

0-76

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені
академіка В. Лазаряна

ОСТАПЕЦЬ Денис Олександрович



УДК 656.212.5

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ
ПРОЦЕСАМИ ЗАЛІЗНИЧНИХ СТАНЦІЙ ШЛЯХОМ
УДОСКОНАЛЕННЯ ЗАСОБІВ КОНТРОЛЮ ТА УПРАВЛІННЯ**

05.22.20 – Експлуатація та ремонт засобів транспорту

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Дніпропетровськ – 2006

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі “Електронні обчислювальні машини”
Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені
академіка В. Лазаряна Міністерства транспорту та зв’язку України

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
ЖУКОВИЦЬКИЙ Ігор Володимирович,
Дніпропетровський національний університет
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна,
завідувач кафедри “Електронні обчислювальні машини”

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
БОБРОВСЬКИЙ Володимир Ілліч,
Дніпропетровський національний університет
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна,
завідувач кафедри “Станції та вузли”

кандидат технічних наук, доцент
ЛОМОТЬКО Денис Вікторович,
Українська державна академія залізничного транспорту,
докторант

Провідна установа: Східноукраїнський національний університет імені
В. Даля Міністерства освіти і науки України, кафедра
“Транспортні технології”, м. Луганськ

Захист відбудеться “ 15 ” лютого 2006 р. о 14³⁰ годині на засіданні
ькому національному
Лазаряна за адресою:

Дніпропетровського
імені академіка В.
ул. Акад. Лазаряна, 2

)

І.В. Жуковицький

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність проблеми. Перевізна спроможність та ефективність роботи мережі залізниць у значній мірі визначається ефективністю роботи станцій. Станції, як магістрального, так і промислового залізничного транспорту, є дуже складними системами, які передбачають надзвичайно складні технологічні процеси (ТП). На теперішній час, основним шляхом підвищення ефективності керування зазначеними ТП є впровадження спеціалізованих інформаційно-керуючих систем (ІКС або ІУС), які отримують вихідну інформацію за допомогою спеціальних засобів (умовно, джерел інформації): напольного та постового обладнання низової автоматики та пристроїв зчитування інформації з них. Коректність та надійність роботи джерел інформації визначає ефективність керування ТП на станції, а також надійність та безпеку функціонування станційного комплексу в цілому.

На даний момент відомі розробки, в яких відмови джерел інформації фіксуються з використанням додаткових апаратних засобів, що збільшує вартість ІУС. Однак, майже відсутні приклади ІУС на залізничних станціях, що можуть продовжувати виконання своїх функцій (у тому числі і керування ТП) в умовах відсутності вихідної інформації (відмов джерел інформації), хоча б із погіршенням якості виконання цих функцій.

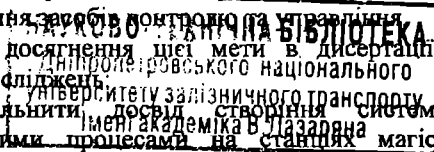
Таким чином, виникає потреба у рішенні актуальної наукової задачі підвищення ефективності керування технологічними процесами станцій магістрального та промислового залізничного транспорту шляхом удосконалення (без апаратної збитковості) засобів контролю та управління, в умовах можливих відмов джерел інформації.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження, що проводяться у рамках дисертації пов'язані з наступними науково-дослідними роботами (у яких автор брав участь у якості виконавця): “Дослідження та розробка методів використання технічних засобів для підвищення достовірності інформації в повагонній моделі в НАСК” (тема № 99.03.00.01); “Розробка підсистеми автоматизованого вводу інформації в режимі реального часу в систему АСК СС про стан технологічного процесу в парку відправлення сортувальної станції” (№ держ. реєстрації 0103U003339, тема № 499/01-950.01-ЦТех 92.70.01.02); “Автоматична система управління швидкістю скочування порожніх вагонів від двох стаціонарних вагоноперекидувачів ст. Рудна (АУСВ-МК)” (№ держ. реєстрації 0106U006497, тема № 92.73.05.06).

