

DOI: <https://doi.org/10.33216/1998-7927-2020-261-5-81-85>

УДК 656.23.03

РОЗРОБКА СИСТЕМ КОНТРОЛЮ ВІДПОВІДАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ РУХУ ПОЇЗДІВ

Чернецька-Білецька Н.Б., Баранов І.О., Мірошникова М.В.

DEVELOPMENT CONTROL SYSTEMS FOR CRITICAL TRAIN PARAMETERS

Chernetska-Biletska N.B., Baranov I.O., Miroshnykova M.V.

Проведений аналіз сучасних систем забезпечення безпеки на транспорті показав існування резервів підвищення якості перевезень шляхом контролю відповідальних параметрів рухомих об'єктів. Встановлені найбільш вагомі проблеми створення і вдосконалення систем автоматичного управління на залізничному транспорті. З урахуванням досвіду експлуатації систем безпеки руху поїздів, визначені основні способи класифікації надзвичайних ситуацій на залізничному транспорті та їх характеристики. Запропонована алгоритмічна схема роботи системи інтервального регулювання руху поїздів, яка є основним елементом системи підвищення безпеки руху. Розроблено структурні схеми пристроїв і систем забезпечення безпеки руху поїздів. Розроблена система інтервального регулювання руху, забезпечує збільшення інтенсивності руху на залізниці і дозволяє підвищити економічну ефективність перевезень.

Ключові слова: безпека руху, система, поїзд, параметри руху, регулювання.

Вступ. В даний час в світі експлуатується безліч наземних, повітряних, транспортних засобів необхідність використання яких обумовлена розвитком економіки. В [1] наведені статистичні дані, відповідно до яких, основними виробничими процесами на транспорті вважаються перевезення вантажів і пасажирів, а також процеси технічного обслуговування і ремонту самих транспортних засобів.

Одним з основних завдань на транспорті є безаварійне і безпечне перевезення вантажів і пасажирів. Підвищення швидкостей руху транспортних засобів, збільшення дальності перевезень, кількості перевезених вантажів, освоєння нових територій континентів, поява принципово нових транспортних засобів і способів управління є основними факторами, які роблять дослідження в області безпеки перевезень актуальними. Проведений аналіз сучасних систем забезпечення безпеки на транспорті показав існування резервів підвищення якості перевезень шляхом контролю відповідальних параметрів рухомих об'єктів, а так само шляхом моніторингу інфор-

маційних управляючих систем та стану людини-оператора під час руху.

Постановка проблеми. Актуальність розвитку проблемної області даного напрямку і його народногосподарське значення обумовлено зростанням масштабів робіт по інтенсифікації та комп'ютеризації технологічного виробництва та комплексної автоматизації інтегрованого управління функціонуванням, як мережею технологічних процесів, так і окремим підприємством і цілою галуззю народного господарства.

Створення і вдосконалення систем автоматичного управління (САУ) на транспорті є однією з важливих проблем, вирішення якої багато в чому визначає рівень розвитку науки і техніки [1,2]. На перший план виходить завдання створення якісно нових САУ, що забезпечують високу надійність роботи, точність управління і адаптації. З посиленням умов експлуатації систем управління висуваються додаткові вимоги до їх якісних показників.

Завдання синтезу САУ розглядається як задача визначення структури і параметрів моделі системи, що забезпечує функціонування системи із заданою якістю при наявності впливів і заданих обмеженнях [3,4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В джерелах [4,5,6] наведені різні способи класифікації надзвичайних ситуацій на залізничному транспорті та їх характеристики, які є підґрунтям актуальних напрямів дослідження.

В даний час накопичено великий досвід експлуатації систем безпеки руху поїздів, створена наукова база і розроблені системи контролю відповідальних параметрів руху поїздів, які мають певні проблеми функціонування [6,7].

Значний внесок у створення науково-методичного забезпечення та вирішення зазначених завдань внесли роботи вітчизняних та зарубіжних вчених [6,7,8].

Метою роботи є підвищення безпеки транспортних перевезень шляхом розробки алгоритмів контролю відповідальних параметрів руху поїздів, розробки керуючих людино-машинних систем з урахуванням впливу людського фактора і підвищення точності обробки сигналів датчиків із застосуванням сучасних методів фільтрації.

