контролю (після плюсового стану); 5 - відсутність контролю з невизначеним попереднім станом. У мережі Петрі $N = [P, T, F, H, M_0]$, де $P = [p_1, p_2, \dots, p_5]$ - інформаційні елементи, відповідають станам стрілки (рис.4б); $T = [t_1, t_2, \dots, t_{10}]$ - множина переходів; M_0 - початкове маркування $M_0 : P \rightarrow [0, 1]$.

Матриця інцидентності, запропонована для об'єкта типу "стрілка", має вигляд (рис.4а), а зображений із застосуванням теорії мереж Петрі граф стрілки, має вигляд (рис.4а).

За аналогією до об'єкта типу "стрілка" для кожного з СОЗА отримано матрицю інцидентності, визначено технологічну множину переходів та подано графічне зображення моделі (мережі Петрі).

На основі розроблених багатофакторних моделей СОЗА, побудованих графів та мереж Петрі для кожного з об'єктів складено таблиці станів об'єктів для реформування нормативного забезпечення - галузевого стандарту.

а)

	p ₁	p ₂	p ₃	p ₄	p ₅
t ₁	-1	0	0	0	1
t ₂	1	0	-1	0	0
t ₃	0	1	0	0	-1
t ₄	0	-1	1	0	0
t ₅	1	0	0	-1	0
t ₆	0	1	0	1	0
t ₇	0	0	0	-1	1
t ₈	0	0	1	-1	0
t ₉	0	0	0	1	-1
t ₁₀	0	0	-1	1	0

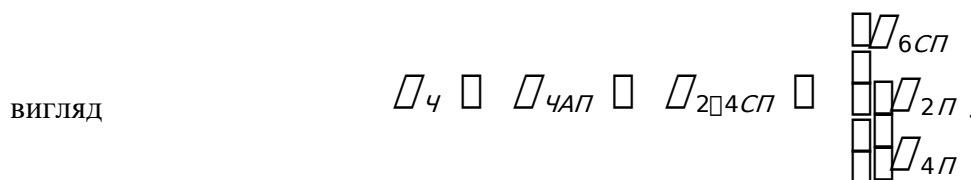
б)

Рис. 4 – а) Матриця інцидентності та б) обмежена мережа Петрі для стрілки.

Саме запропонована в дослідженні кількість станів СОЗА є мінімально необхідна для дистанційного визначення їх технічного стану, подання в нормативному забезпеченні як бази для побудови систем управління вищого рівня. На базі отриманих та нормативно затверджених результатів відкривається методологічна можливість отримати характеристики СОЗА, незалежні від елементної бази та виробника систем, та проаналізувати їх за технологічними критеріями. Однак для отримання додаткової інформації про технічні характеристики об'єктів необхідно синтезувати модель групи СОЗА.

У третьому розділі розглянуто колійний розвиток станції з метою синтезу не окремих моделей СОЗА, а груп об'єктів станції.

Маршрут m подається як множина об'єктів, що до неї входять $\square_m \square \{ \square_1, \square_2, \dots, \square_n \}$, для наведеного в дисертації прикладу (маршрут прийому на другу колію) функція зв'язку об'єктів має



Зворотність виразу відповідає технологічній можливості здійснювати як маршрути прийому, так і маршрути відправлення. У загальному випадку функція зв'язку відповідає колійному розвитку станції та передстанційних розв'язок.

Аналіз маршрутів управління дозволяє визначити множини значень U_{ex} та $U_{вих}$, за допомогою яких створена методика моделювання роботи пристроїв автоматики. Зазначена методика базується на моделі колійного розвитку станції. На підставі окремих моделей реалізовано можливість реалізації методики роботи груп об'єктів залізничної станції. Обґрунтовано безпечність застосування мереж Петрі для двох суміжних об'єктів.

Запропонована методика дозволила відійти від традиційного підходу до моделювання пристроїв на станції. Саме за допомогою мереж Петрі розроблено технологічні мережі для суміжної групи об'єктів (рис.5), що дозволило розробити програмне забезпечення з технологічного діагностування роботи груп СОЗА.

Рис.5 – Фрагмент мережі Петрі, який моделює взаємодію світлофора та безстрілочної секції

Мережа має тільки одну фішку в позиції P_2 , що визначає технологічну необхідність однозначного переходу в один з двох станів (позицій): P_1 світлофора Ч або P_1 дільниці ЧАП. На підставі проведених технологічних узагальнень та проведеного аналізу роботи переходів (зміни стану суміжних об'єктів) станції за незначний проміжок часу зроблено оцінку роботи системи в цілому. Штатні переходи у всіх доступних режимах роботи групи об'єктів для кожної з систем управління рекомендується визнати в нормативному забезпеченні галузевого рівня та розробити методики з відповідним програмним забезпеченням щодо їх дотримання.