Мета і задачі дослідження. Метою дисертації є покращення ефективності керування та рівня безпеки окремих технологічних процесів на станціях магістрального та промислового залізничного транспорту шляхом удосконалення засобів контролю та управління.

Для досягнення цієї мети в дисертації поставлені наступні задачі наукових досліджень: визначення мети в дисертації, постановка задачі, аналіз наукових досліджень, узагальнення досвіду створення систем автоматизації управління технологічними процесами на станціях магістрального та промислового транспорту.

6499a



залізничного транспорту та алгоритмів їх роботи;

- доопрацювати методику підвищення достовірності ідентифікації маршрутів в парках станцій магістрального та промислового залізничного транспорту, оснований на методі максимальної правдоподібності;

- удосконалити математичну та розробити імітаційну моделі автоматизованої системи управління швидкістю скочування порожніх вагонів для станцій промислового залізничного транспорту;

- розробити та дослідити на імітаційній моделі методику підвищення якості роботи автоматизованої системи управління швидкістю скочування порожніх вагонів для станцій промислового залізничного транспорту;

Об'єкт дослідження. Технологічні процеси на станціях магістрального та промислового залізничного транспорту.

Предмет дослідження. Удосконалення засобів контролю та управління технологічними процесами на станціях магістрального та промислового залізничного транспорту.

Методи дослідження: методи теорії ймовірностей та математичної статистики, а також елементи теорії автоматичного управління та фізичні експерименти на макетах обладнання (імітаторах) для дослідження умов працездатності та удосконалення методу ідентифікації маршрутів, оснований на методі максимальної правдоподібності; стандартні методи математичного аналізу та математичної статистики для дослідження динаміки системи регулювання швидкості скочування вагонів при різних керуючих впливах; імітаційне моделювання на ПЕОМ та фізичні експерименти на діючих системах для оцінки точності роботи системи регулювання швидкості скочування вагонів.

Обґрунтованість та достовірність отриманих результатів зумовлена коректністю використаного математичного апарату: апробованих методів складання рівнянь руху, а також методів теорії ймовірностей та математичної статистики та теорії автоматичного керування; задовільним збігом результатів теоретичних досліджень та імітаційного моделювання з результатами експериментів на реальних працюючих системах керування.

Наукова новизна отриманих результатів:

- удосконалено метод підвищення достовірності ідентифікації маршрутів в ІУС парків станції (оснований на методі максимальної правдоподібності) на основі підрахунку розбіжностей між наборами отриманих сигналів та сигналів, що відповідають встановленому маршруту, в якому виключена можливість помилкового визначення маршруту; вперше отримано залежність ефективності даного методу від топології колійного розвитку парку станції, а також умови працездатності цього методу;

- дістала подальший розвиток математична модель цифрового регулятора швидкості автоматизованої системи керування гальмовою позицією з дискретним вимірювачем швидкості, в якій враховано можливість здійснення керуючого впливу при проході кожної вісі вагону над дискретним вимірювачем швидкості; отримано аналітичні вирази для знаходження швидкості виходу вагона з певної ділянки шляху гальмування при всіх можливих керуючих

впливах;

- розроблено метод регулювання швидкості руху вагона в гальмовій позиції з урахуванням можливості здійснення керуючого впливу при проході кожної вісі вагону над дискретним вимірювачем швидкості (“короткі” ділянки); теоретично обґрунтовано ефективність запропонованого методу.

Практичне значення отриманих результатів полягає у наступному:

- розроблені в дисертації наукові положення та результати використані при створенні нових і модернізації існуючих інформаційно-керуючих систем на станціях магістрального та промислового залізничного транспорту;

- розроблена імітаційна модель цифрового регулятора швидкості автоматизованої системи керування гальмовими позиціями з дискретним вимірювачем швидкості, яка дозволяє виконувати дослідження різних алгоритмів управління, а також використовувати її в контурі управління;

- розроблено структуру регулятора, що реалізує запропонований метод регулювання швидкості руху вагона в гальмовій позиції;

- розроблені та запропоновані варіанти технічних структур інформаційно-керуючих систем на базі вітчизняних та зарубіжних промислових засобів для автоматизації технологічних процесів, які призначені для використання на станціях магістрального та промислового залізничного транспорту.