Результати досліджень. Управління є процесом систематичного впливу на об'єкт для досягнення заданої мети. Вибір і формулювання мети залежить від багатьох чинників і має задовольняти безлічі різних умов. Завдання підвищення якості управління зводиться до вибору найбільш оптимального вирішення поставленого завдання з безлічі можливих. Найкращий варіант відповідає екстремуму показника якості (максимуму або мінімуму в залежності від типу задачі). Показники якості являють собою функції або функціонали, що мають значення цільових функцій або функціоналів. Цільові функціонали розглядають, як функції де незалежними змінними є вектори, що характеризують варіанти [8]. У загальному вигляді показник якості для певного виду рішення можна представити у вигляді умовного математичного очікування:

$$J(c) = \int_x Q(x, c) p(x) dx \quad (1)$$

$Q(x, c)$ – функціонал вектора $c = (c_1, \dots, c_N)$, що залежить від вектора випадкових послідовностей $x = (x_1, \dots, x_M)$, щільність розподілу якого дорівнює $p(x)$, x – простір векторів x . Всі вектори подаються у вигляді окремих матриць.

Рішення завдання підвищення якості управління вимагає знання початкової інформації про рівняння руху системи, про критерії оптимальності, про існуючі обмеження і властивості зовнішніх впливів. При наявності достатньої апріорної інформації, тобто після з'ясування критерію оптимальності та визначення обмежень можна визначити явне вираження для функціоналу $J(c)$. Рішення завдання оптимізації зводиться до визначення такого вектора $c = c^*$ (оптимального), який при заданих обмеженнях доставляв би функціоналу $J(c)$ екстремальні значення.

Для вирішення завдання оптимального адаптивного управління в одновимірній безперервній системі критерій оптимальності відповідає мінімуму показника ε^2 , $\varepsilon = y - y_{ж}$.

Прийоми пошуку рішення задачі оптимального управління різноманітні і охоплюють аналітичні та алгоритмічні методи.

Аналітичний підхід до вирішення завдання оптимального управління дозволяє отримати явний результат у вигляді формул, в той же час це досягається завдяки значним спрощенням моделі управління. Аналітичний підхід застосовується для рішення

простих завдань, які можуть бути сформульовані за умови значної ідеалізації завдання.

Алгоритмічні методи, що виникли на базі рішень різного роду рівнянь, не дають явного формульного рішення, а лише представляють алгоритм дій, здійснення якого призводить до необхідного результату.

Від вибору параметрів вектора c залежить ймовірність того, що k -та компонента вектора лежить поза допустимих меж, визначених інтервалом $[a_{k-1}, a_{k-2}]$, тобто

$$P_k(c) = P\{y_k \notin [a_{k-1}, a_{k-2}]\} \quad (2)$$

де $y_k = f_x(x, \Phi(x), c)$.

Якість управління повністю визначається вектор функцією $P(c) = [P_1(c), \dots, P_L(c)]$, і завдання оптимального управління можна сформулювати як задачу визначення такого вектора $c = c^*$, при якому функціонал

$$J(c^*) = \min_{c \rightarrow c^*} M_k \{P_k(c)\}, k \in 1; l \quad (3)$$

досягає мінімуму.

Для пошуку максимального значення критерію оптимальності можна скористатися алгоритмами екстремального керування. Побудова екстремальних систем управління зазвичай засноване на застосуванні того чи іншого виду пошукових коливань. Пошукові коливання дозволяють визначити напрямки руху по екстремальній характеристиці.

Підвищення якості управління автоматизованими системами реалізовано як аналітичними, так і алгоритмічними методами.

Аналітичний підхід до підвищення якості керуючих впливів застосовувався при проектуванні ергатичної системи «Пристрій адаптивної корекції дій оператора рухомого складу». Застосування аналітичних методів дозволило в формульному вигляді отримати алгоритм функціонування пристрою, але математична модель оператора і пристрою була істотно спрощена. Для спрощення моделі «людина-оператор» була представлена лінійна стаціонарна динамічна ланка системи, що не дозволяє враховувати здатності оператора до адаптації і екстраполяції. Для спрощення аналізу була прийнята схема послідовної корекції.

При проектуванні складних багатовимірних систем застосовувалися алгоритмічні методи підвищення якості управління. На основі вимог, що пред'являються в сфері транспортної безпеки, були розроблені алгоритми функціонування систем і пристроїв, які дозволили провести синтез структурних схем. Оптимізація управління проводилася за структурою проєктованих систем і пристроїв.

Суттєвим аспектом безпечного руху поїздів є інтервальне регулювання руху. В умовах постійно

зростаючої щільності руху поїздів на залізниці необхідно використання сучасної надійної системи інтервального регулювання руху. В рамках проведеного дослідження розроблена корисна модель, яка вирішує це завдання із застосуванням сучасних технологій.