Окремою частиною дослідження були робота з формування статистичного матеріалу, його розподілу на підпотоки та технологічний аналіз підпотоків подій за зміною станів об'єктів станційної автоматики.

За результатами проведеного аналізу отримано низку підтверджень наукових гіпотез із теоретичного дослідження СОЗА. Статистичний аналіз потоку технологічних подій потребує окремого дослідження. Експрес-оцінка статистичних параметрів роботи кожного з стаціонарних об'єктів полігону керування дозволили:

- ⌘ виявити відхилення від типового технологічного процесу експлуатації об'єктів (інтервал попутного прямування, перевірка стрілок на віджим, час, за який необхідно підготувати маршрут);
- ⌘ виявити відхилення від нормативних параметрів утримання об'єкта (час та сила струму переведення стрілки зі стану в стан, затримки часу на перекриття сигналу);
- ⌘ прогнозування передвідмовного стану та стану об'єкта (неотримання необхідного стану об'єкта в нормативний термін);
- ⌘ виявити зміни в нормативному графіку руху поїздів на полігоні (при зупинному чи беззупинному русі по кожній з колій);
- ⌘ коефіцієнти використання колій, їх спеціалізацію, знос та інше.

Встановлення стандартних залежностей та відповідних коефіцієнтів, а також наявність наднормативних відхилень дозволили однозначно наголосити на технологічних змінах в роботі СОЗА та всього полігону в цілому. Питання методології визначення залежності таких змін від технологічних відхилень у рамках проведеного дослідження не ставилось.

Таким чином, отримані залежності підтверджують результати досліджень та дозволяють застосовувати їх в модернізації нормативного забезпечення галузевого рівня для систем мікропроцесорного управління СОЗА, для аналізу технологічних відхилень нормативних параметрів управління оперативною підсистемою та визначення їх технічного стану.

У четвертому розділі розглянуто застосування досліджень при реалізації розроблених моделей у типових системах управління для побудови модульних систем мікропроцесорного диспетчерського управління в цілому та окремих модулів зокрема шляхом їх використання в нормативному, апаратному та програмному забезпеченні.

Першочерговим напрямком впровадження результатів дослідження було проектування об'єктно-орієнтованої структури ієрархії класів об'єктів та створення на базі спроектованої ієрархії класів алгоритмів моделювання СОЗА.

Виконання вищезазначених дій дозволило мінімізувати схеми підключення створюваних систем до існуючих пристроїв-датчиків інформації. Мінімізація здійснювалась за факторами економічної доцільності і реалізовувалась діючими моделями управління за допомогою алгебри Буля. Саме мінімізовані моделі зв'язку інформаційних потоків між частинами різних модулів стали реалізацією досліджень на програмно-апаратному рівні.

Для реалізації моделей на апаратному рівні запропоновано схеми зчитування електричних сигналів з діючих пристроїв. Демодуляція зчитаних сигналів, математично оброблена за допомогою програмного забезпечення, яке завдяки використанню нових моделей функціонує в декількох варіантах, виконуючи функції, перевантажені кінцевою множиною методів, обробляється програмним забезпеченням вищого рівня. У роботі запропоновано оптимізовану структуру класів та підкласів числових методів обробки моделей об'єктів для всієї гами систем управління та видів СОЗА.

Програмний рівень запропоновано базувати на системному програмному забезпеченні, котре відповідає вимогам сертифікації на залізничному транспорті (з відкритим машинним кодом та текстами файлів). Реалізація моделей безпечного управління у вигляді програмно-апаратного комплексу, створеного на модульному принципі, підтвердила потребу у відповідних діагностичних та нормативних інноваціях на залізничному транспорті України. Це підтверджується численними актами впровадження систем управління з 1997 року на ст. Жуляни до 2001 року на ст. Технічна-Київ-Пас. Південно-Західної залізниці.

Однак розроблені моделі без створення нормативного документа не були введені в дію. Визначивши рівень досліджень як галузевий (рис. 1б) обґрунтовано реформування нормативного забезпечення шляхом створення галузевого стандарту.

Побудова, розробка та введення в дію галузевого стандарту - кропітка робота багатьох наукових груп. Автором запропоновано лише мінімізовані моделі станів СОЗА, котрі дозволяють автоматизувати аналіз якості роботи оперативної підсистеми та розробити методи визначення станів об'єктів та, як наслідок, інтенсифікувати впровадження мікропроцесорних диспетчерських систем і підвищити безпеку процесів перевезення в галузі.