Основні наукові положення, результати та методи, які отримані в дисертаційній роботі використані при розробці системи автоматизованого контролю виконання технологічного процесу сортувальної станції (СКАТ СС) на станції Нижньодніпровськ – Вузол Придніпровської залізниці (зданий лабораторний макет системи) та в робочому проекті автоматизованої системи управління швидкістю скочування порожніх вагонів від двох стаціонарних роторних вагоноперекидувачів (АУСВ–МК) на станції Рудна Маріупольського металургійного комбінату імені Ілліча.

Особистий внесок здобувача. Усі положення і результати, що виносяться на захист, отримані автором самостійно.

В публікаціях, що написані в співавторстві, автору належать: в роботі [1] основного переліку – аналіз основних недоліків сучасних ІКС на сортувальних станціях, методи пошуку причин відмов; в роботі [4] основного переліку – метод підвищення якості та надійності роботи АСУ гальмовими позиціями з дискретним вимірювачем швидкості та метод регулювання швидкості руху вагона в гальмовій позиції з використанням “коротких” ділянок дискретного вимірювача швидкості; в роботі [5] основного переліку – структура пристрою та опис його роботи; в роботі [5] додаткового переліку – аналіз умов та загальна характеристика об’єкта автоматизації та принципи технічної реалізації системи; в роботі [6] додаткового переліку – загальна характеристика об’єкта впровадження, загальний опис принципів роботи системи та реалізація підсистеми завдання ступені гальмування. Роботи [2, 3, 5] основного переліку та [1, 2, 3, 4] додаткового переліку написані автором особисто.

Апробація результатів дисертаційної роботи. Основні положення та результати дисертаційної роботи доповідалися, обговорювалися та схвалені на: 10-й Міжнародній конференції з автоматичного управління “Автоматика-2003”

(м. Севастополь, СевНТУ, 2003р.); 3-й Міжнародній науково – практичній конференції “Мікропроцесорні пристрої та системи в автоматизації виробничих процесів” (м. Хмельницький, 2004р.); 17 та 18-й наукових конференціях “Перспективні системи управління на залізничному, промисловому та міському транспорті” (м. Алушта, 2004р., 2005р.); 2-й науково – практичній конференції “Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем: техніка, технологія, економіка і управління” (м. Київ, КУЕТТ, 2005р.); Міжнародній науково – технічній конференції “Автоматизація: проблеми, ідеї, рішення” (м. Севастополь, СевНТУ, 2005р.); LXVI Міжнародній науково – практичній конференції “Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту” (м. Дніпропетровськ, ДНУЗТ, 2006р.).

Повністю результати дисертаційної роботи доповідалися та були схвалені на засіданні міжкафедрального наукового семінару кафедри “Електронні обчислювальні машини”, “Станції та вузли”, “Автоматика, телемеханіка та зв’язок” та “Управління експлуатаційною роботою” Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна.

Публікації. За матеріалами дисертації опубліковано 11 наукових праць, у тому числі чотири статті у наукових фахових виданнях, які затверджені ВАК України, з них дві особистих, один деклараційний патент на корисну модель, шість тез доповідей на наукових конференціях.

Структура і обсяг роботи. Дисертація складається зі вступу, п’яти розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Повний обсяг роботи складає 236 сторінок; обсяг основного тексту – 162 сторінки, у тому числі 44 рисунки та 14 таблиць, які займають 16 окремих сторінок; 11 додатків на 56 сторінках. Список використаної літератури складається з 111 найменувань та має обсяг 12 сторінок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У *вступі* обґрунтована актуальність теми, показаний зв’язок з науковими програмами, планами, темами, сформульовані мета і задачі дослідження, відображені наукова новизна, практичне значення отриманих результатів та особистий внесок автора, наведена інформація про апробацію та публікації результатів дисертаційної роботи.

Перший розділ містить аналіз стану питання створення систем автоматизації управління технологічними процесами (ТП) на станціях магістрального та промислового залізничного транспорту.