Система інтервального регулювання руху поїздів (СІРРП) відноситься до області залізничної автоматики, і може бути використана на локомотивах, моторвагонних рухомих складах з метою підвищення безпеки регулювання руху поїздів, а також в системах інтервального регулювання з використанням радіоканалу.

За прототип було прийнято існуючі системи інтервального регулювання руху поїздів які використовують супутникові системи навігації [9].

Недоліком існуючих систем є відсутність можливості контролю цілісності складу під час руху і визначення швидкості руху та місця розташування відцепу в разі розчеплення поїзда.

Цей недолік знижує надійність і безпеку управління рухом поїздів. Сутність розробки полягає у визначенні координат початку і кінця складу без участі станційних пристроїв за допомогою застосування комплексного локомотивного пристрою безпеки (КЛУБ); у визначенні оптимального швидкісного режиму локомотива з урахуванням відстані до перешкоди і контролі його дотримання; у визначенні мінімально допустимого інтервалу з метою підвищення інтенсивності руху; в розрахунку фактичної швидкості руху поїзда за даними від приймача сигналів супутникових радіонавігаційних систем; в можливості прийняття рішення про екстрене гальмування, в можливості взаємодії КЛУБ з системою автоматичного управління гальмами (САУТ), в можливості контролю цілісності поїзда шляхом організації додаткового радіоканалу.

При використанні системи інтервального регулювання руху поїздів досягається безперервний контроль місця розташування поїзда із заданою точністю, збільшення інтенсивності руху за рахунок більш точного, в порівнянні з системами інтервального регулювання руху, побудованих на основі підлогових пристроїв автоматики, визначення місця розташування поїздів, підвищення безпеки руху шляхом безперервного контролю інтервалу, безперервний контроль цілісності рухомого складу. Алгоритмічна схема роботи СІРРП представлена на рис.

Пояснення до алгоритмічної схеми функціонування СІРРП: 1 – діагностика програмного комплексу і обладнання диспетчерського пункту; 2 – позиціонування поїздів; 3 – передача даних про місцезнаходження поїздів на локомотиви, станції, диспетчеру; 4 – визначення відстані між сусідніми поїздами; 5 – розрахунок допустимої швидкості руху з урахуванням ділянки колії; 6 – передача даних на сусідні локомотиви, найближчі станції, диспетчеру; 7 – умовний оператор: «інтервали між поїздами відповідають нормі»; 8 – умовний оператор: «повторна перевірка даних»; 9 – рух дозволено з встановленою

швидкістю або підвищеною швидкістю; 10 – умовний оператор: «поїзд зупиняється на станції»; 11 – вилучення поїзда з системи; 12 – визначення поїзда, якому необхідно зменшити швидкість або зупинитися; 13 – обчислення необхідної інтенсивності гальмування; 14 – сигнал про небезпечне зближення машиністу і диспетчеру; 15 – сигнал про гальмування на САУТ.

Система інтервального регулювання руху поїздів вирішує завдання підвищення безпеки та інтенсивності руху шляхом безперервного контролю місця розташування поїздів, контролю інтервалів між поїздами і цілісності складів.

Проведені дослідження дозволяють розробити технічні пристрої і алгоритми, призначені для підвищення безпеки роботи транспорту. Запропоновано системи підвищення безпеки руху транспортних засобів: «Система моніторингу стану рухомих об'єктів», «СІРРП».

