

транспортні паливно-енергетичні системи, фахову освіту і наукові організації.

Єдина транспортна система може бути розглянута як сукупність шляхів сполучення, технічних засобів і пристроїв усіх видів транспорту, які об'єднані системою технологічних, технічних, інформаційних, економічних і правових відношень для задоволення потреб народного господарства в перевезенні вантажів і пасажирів.

Таким чином, єдина транспортна система включає різноманітні види транспорту, які обслуговують сферу обертання продуктів і товарів, а також перевезення пасажирів. Однак, транспорт також використовується для обслуговування процесу виробництва на підприємствах (внутріцехові, міжцехові, технологічні перевезення, перевезення з цехів на склад готової продукції), але в цьому випадку він є складовою частиною засобів виробництва і не входить до єдиної транспортної системи країни.

Перевезення продукції зі складів підприємств до станцій, перевантажувальних пунктів та інших місць (і навпаки) є частиною процесу перевезення в сфері обігу, незалежно від виду транспорту - загального користування або власних транспортних засобів вантажовідправників і вантажоодержувачів. Отже, зовнішні під'їзні колії промислових підприємств варто розглядати як невід'ємну частину єдиної транспортної системи країни.

Згідно зі статтею 21 "Єдина транспортна система України" розділу II "Транспортна система України" Закону України про транспорт [1], до ЄТС України входять: транспорт загального користування (залізничний, морський, річковий, автомобільний, авіаційний, а також міський електротранспорт, включаючи метрополітен); промисловий залізничний транспорт; відомчий транспорт; трубопровідний транспорт; шляхи сполучення загального користування (автодороги).

Досвід провідних країн, таких як США, Китай, показує, що залізничний транспорт є ключовим перевізником, який може забезпечити значні обсяги транзитних перевезень, включаючи мультимодальні технології. В Україні залізниця виконує близько 35% контейнерних перевезень і більше 50% вантажних, і ця частка продовжує зростати. Останнім часом активно впроваджується технологія перевезення контейнерними поїздами як в межах країни, так і міжнародно. У цьому напрямку спостерігаються позитивні результати співпраці держави і приватного сектору.

Список використаних джерел

1. Закон України «Про транспорт» [Електронний ресурс]. – URL:

<https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/232/94-%D0%B2%D1%80#Text>

– Дата звернення:
14.10.2023

*Б.Т. Ситнік, к.т.н., доцент,
В.О. Бриксін, к.т.н., доцент
(УкрДУЗТ)*

АВТОМАТИЧНЕ ФОРМУВАННЯ ТА РЕГУЛЮВАННЯ РАЦІОНАЛЬНОЇ ШВИДКОСТІ ПОЇЗДА А НА ДІЛЯНЦІ ПРОХОДЖЕННЯ

Для управління високошвидкісними рухомими об'єктами (РО) (роботи, дрони, локомотиви, авто- та авіатранспорт) з нелінійними та змінними параметрами, що функціонують в умовах впливу на них оточення (маса, вітер, підйоми, ухили, радіуси траєкторій руху, перешкоди змінної інтенсивності), необхідне формування заданих нелінійних траєкторій руху на ділянках руху, обмеження необхідної швидкості руху в уставці регулятора швидкості, нелінійна корекція параметрів у налаштуваннях систем управління та ін.

Основними недоліками існуючих диспетчерських підсистем для реалізації автоматичного оперативно-диспетчерського управління є: відсутність інтеграції з контурами управління нижнього рівня ієрархії; не вирішуються завдання прогнозування розвитку поточних ситуацій; значна залежність ефективності управління від суб'єктивних та обмежених фізіологічними характеристиками якостей машиністів та диспетчерів.

Перспективні системи автоматичного керування поїздом здатні видавати нескінченне число градацій швидкості, проте як і раніше в цьому ланцюжку, як передавальна і вкрай ненадійна ланка знаходиться людина. Виняток машиніста з ланцюга бортової системи керування високошвидкісним локомотивом шляхом створення автомашиніста (надання його функцій диспетчеру руху), забезпечить безпосередню взаємодію трьох систем: СЦБ, автомашиніст, локомотив. Це особливо актуально [1-3] в зв'язку з необхідністю формування та підтримки раціональної швидкості руху РО при її зростанні в системах керування рухом високошвидкісним транспортом (СКРВТ) і з відсутністю ряду найважливіших засобів автоматичного контролю (наприклад, завад та перешкод змінної інтенсивності, величини радіусів прохідних кривих r ; підйомів/ухилів j , достовірної і оперативної інформації про дислокацію і ін.). Це потребує формування керуючих впливів в умовах невизначеності, нечіткості. *Перспективні СКРВТ*