Показано, що ТП на станціях як магістрального, так і промислового залізничного транспорту (як об’єктів автоматизації) мають ряд особливостей, які визначають складність якісного керування ними, у тому числі, і в умовах функціонування ІУС (АСУТП). У створюваних системах також необхідно враховувати випадковий характер деяких параметрів і розвивати методи їх ідентифікації.

Відзначено, що автоматизацію станцій умовно можна розділити на автоматизацію організаційного рівня (системи верхнього рівня) й

автоматизацію ТП. Істотним і головним недоліком сучасних систем верхнього рівня є велике запізнювання і недостатня достовірність інформації про хід виконання технологічних операцій над поїздами в парках станцій. Одним зі шляхів вирішення цієї проблеми є створення систем нижнього рівня – АСУТП. Найбільш розповсюдженими і немаловажними з останніх є системи автоматизації процесу розформування поїздів на сортувальних гірках.

У країнах колишнього СРСР, у т.ч. і в Україні, накопичено великий досвід створення систем керування технологічними процесами на залізничних станціях. Відомий ряд наукових праць таких вчених, як Бобровський В.І., Божко М.П., Долаберидзе А.М., Жуковицький І.В., Іванченко В.М., Красовський Г.А., Лябях М.М., Модін М.К., Муха Ю.А., Нагорний Є.В., Переборов А.С., Рудановський В.М., Савицький А.Г., Сапожников В.А., Сапожников Вл.А., Сафріс Л.В., Скабалланович В.С., Устенко А.Б., Фонарьов М.М., Шафіт Є.М. та інших, що зробили великий внесок у розвиток теорії та практики створення, удосконалювання й експлуатації таких систем.

У розділі детально розглянуті основні особливості існуючих на даний момент вітчизняних і закордонних систем такого класу та методи підвищення якості їх роботи. Такі системи використовують автоматичний з'йом інформації з напольного устаткування пристроїв залізничної автоматики і телемеханіки. Розглянуто відомі алгоритми керування уповільнювачами гальмової позиції (ГП) для регулювання швидкості скочування відцепів з гірки та методи, що дозволяють підвищити достовірність і точність вихідної інформації (у т.ч. про параметри об'єкта).

На основі проведеного аналізу, виявлені основні недоліки існуючих АСУТП на залізничних станціях:

- у ряді систем не враховується недетермінований характер параметрів об'єкта (відцепу) і органів керування (уповільнювачів);
- низька якість методів ідентифікації параметрів об'єкта й органів керування;
- низька якість роботи систем, особливо в умовах відмов або збоїв джерел вихідної інформації, тобто при малодостовірних вихідних даних.

Таким чином, на даному етапі розвитку систем керування ТП станцій магістрального і промислового залізничного транспорту, необхідними є дослідження і розробка методів підвищення якості їх роботи, у т.ч. і в умовах малодостовірних вихідних даних.

Другий розділ присвячено дослідженню та доробці методики підвищення достовірності вихідної інформації про технологічну ситуацію в парках залізничних станцій.

Для оцінки технологічної ситуації, ІУС залізничних станцій використовують інформацію, що знімається з ряду джерел (реле систем ЕЦ стрілок та сигналів і датчиків різних типів) за допомогою спеціальних засобів – пристроїв зв'язку з об'єктом (ПЗО) або з систем диспетчерської централізації (ДЦ).

Практика впровадження й експлуатації таких ІУС показала, що при оцінці стану напольного обладнання (під оцінкою стану тут розуміється введення в ІУС інформації про положення стрілок, зайнятість ділянок, сигналах світлофорів і т.д.) часто виникають ситуації викривлення інформації. В розділі

розглянуто шляхи підвищення достовірності інформації, що знімається з напольного і постового обладнання в парках залізничних станцій. Показано, що економічно доцільним є використання спеціальних алгоритмічних методів підвищення достовірності. Базовою для досліджень прийнято проблему ідентифікації в ІУС встановленого маршруту.