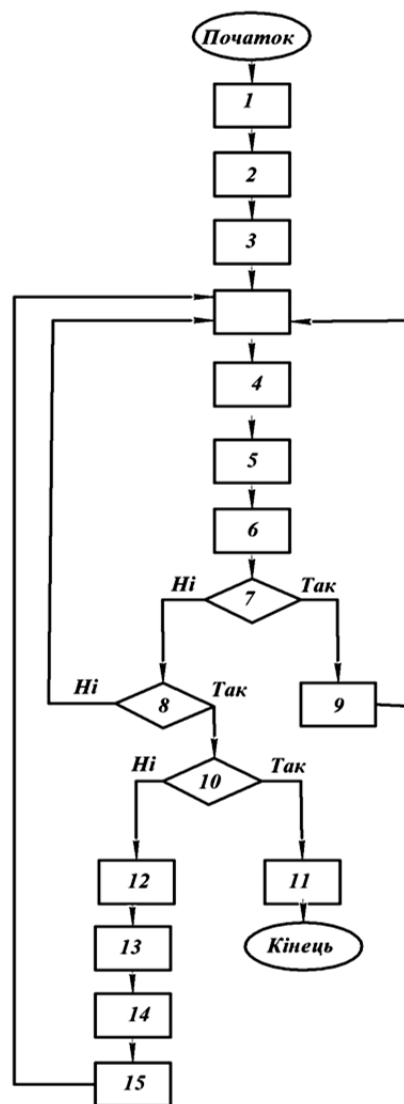


Рис. Алгоритмічна схема роботи системи інтервального регулювання руху поїздів

Висновок. Запропонована в роботі концепція дозволяє розробити такі технічні пристрої: «Пристрій адаптивної корекції дій оператора транспортного засобу», «Пристрій контролю небезпечного зближення поїздів, що прямують в одному напрямку».

Розроблено структурні схеми пристроїв і систем забезпечення безпеки руху. Розроблена система інтервального регулювання руху дозволить збільшити інтенсивність руху на залізниці, що дозволить істотно підвищити економічну ефективність перевезень.

В даний час на залізниці не представляється можливим відмовитися від підлогових пристроїв СЦБ і повністю перейти на системи інтервального регулювання руху побудованих на основі супутникових систем навігації на увазі можливості непрогнозованих збоїв в роботі останніх. Однак, застосування СІРРПІ спільно з підлоговими пристроями СЦБ дозволить забезпечити збільшення інтенсивності руху, зберігаючи при цьому високі показники надійності роботи залізничного транспорту.

Застосування пристрою виявлення небезпечно зближення поїздів дозволить організувати додатковий рівень контролю безпеки для роботи залізничного транспорту на основних магістралях. Використання пристрою на малодіяльних і не електрифікованих ділянках залізниць суттєво підвищить безпеку руху.

Л і т е р а т у р а

- Шабельников, А.Н. Современные методы организационного и технологического управления / А.Н. Шабельников // Автоматика, связь, информатика. – 2007. – №11 (11). – С. 18-23.
- Электропитание устройств железнодорожной автоматики, телемеханики и связи: учебник для вузов / сост. В.В. Сапожников. - Иркут.: Маршрут, 2005. – 453с.
- Сапожников, В.В. Надежность систем ЖАТ и связи / В.В. Сапожников, Вл.В. Сапожников, В.И. Шамапов. – Иркут.: Маршрут, 2006. - 261с.
- Марюхненко, В.С. Синтез устройства адаптивной коррекции управляющих воздействий оператора транспортного средства / В.С.Марюхненко, М.Г.Комогорцев, Т.В.Трускова // Вестник Иркутского Государственного Технического Университета. – 2008. – №3 (35). – С. 131-137.
- Afraimovich, E. L. Geomagnetic storms and the occurrence of phase slips in the reception of GPS signals / E.L. Afraimovich, O.S. Lesyuta, I.I. Ushakov, S. V. Voeikov//Annals of Geophysics. – 2002.-V.45. - №1. – P.55-71.
- Haynes, R.D. Hardware and software reliability and confidence limits for computer-controlled systems / R.D. Haynes, W.E. Thompson // Microelectronics and reliability. – 1980, – v.20. – №.1-2. – P.109–122.
- Марюхненко, В.С. Оценка влияния геометрического фактора на точность и информативность позиционирования объекта в спутниковой радионавигационной системе / В.С. Марюхненко // Успехи современной радиоэлектроники. – 2008. – №2. – С.30 – 40.
- Voronin, V.A. Sistemy interval'nogo regulirovaniya / V.A. Voronin // Avtomatika, svyaz', informatika. – 2007. – № 7. – S.23 – 29.
- Voronin, V.A. Mikroprocessornaya sistema ABTC-M / V.A. Voronin // Avtomatika, svyaz', informatika. – 2006. – № 2. – S. 18–19: il.