У структурі стандарту, представленого у вигляді таблиць, базою є перелік стандартних станів кожного з об'єктів залізничної автоматики. Досліджені та запропоновані кінцеві переліки станів обмеженої різноманітності моделей представляються в стандарті з зазначенням технологічної назви стану (таблиця). Для виділення сприйняття оперативним персоналом введено додаткову (проблискову) індикацію аварійних станів.

Застосування стандарту на галузевому рівні дозволило:

- ↯ абстрагуватися від елементної бази та різноманітності виробників систем і модулів управління як станціями, так і перегонами;
- ↯ створювати методики дистанційної діагностики та визначення стану СОЗА;
- ↯ запропонувати класифікацію об'єктів, численні методи реалізації функцій управління та розробити типові альбоми проектних рішень і програмного забезпечення;
- ↯ проводити як напівавтоматичний, так і автоматичний аналіз параметрів роботи системи на технологічну відповідність;
- ↯ прискорити введення швидкісного руху на залізницях України, у тому числі на мережі міжнародних транспортних коридорів за рахунок зменшення втрат часу на непродуктивні простої та проектування систем;
- ↯ ефективніше впроваджувати логістичні системи управління на транспорті;
- ↯ застосовувати методи діагностики стану операторів та диспетчерського персоналу.

Численні реалізації моделей та методів оцінки стану СОЗА впроваджені в нормативно-технічній документації і підтверджені актами про впровадження результатів досліджень. Наказ МТУ про введення в дію ГСТУ 32.0.02-020-99 наведено в дисертації.

Таблиця – Пооб'єктне використання моделей у проекті галузевого стандарту

Назва об'єкта	Базові стани об'єктів	Колір позначення
1. Світлофор вхідний	заборонне показання	червоний
	дозвільне показання	зелений
	запрошувальний сигнал	зелений миготливий (з зеленого на червоний)
	несправність	білий миготливий (з білого на червоний)
	відсутність інформації	фіолетовий
2. Ділянка колії	вільна	світло-сірий
	вільна і замкнута у маршруті	білий
	вільна, в стані штучного розмикання	білий миготливий (з білого на світло-сірий)
	знаходиться в режимі перегляду справжнього положення стрілок	білий
	зайнята	червоний
	зайнята, в стані штучного розмикання	червоний миготливий (з червоного на світло-сірий)
	відсутність інформації	фіолетовий
	нецентралізована	темно-сірий

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Визначено і теоретично обґрунтовано можливість використання мереж Петрі для моделювання об'єктів залізничної автоматики.
2. Доведено доцільність застосування розроблених моделей при проектуванні та впровадженні мікропроцесорних диспетчерських систем на транспорті з використанням галузевого стандарту.
3. Розроблена загальна модель функціонування стаціонарних об'єктів автоматики, що дозволяє визначити роботу систем мікропроцесорного управління та створити нормативне забезпечення та технічної документації.
4. Встановлено критерії стандартизації та проведено синтез моделей функціонування стаціонарних об'єктів автоматики на основі мереж Петрі з подальшою стандартизацією на галузевому рівні.

5. Доведена безпечність функціонування інформаційних моделей стаціонарних об'єктів і взаємодії між ними в мікропроцесорних диспетчерських системах.
6. Запропоновано модель функціонування частини колійного розвитку станції для нормування та прогнозування технічного стану напольних пристроїв.
7. Отримано статистичні матеріали роботи розширених моделей та проведено експрес-аналіз технічних та технологічних параметрів об'єктів та полігону.

Достовірність наукових положень підтверджується наявністю експериментальних перевірок у виробничих умовах та численних актів про впровадження основних положень роботи на залізничному транспорті України, у тому числі і на ділянках міжнародних транспортних коридорів. За підсумками перевірки розроблених положень стало можливим створення нормативного документу галузевого рівня та впровадження ефективних систем управління на транспорті.