У більшості ІУС використовується найпростіший алгоритм визначення встановленого маршруту, назовемо його традиційним. Першу ділянку маршруту визначають по «приходу» сигналу дозволу відповідного світлофора. Потім, по положенню стрілок на цій ділянці, визначають номер ділянки маршруту, що примикає до даної. Вважають цю ділянку включеною у маршрут. По положенню стрілок на ділянці, включеній у маршрут, визначають наступну ділянку, що примикає, і так далі, поки на черговій ділянці не буде зафіксований заворонний сигнал світлофора. Якщо при цьому відбудеться викривлення хоча б одного сигналу про положення стрілки, то маршрут буде визначено невірно.

Відомий метод підвищення достовірності ідентифікації встановленого маршруту, заснований на методі максимуму правдоподібності. При цьому використовується додаткова інформація від так званих «замикаючих» реле (ЗР) ізольованих ділянок, яка, зазвичай, вже поступає до системи. Кожна ізольована ділянка має своє ЗР. Звичайно це реле знаходиться під струмом. Але коли ізольована ділянка включена у встановлений маршрут, то відповідне ЗР знеструмлюється (сигнали від ЗР доповнюють сигнали про положення стрілок).

Кожен маршрут M ($M = 1..M_{max}$) містить у собі деяку множину стрілок $n_i \in N$ (N – загальна множина стрілок) і ізольованих ділянок $\theta_j \in \Theta$ (Θ – загальна множина ізольованих ділянок). Для кожного маршруту повинне бути визначене сумарне число подій K_M , що відповідають ситуації, при якій даний маршрут вважається встановленим:

$$K_M = \sum_i n_i + \sum_j \theta_j.$$

Фактично $\sum_i n_i$ та $\sum_j \theta_j$ – це, відповідно, кількість стрілок та ізольованих ділянок у маршруті M .

При ідентифікації маршруту, підраховують оцінку \hat{K}_M подій, що відповідають встановленому маршруту; відношення цієї оцінки до заданого для даного маршруту числа подій K_M названо оцінкою ймовірності ідентифікації

маршруту:

$$\hat{P}_M = \frac{\hat{K}_M}{K_M}.$$

Далі, із усієї кількості M_{max} отриманих у такий спосіб оцінок ймовірностей, відшукується максимальна. Маршрут, що відповідає цій оцінці, і буде знайденим з максимальною правдоподібністю, встановленим маршрутом.

Автором запропоновано модернізувати даний метод ідентифікації маршруту для можливості визначення джерела збою. Якщо ймовірність ідентифікації одного з маршрутів найбільша, але менша 100%, то, знаючи, що відмовив один з пристроїв, можна визначити джерело помилкового сигналу. Кількість пристроїв, що відмовили, (викривлених сигналів) можна визначити, якщо відняти зі сумарного числа подій K_M оцінку числа \hat{K}_M подій для даного

маршруту. Якщо ж відмовило більш одного пристрою, то визначати джерела відмов немає можливості, оскільки велика ймовірність невірної ідентифікації даного маршруту.

Виконано програмну реалізацію даної методики для парку сортувальної станції в рамках системи АІС ПВ (автоматизованої інформаційної системи парку відправлення – підсистеми СКАТ СС). Для дослідження ефективності даної методики на базі розробленого автором програмного забезпечення для визначення маршруту, створений комплекс програм, що містить у собі спеціальний імітатор сигналів, одержуваних від напольного обладнання. Імітатор генерує всі можливі комбінації сигналів від напольного устаткування, у т.ч. при одиночних викривленнях сигналів. Викривлення двох і більш сигналів не розглядаються, тому що ймовірність виникнення таких ситуацій мізерно мала в порівнянні з ймовірністю виникнення одиночних викривлень.

Розглянуті типові варіанти топології парків сортувальних станцій. На підставі проведених досліджень, встановлена залежність ефективності даної методики (у порівнянні з традиційної) від топології парку сортувальної станції. Для працездатності такої методики *необхідно, щоб набір сигналів для кожного з можливих маршрутів відрізнявся від інших як мінімум двома розрядами*. Стосовно до більшості можливих варіантів топологій станцій, ця умова означає, що кожному стрілочному переводу повинні відповідати дві ізольованих ділянки (по одній на кожний з напрямків, що переключаються стрілкою).