References

- SHabel'nikov, A.N. Sovremennye metody organizacionnogo i tekhnologicheskogo upravleniya / A.N. SHa-bel'nikov // Avtomatika, svyaz', informatika. – 2007.-№11 (11).-S. 18–23.
- Elektropitanie ustrojstv zheleznodorozhnoj avtomatik, telemekhaniki i svyazi: uchebnik dlya vuzov / sost. V.V. Sapozhnikov. - Irk.: Marshrut, 2005. – 453s.
- Sapozhnikov, V.V. Nadezhnost' sistem ZHAT i svyazi / V.V. Sapozhnikov, Vl.V. Sapozhnikov, V.I. SHamanov. – Irk.: Marshrut, 2006. - 261s.
- Maryuhnenko, B.C. Sintez ustrojstva adaptivnoj korrekcii upravlyayushchih vozdeystvij operatora transportnogo sredstva / V.S.Maryuhnenko, M.G.Komogorcev, T.V.Truskova // Vestnik Irkutskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta. – 2008. – №3 (35). – S. 131-137.
- Afraimovich, E. L. Geomagnetic storms and occurrence phase slips in reception of GPS signals / E.L. Afraimovich, O.S. Lesyuta, I.I. Ushakov, S. V. Voeikov//Annals of Geophysics. – 2002. V.45. – №1. – P.55-71.
- Haynes, R.D. Hardware and software reliability and confidence limits for computer-controlled systems / R.D. Haynes, W.E. Thompson // Microelectronics and reliability. – 1980, – v.20. – №.1-2. P.109–122.
- Maryuhnenko, B.C. Ocenka vliyaniya geometricheskogo faktora na tochnost' i informativnost' pozicionirovaniya ob"ekta v sputnikovoj radionavigacionnoj sisteme / B.C. Maryuhnenko // Uspekhi sovremennoj radioelektroniki. – 2008. – №2. – S.30 – 40.
- Voronin, V.A. Sistemy interval'nogo regulirovaniya / V.A. Voronin // Avtomatika, svyaz', informatika. – 2007. – № 7. – S.23 – 29.
- Voronin, V.A. Mikroprocessornaya sistema ABTC-M / V.A. Voronin // Avtomatika, svyaz', informatika. – 2006. – № 2. – S. 18–19: il.

Чернецкая-Белецкая Н.Б., Баранов И.О., Мирошникова М.В. Разработка систем контроля ответственных параметров движения поездов.

Проведенный анализ современных систем обеспечения безопасности на транспорте показал существование резервов повышения качества перевозок путем контроля ответственных параметров движущихся объектов. Определены наиболее значимые проблемы создания и совершенствования систем автоматического управления на железнодорожном транспорте. С учетом опыта эксплуатации систем безопасности движения поездов, определены основные способы классификации чрезвычайных ситуаций на железнодорожном транспорте и их характеристики. Предложена алгоритмическая схема работы системы интервального регулирования движения поездов, которая является основным элементом системы повышения безопасности движения. Разработаны структурные схемы устройств и систем обеспечения безопасности движения поездов. Разработанная система интервального регулирования движения обеспечивает увеличение интенсивности

движення на залізничному транспорті і дозволяють підвищити економічну ефективність перевезок.

Ключевые слова: безпека руху, система, поїзд, параметри руху, регулювання.

Chernetska-Biletska N.B., Baranov I.O., Miroshnykova M.V. Development control systems for critical train parameters.

The analysis modern transport safety systems showed existence reserves for improving quality of transportation by controlling responsible parameters moving objects. Disadvantage existing systems is lack of ability control integrity warehouse during movement and determine speed of movement and location turnout in event train split.

The most significant problems creation and improvement systems of automatic control on railway transport are established. Taking into account experience operating train safety systems, main methods of railway emergency classification and their characteristics are identified. An algorithmic scheme operation interval control system for trains, which is main element system of improving traffic safety, is proposed. Structural diagrams train safety devices and systems have been developed. The system of interval control traffic is developed, provides increase intensity movement on railway and allows increase economic efficiency transportations.

The system interval control movement of trains solves problem increasing safety and intensity movement by continuous control location trains, control inter-train intervals and integrity warehouses. However use system interval control of trains in conjunction with the floor units SCS will allow to increase intensity traffic, while maintaining high performance of

railway transport. The use device for detecting dangerous approach trains will allow organize an additional level of safety control for operation railway transport on main highways. Use device in low-traffic and non-electrified sections of roads will significantly improve traffic safety.

These studies allow us develop technical devices and algorithms designed to improve transport safety. The systems increase safety movement of vehicles are offered: "System monitoring condition moving objects", "System interval control of movement trains". The concept proposed in work allows develop following technical devices: "Device adaptive correction of actions vehicle operator", "Device control dangerous approach trains traveling in one direction".

Keywords: traffic safety, system, train, traffic parameters, regulation.

Чернецька-Білецька Н.Б. – д.т.н., проф., зав. кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СХУ ім. В. Даля.

Баранов І.О. – к.т.н., доцент кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СХУ ім. В. Даля. mail: baranov_90@ukr.net

Мірошникова М.В. – старший викладач кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СХУ ім. В. Даля.

Стаття подана 02.04.2020