повинні виконувати автоматизоване ведення графіків руху і на відміну від існуючих систем, які тільки задають обмеження швидкості на основі даних підсистем автоблокування, автоматично формувати раціональну швидкість поїзда. Для ефективного автоматичного керування швидкістю перспективні адаптивні СКРВТ повинні мати розвинену базу даних, частина якої дубльована в бортових комп'ютерах локомотивів. Така база даних повинна включати: цифрову карту мережі залізниць, цифровий опис планів станцій, цифрові дані про стан (чітка і нечітка інформація) рейкового шляху, супутникову дислокацію рухомих одиниць (приблизну), дислокацію, яка визначається за електронними пікетами (точна), швидкість, яка рекомендується диспетчерськими підсистемами на основі розподілу РО в результаті слідкування за перевезеннями, рекомендовані графіки руху поїздів, величини радіусів прохідних кривих r ; підйомів/ухилів j (профіль колії), масу (вагу) m поїздів, яка визначається масоізмєрїтелями рухомих об'єктів.

Наявність зазначеної бази даних, дозволяє прогнозувати такі переваги перспективних систем СКРВТ:

- на основі моделювання, адаптації і оптимізації систем корекції швидкості руху поїздів за критерієм гарантованого ступеню стійкості збільшити дільничну швидкість поїздів, підвищити стабільність підтримки графіків руху, скоротити парк вагонів і локомотивів, та зменшити енерговитрати в перехідних процесах];

- зменшити кількість непередбачених их зупинок, нераціональних затримок поїздів всіх категорій на ділянках залізниць;

Таким чином, автоматичне формування та регулювання раціональної швидкості поїзда в функції поточного становища на ділянці проходження є основою автоматичного (без участі машиніста) ведення графіка руху і вдосконалення експлуатації засобів рейкового транспорту.

На основну систему керування покладаються функції керування графіком руху поїзда. Значення швидкості на i -й ділянці шляху може бути задано автоматично по карті графіка руху поїзда по ділянці проїзду за сигналами системи АЛС, а значення гранично-допустимого прискорення - в межах від $\pm 0,4/c^2$ до $\pm 0,7$ м/с². Маючи карту (графік) руху, можна синтезувати керування для окремих ділянок руху.

Режими руху проїзду поїзда по координатам швидкість-час можна розділити на кілька фаз: розгін, усталений рух, вибіг, гальмування і зупинка.

Переведення об'єкта з початкового стану $S(0)$ в кінцеве $S(t_k)$ за час t_k може здійснюватися за однією з можливих кривих ($S^1, \dots, S^l, \dots, S^q$) (траєкторій).

При цьому деякі показники якості можуть відрізнятися від оптимальних значень. Наприклад, відхилення від необхідного значення гранично-допустимого прискорення.

Для конкретної ділянки колії відомими є: величини радіусів прохідних кривих r ; підйомів/ухилів j (профіль колії); початкові і кінцеві умови по колії і швидкості руху (S_0, S_k, V_0, V_k); гранично допустимі значення прискорення і сили тяги; час руху. Тут обмеження початкових і кінцевих значень ділянки колії і швидкості повинні виконуватися строго, тобто повинне вирішуватися завдання знаходження оптимальної траєкторії. Дані про гранично-допустимі значення прискорення на ділянці колії повинні використовуватися для знаходження оптимальної траєкторії.

До теперішнього часу системи автоматичного формування нелінійних кривих графіка руху поїзда гарантованої точності не створені. В останні десять років інтенсивно розвиваються методи синтезу автоматичних систем формування вхідних нелінійних сигналів в контури автоматичного керування швидкістю РО, що реалізують графік руху в реальному масштабі часу, на основі нечіткої логіки, нейронних мереж і нейронечітких мереж [1-2].

Запропонована структура адаптивної моделі системи нечіткого завдання швидкості $Vo(s)$ з адаптивною корекцією помилки регулювання швидкості $e(t,s)=Vo(\Delta s)-V(t)$ за фактичними параметрами проходження.

До запропонованої моделі системи додатково до звісної моделі залучен блок завдання графіку руху, якій має додатковий вхід для введення сигналу відхилення $\Delta S(V)$ поточної координати шляху проїзду $S(V)$ від заданої відстані S_k . Сигнал $Vo(\Delta s)$ завдання швидкості руху формується блоком по сигналу відхилення $\Delta S(V)$. Сигнал помилки регулювання швидкості формується блоком по формулі $e(t,s)=Vo(\Delta s)-V(t)$.

Наведені вихідні варіанти кривих необхідного графіка зміни швидкості поїзда при русі на певній ділянці шляху при максимальному прискоренні/уповільненні. У процесі руху поїзда (дизель-поїзди, електропоїзди) для кривої графіка руху можна виділити задані обмеження швидкості і довжини ділянок обмеження. Рух з постійною швидкістю при проїзді, рух з прискоренням, і з уповільненням. При цьому в процесі руху повинен дотримуватися графік руху, який передбачає прибуття поїзда в кінцевий пункт в строго призначений час при максимально допустимих значеннях швидкості руху, прискорення і уповільнення, тобто має здійснюватися вимога переведення об'єкта керування з початкового стану S_0 в кінцеве S_{k+1} за необхідний час. Ці обмеження

швидкості на певній ділянці шляху визначаються, наприклад, з умови комфортності пасажирів, мінімальності енерговитрат, швидкодії та інших умов.