За результатами досліджень дороблена методика підвищення достовірності ідентифікації встановленого маршруту. Для цього запропоновано підраховувати розбіжності між наборами сигналів, що надійшли, і сигналів, що відповідають встановленню маршруту. Показано, що в даному випадку *помилкове визначення маршруту виключене, усі помилки можуть бути розпізнані системою*.

У третьому розділі викладено математичну модель і методику дослідження системи автоматичного керування уповільнювачами гальмової позиції (ГП) з дискретним вимірювачем швидкості на базі керуючих ЕОМ. Такі системи застосовуються на станціях промислового залізничного транспорту для управління швидкістю скочування одиночних вагонів.

Розглянуто технічну структуру даної системи; об'єктом керування є вагон, а виконавчим органом ГП з уповільнювачами натискного типу (прицільне гальмування). Також система містить пристрій керування уповільнювачами, манометричний регулятор тиску і, власне, регулятор системи – керуючу ЕОМ.

Показано, що керуючий обчислювальний комплекс системи зручно представити у вигляді імпульсно-релейного регулятора (ІРР). У відомих регуляторах обчислюються граничні значення швидкостей для кожної ділянки гальмування, що розділяють координату швидкості на діапазони, кожному з яких відповідає визначена ступінь гальмування (рис. 1).

При в'їзді вагона на будь-яку ділянку гальмування, регулятор за виміряним значенням швидкості вибирає ступінь гальмування. Так, в ІРР без зворотних зв'язків по ступіням гальмування, виміряне значення швидкості $v^*[n]$ порівнюється з заданим для кожної n -ї ділянки гальмування чотирма

(відповідно до кількості границь між ступіннями гальмування) швидкостями, що виробляються блоком завдання швидкостей переключень цю заданій швидкості v_3 виходу вагона з ГП і номеру ділянки n .

Сигнали різностей $\varepsilon_{01}[n]$, $\varepsilon_{12}[n]$, $\varepsilon_{23}[n]$, $\varepsilon_{34}[n]$ виміряного і заданого для n -ї ділянки значень швидкостей надходять на входи блоку вибору ступіні

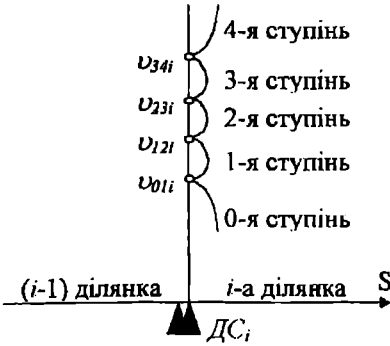


Рис. 1 Набір граничних швидкостей для i -ї ділянки

гальмування, що має п'ять виходів U_0 , U_1 (відповідно до кількості ступіней гальмування). Поява сигналу $U(n)$ на його виході визначається в такий спосіб:

$$U(n) = \begin{cases} U_0 & \text{если } v^*[n] \leq v_{01}^*[n]; \\ U_1 & \text{если } v_{01}^*[n] < v^*[n] \leq v_{12}^*[n]; \\ U_2 & \text{если } v_{12}^*[n] < v^*[n] \leq v_{23}^*[n]; \\ U_3 & \text{если } v_{23}^*[n] < v^*[n] \leq v_{34}^*[n]; \\ U_4 & \text{если } v_{34}^*[n] < v^*[n]. \end{cases}$$

Показано, що розглянута система відноситься до класу стохастичних, істотно нелінійних систем з перемінними параметрами та запізнюванням. Поведінка

системи наприкінці n -ї ділянки гальмування буде визначатися координатами швидкості v вагона і тиску P у циліндрах уповільнювача в момент входу вагона на дану ділянку гальмування, номером n даної ділянки, а також випадковим значенням гальмової характеристики. Також зроблено аналіз інших можливих схем ГРР.