Основні положення дисертації опубліковано в роботах

1. Бутенко В.М. Адресация та захист інформації в мережі RailWayNet //Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. — 1997. — №3. — С.24 — 26.
2. Бутенко В.М. Интернет на залізницях України //Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. — 1997. — №1. — С.47 — 49.
3. Бутенко В.М., Гладков В.А. Компьютерная система управления движением поездов на участке железной дороги //Сборник докладов и сообщений участников научно-инженерной конференции "Стратегические задачи в области развития средств железнодорожной автоматики". — Гомель:, 1997. — С.70.
4. Кривошей Б.О., Бутенко В.М., Кузьменко Д.М. Модули диспетчерской системы //Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. — 1998. — №5. — С.24 — 28.
5. Мойсеенко В. И., Бутенко В. М., Кузьменко Д. М. Компьютерная система управления движением поездов //Залізничний транспорт України. — 2000. — № 5 — 6. — С.80 — 82.
6. Мойсеенко В. И., Поддубняк В. И., Бутенко В. М., Радковский С. А. Моделирование состояний объектов систем железнодорожной автоматики //Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. — 2001. — № 4. — С. 40 — 44.
7. Мойсеенко В. И., Поддубняк В. И., Бутенко В. М., Радковский С. А. Определение технического состояния объектов железнодорожной автоматики с применением теории

нечетких множеств //Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. — 2001. — №6. — С. 35 — 37.

8. Бутенко В.М., Кузьменко Д.М., Пархомович В.Ю. Микропроцессорная горочная автоматическая централизация. Материалы 11-й Международной школы-семинара по перспективным системам управления //Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. — 1998. — №4. — С. 102.
9. Бутенко В.М. Построение стандартной модели безопасного функционирования стационарных объектов железнодорожной автоматики на основе синтезного подхода //Технологические системы. — 2003. — № 3(19). — С. 28 — 32.
10. Монастырский А.Г, Бутенко В.М., Ершов А.А. Имитационные моделирование как средство отладки программного и информационного обеспечения АРМ //Тезисы докладов Второй международной конференции "Теория и техника передачи, приема и обработки информации". — Харьков — Туапсе:, 1996. — С. 113.
11. Ершов А. А., В.М. Бутенко, Р.В. Шевченко Информационные потоки в диспетчерской системе управления движением поездов на железнодорожном участке //Материалы работы школы-семинара "Перспективные системы управления на железнодорожном, городском и промышленном транспорте". — Харьков:, 1996. — С. 48 — 52.
12. Монастырский А.Г, Шевченко Р.В., Бутенко В.М. Имитационные моделирование при автоматизации проектирования систем управления. Материалы выступлений Десятой международной школы-семинара "Перспективные системы управления на железнодорожном, городском и промышленном транспорте" //Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. — Харьков: ХарГАЗТ, 1997. — № 4. — С. 84.
13. Бутенко В.М. Оценка базовых моделей качества управления оперативной подсистемой безопасного функционирования транспорта //Материалы выступлений Третьей международной научно-практической конференции с действующими семинарами "Качество, стандартизация, контроль: теория и практика". — Ялта:, 2003. — С. 48 — 52.
14. Бутенко В.М., Кузьменко Д.М., Максименко О.М., Шевченко Р.В., Монастырский А.Г., Зубко А.П. Автоматизовані системи управління на залізничному транспорті. Об'єкти сигналізації, централізації та блокування. Позначення умовні при відображенні інформації (ГСТУ 32.0.02.020-99) Затв. Міністерством транспорту України 03.06.1999 №288. — К.:, 1999. — 17 с.

АНОТАЦІЯ

Бутенко В. М. Стандартизація моделей безпечного управління стаціонарними об'єктами залізничної автоматики. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.01.02 – стандартизація та сертифікація - Київський національний університет технологій та дизайну, Київ, 2004.

Дисертацію присвячено питанням забезпечення безпеки руху поїздів при розвитку міжнародних транспортних коридорів шляхом реформування нормативного забезпечення для впровадження мікропроцесорних систем управління на залізничному транспорті.

На виконання потреб технічної діагностики здійснюється розширення кількості станів в моделях станційної автоматики, що, своєю чергою, збільшує витрати на апаратну реалізацію вказаного розширення.

Доведено, що для вирішення зазначених суперечностей необхідно розширити стани та обмежити різноманітність моделей при стандартизації для потреб автоматичної діагностики технічних пристроїв.

Обґрунтовано використання датчиків діючих контрольно-керуючих схем як вхідного алфавіту моделей.

Обмежена критеріями доцільності різноманітність моделей використана в нормативному забезпеченні і реалізована на апаратному та програмному рівнях в системах мікропроцесорного управління на залізничному транспорті.

Експериментальні дослідження довели доцільність і достовірність розширення розроблених моделей, котрі дають можливість діагностувати стан об'єктів та технологічні параметри перевізного процесу.

Основні положення дисертаційної роботи реалізовано в галузевому стандарті, нормативно-технічній документації і типових проектних рішеннях Державної адміністрації залізничного транспорту України.

Ключові слова: галузева стандартизація, система управління, інформаційні моделі стаціонарних об'єктів залізничної автоматики.