Оцінку потрібного числа нейронів (термів), забезпечуючих задану точність реалізації моделі формування графіка руху по максимальному відхиленню між системною та модельною кривими на ділянці апроксимації наведено в [1-2].

Список використаних джерел

1. B. Sytnik. CONSTRUCTION OF AN ANALYTICAL METHOD FOR LIMITING THE COMPLEXITY OF NEURAL-FUZZY MODELS WITH GUARANTEED ACCURACY / B. Sytnik, V. Bryksin, S. Yatsko, Y. Vashchenko // Международный наукометрический научный журнал "Восточно-Европейский журнал передовых технологий", ISSN 1729-4061 (Online), ISSN 1729-3774. - VOL 2, NO 4 (98) (2019), - p.8-13. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vejpte_2019_2%284%29_2, <http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi->

2. Ситнік Б. Т. Моделі і методи створення систем реалізації графіків руху високошвидкісних поїздів з адаптивною корекцією швидкості за фактичними параметрами проїзду. Частина 1. Структура автоматичної системи нечіткого задання графіка швидкості руху рухомого об'єкта з її корекцією за фактичними параметрами проїзду/Ситнік Б. Т., Бриксіні В. О., Ломотько Д. В., Ситнік В. В., Давидов І. В.//Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – Харків: 2021. – №4. – С.24–35. - Режим доступу: <https://doi.org/10.18664/iksz.v26i4.247235>

*Лагута В. В., к.т.н., доцент
(Український державний університет
науки і технологій, м.Дніпро)*

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ РУХУ ПОЇЗДІВ ТА МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ПОЯВИ НЕБЕЗПЕЧНИХ ВІДМОВ

Кінцевою метою впровадження систем технічної діагностики (ТД) є забезпечення безперебійності перевізного процесу за рахунок підвищення надійності роботи систем та механізмів залізничної автоматики і телемеханіки (СЗАТ).

Поняття безпеки руху поїздів можна сформулювати як визначальна сукупність

властивостей технічних і технологічних засобів залізничного транспорту, навколишнього середовища та цілеспрямованої діяльності людини. Методи забезпечення безпеки дуже різноманітні, але можуть бути зведені до двох основних принципів. Перший принцип пов'язано із введенням надмірності в створювані елементи, вузли, пристрої, системи та подання інформації в ній. Відповідно до другого принципу забезпечення безпеки досягається застосуванням засобів, що локалізують розвиток несприятливих процесів, що захищають систему від видачі неправильних впливів, що попереджають про можливе настання екстремальних ситуацій, які управляють функціонуванням об'єкта в критичних ситуаціях.

Використання з метою управління рухом поїздів інформаційних ресурсів у сучасних системах зумовило появу необхідності забезпечення інформаційної безпеки при функціонуванні таких систем. Основна увага в теорії та практиці забезпечення інформаційної безпеки зосереджено на їхньому захисті від несанкціонованого доступу з метою збереження конфіденційності інформації, її цілісності, доступності дозволенним користувачам. Для однозначного поділу понять та вимог інформаційної безпеки та безпеки руху поїздів, що забезпечується пристроями та системами управління, для останньої застосовується новий термін – функціональна безпека.

Проблеми функціональної безпеки систем залізничної автоматики та телемеханіки (СЗАТ) розглядаються в ряді міжнародних стандартів [1-3], відповідно до яких до основних понять функціональної безпеки відносяться наступні:

- система, що пов'язана з безпекою;
- функція безпеки та повнота безпеки;
- рівень повноти безпеки;
- стан безпеки;
- відмови.

Функцію, яка відображає деякою величиною безпеку системи, метою якої є забезпечення або підтримання безпечного стану стосовно конкретного небезпечного стану, називають функцією безпеки.

Повнота безпеки – це рівень задовільного виконання системою необхідних функцій безпеки за всіх заданих умов протягом певного періоду часу. У стандарті ІЕС 61508 наводяться чотири рівні повноти безпеки (РПБ):

РПБ 1 $\geq 10^{-6}$ до $< 10^{-5}$, (інтенсивність небезпечних відмов), година⁻¹;
РПБ 2 $\geq 10^{-7}$ до $< 10^{-6}$, година⁻¹;
РПБ 3 $\geq 10^{-8}$ до $< 10^{-7}$, година⁻¹;
РПБ 4 $\geq 10^{-9}$ до $< 10^{-8}$ година⁻¹.

РПБ 1 досягається відносно легко за умови застосування на всіх стадіях розробки та виробництва вимог стандартів якості.