Розглянуто статичні і динамічні характеристики виконавчого органа системи. Відомо, що питоме гальмове зусилля зручно обчислювати як:

$$W_T = A_W \cdot P^{C_W} + B_W,$$

де P – тиск робочого тіла в гальмових циліндрах,

A_W , B_W , C_W – емпірично знайдені коефіцієнти для конкретного типу уповільнювача та вагона.

Також відомо, що у процесі зміни тиску в циліндрах уповільнювача натискного типу при гальмуванні та розгальмуванні можна виділити декілька періодів: “чисте” запізнення (t_{22} та t_{20} відповідно), а також час до початку впливу на колеса вагону при гальмуванні (t_{00}); період зміни тиску в гальмових циліндрах до певного значення (t_2 та t_0 відповідно), причому закон зміни описується експоненціальною залежністю з постійними часу, значення яких залежать від типу уповільнювача (τ_r та τ_0 відповідно); період «розпадання» шин уповільнювача при розгальмуванні (t_P).

Розглянуто методику визначення значення питомого гальмового зусилля на n -й ділянці гальмування W_{Tn} в системах з дискретним вимірювачем швидкості (див. рис. 2). Відзначено, що доцільно ввести спеціальну відносну величину – коефіцієнт гальмової характеристики на даній ділянці гальмування:

$$K_n = \frac{W_{Tn}}{\bar{W}_T},$$

де \bar{W}_T – середнє для даної гальмової позиції значення W_T .

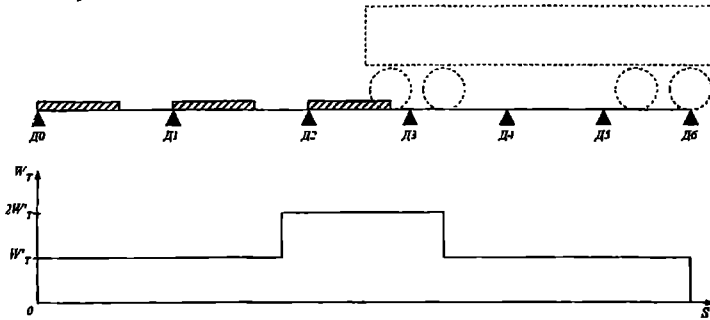


Рис. 2
Розташування датчиків у гальмовій позиції та її гальмова характеристика

Слід також зазначити, що звичайно в якості \bar{W}_T приймають середнє значення питомого гальмового зусилля для всієї гальмової позиції. Однак, для гальмової позиції, що складає з декількох однотипних уповільнювачів типу РНЗ можливо і, на думку автора, простіше, скористатися значенням питомого гальмового зусилля одного уповільнювача (W_T'). Тоді, наприклад, для першої ділянки гальмування завжди $W_{T1} = W_T'$, тобто $K_1 = 1$.

Зроблено аналіз динаміки системи в перехідних режимах її роботи; при цьому відзначено, що стохастичний характер системи (в основному – гальмової характеристики уповільнювачів гальмової позиції) доцільно враховувати за допомогою випадкового параметра A_W .

Відомо, що при постійній ступіні гальмування j наприкінці n -ї ділянки гальмування, вагон досягне швидкості
$$v_{en} = \sqrt{v_n^2 - 2 \cdot a_{jn} \cdot L_n},$$

де v_n – швидкість входу вагона на n -ту ділянку,

L_n – довжина n -ї ділянки,

a_{jn} – уповільнення вагона на n -й ділянці при j -й ступіні гальмування;

причому:
$$a_{jn} = \mu_j \cdot K_n \cdot g' \cdot (A_W \cdot P_j^{C\pi} + B_W) \cdot 10^{-3} - \alpha,$$

де μ_j – спеціальна змінна; $\mu_j = 0$, якщо $j = 0$ та $\mu_j = 1$, якщо $j \neq 0$,

g' – прискорення вільного падіння з урахуванням інерції обертових мас;

α – прискорення вільного скочування вагона, постійне в межах зони гальмування.