АННОТАЦИЯ

Бутенко В. М. Стандартизация моделей безопасного управления стационарными объектами железнодорожной автоматики. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.01.02 – стандартизация и сертификация – Киевский национальный университет технологий и дизайна, Киев, 2004.

Диссертация посвящена развитию международных транспортных коридоров и решению обусловленных этим противоречий между производителями систем управления станционных и перегонных объектов за использование различных моделей управления и представления информации о движении поездов, состоянии устройств и перевозочного процесса в целом. Дополнительные факторы повышения безопасности решаются посредством реформирования нормативного обеспечения при переходе на системы управления на новой элементной базе.

Для разрешения указанного противоречия необходима разработка моделей с целью дальнейшей оценки качества работы и технического состояния стационарных объектов железнодорожной автоматики, основанных на стандартизованных моделях.

Система автоматики базируется на общности стационарных объектов, как правило, имеющих специфические схемы управления. Предложенная унификация рассматривает как входной алфавит не столько сами объекты, сколько модели их контрольных элементов. Исследование проводилось на основе информационного взаимодействия систем электрических централизаций и микропроцессорной диспетчерской централизации.

Корректная и объективная оценка качества и технического состояния стационарных объектов железнодорожной автоматики взаимодействия в значительной мере зависит от адекватности информационных моделей функционирования самих объектов. Унификация играет ведущую роль при создании методик оценки качества всей оперативно-диспетчерской подсистемы полигона управления и необходима для создания стандартов и регламентов его определяющих.

С целью формирования множества параметров, наиболее эффективно обеспечивающих реализацию увязки существующих моделей с унифицированными моделями создаваемых систем управления, разработано функции обеспечения адекватного и безопасного съема информации с цепей управления объектами. Соответствующая мера информативности измеряется на основе использования Булевой алгебры.

По результатам реализации моделей разрабатываются множества состояний и таблицы соответствия состояний объектов их графическим начертаниям и цветовой окраске. Именно на

основании установленных в работе и ряда других закономерностей построен разработанный в рамках исследования отраслевой стандарт.

На основе использования унифицированных моделей объектов разработаны аппаратные и программные реализации систем микропроцессорного управления и предложены рекомендации для модернизации нормативного обеспечения автоматизированных систем управления на железнодорожном транспорте.

Экспериментальные исследования доказали достоверность и статистическую эффективность разработанных моделей, по которым доступно диагностировать техническое состояние объектов и параметры перевозочного процесса.

Основные положения диссертационной работы реализованы в отраслевом стандарте, нормативно-технической документации и типовых проектных решениях Государственной администрации железнодорожного транспорта Украины и учебном процессе транспортных вузов Украины.

Нормативное и программное обеспечение, разработанное на основании проведенных исследований, используется в системах микропроцессорного и релейно-микропроцессорного управления на ряде станций Украины.

Ключевые слова: отраслевая стандартизация, система управления, информационные модели стационарных объектов железнодорожной автоматики.

ANNOTATION

Vladimir M. Butenko. Standardization of immovable object safe control models in the railway automatic equipment. – Literary work.

Thesis for a candidates degree by speciality 05.01.02 – standartization and sertification – Kiev National University of Tecnologies and Design, Kiev, 2004.

The thesis is devoted to the issues of railway accidents prevention in the course of development of international transportation corridors by means of reforming the regulatory control for implementation of microprocessor control systems in the railway sector.

To meet the needs of diagnostic engineering, the number of patterns in the station automatic equipment models is being enlarged, which, in turn, increases the espenses for hardware implementation of such enlargement.

It is a proven fact that in order to eliminate these contradictions, it is necessary to enlarge the patterns and to restrict the variety of models in the course of standardization for the needs of automatic diagnostics of technical equipment.

The use of sensors in the effective monitoring circuits as input alphabets of models is required.

The variety of models restricted by the criteria of expediency is used in the regulatory documents and is implemented on both hardware and software levels in the microprocessor control systems in the railway sector.

Pilot studies have proved the expediency and adequacy of enlargement of the developed models which give the opportunity to diagnose the condition of objects and the technological parameters of the traffic process.

The main provisions of the thesis have been implemented in the branch standard, standard documents and standard design solutions of the State Administration of the Railway Transport of Ukraine.

Key words: branch standardization, control system, communication models of immovable objects in railway automatic equipment.

Підписано до друку 17.02.2004 р. Формат 60x84/16

Ум. друк. арк. 0,8. Обл.-вид. арк. 0,8.

Тираж 100. Зам. 5.

Друкарня ТОВ "Есперанса

01004, Київ, вул. Терещенківська, 17

тел./факс 246-47-72, 246-47-75, 235-40-69