При переключенні з поточної j_1 -ї ступіні гальмування на більш низьку ступінь j_2 , весь шлях руху вагона на ділянці можна представити у виді послідовності трьох зон, що відповідають періодам зміни тиску в гальмових циліндрах; тоді при розрахунках зручно застосовувати метод припасування.

Тоді до кінця першої зони вагон досягає швидкості:

$$V_1 = v_n - a_{j_1, n} \cdot t_{Z0}, \quad (1)$$

та проходить шлях:
$$h_1 = v_n \cdot t_{Z0} - \frac{1}{2} a_{j_1, n} \cdot t_{Z0}^2 \quad (2)$$

У другій зоні, протягом часу t_{0j_1} тиск у гальмових циліндрах уповільнювачів змінюється від величини P_{j_1} до величини P_{j_2} за експоненціальним законом. Вираз, що визначає зміну уповільнення в часі буде виглядати так:

$$a(t) = K_n \cdot g' \cdot (A_W \cdot (P(t))^{C_W} + B_W) \cdot 10^{-3} - \alpha. \quad (3)$$

До кінця зони вагон досягає швидкості $V_2 = V_1 - \int_0^{t_{0j_1}} a(t) dt =$

$$= V_1 - K_n \cdot A_W \cdot g' \cdot P_{j_1}^{C_W} \cdot Q_{01j_1} \cdot 10^{-3} - (K_n \cdot B_W \cdot g' \cdot 10^{-3} - \alpha) \cdot t_{0j_1},$$

де $Q_{01j_1} = \int_0^{t_{0j_1}} \left(e^{-\frac{t}{\tau_0}} \right)^{C_W} dt = -\frac{\tau_0}{C_W} \cdot \left(e^{-\frac{t_{0j_1} \cdot C_W}{\tau_0}} - 1 \right).$

Довжина такої зони складає:

$$h_2 = \int_0^{t_{0j_1}} \left(V_1 - \int_0^t a(t) dt \right) dt =$$

$$= V_1 \cdot t_{0j_1} - K_n \cdot A_W \cdot g' \cdot P_{j_1}^{C_W} \cdot Q_{02j_1} \cdot 10^{-3} - (K_n \cdot B_W \cdot g' \cdot 10^{-3} - \alpha) \cdot \frac{t_{0j_1}^2}{2},$$

де $Q_{02j_1} = \int_0^{t_{0j_1}} \int_0^t \left(e^{-\frac{t}{\tau_0}} \right)^{C_W} d^2t = \frac{\tau_0^2}{C_W^2} \cdot \left(e^{-\frac{t_{0j_1} \cdot C_W}{\tau_0}} - 1 \right) + \frac{\tau_0}{C_W} \cdot t_{0j_1}.$

Відрізок шляху, що залишився (третя зона), дорівнює $h_3 = L_n - (h_1 + h_2)$

Вагон проходить цей відрізок при включеній ступіні гальмування j_2 і до його кінця досягає швидкості:

$$v_{en} = \sqrt{V_2^2 - 2 \cdot a_{j_2, n} \cdot h_3} \quad (4)$$

При переключенні уповільнювачів з поточної j_1 -ї ступіні гальмування на більш високу ступінь гальмування j_2 на деякій n -й ділянці весь шлях руху вагона також зручно розглядати у виді трьох зон.

Тоді рівняння, що описують рух вагона в першій зоні будуть аналогічні (1) і (2) з урахуванням заміни в них t_0 на t_2 .

Протягом часу t_{2j_1} (друга зона) тиск у гальмових циліндрах уповільнювачів наростає від величини P_{j_1} до величини P_{j_2} .

Зміну уповільнення в часі можна знайти по формулі (3). Тоді, швидкість вагона до кінця другої зони досягне величини:

$$V_2 = V_1 - \int_0^{t_{2j_1}} a(t) dt = V_1 - K_n \cdot A_W \cdot g' \cdot P_{j_1}^{C_W} \cdot Q_{21j_1} \cdot 10^{-3} - (K_n \cdot B_W \cdot g' \cdot 10^{-3} - \alpha) t_{2j_1}, \quad (5)$$

де $Q_{21j_1} = \int_0^{t_{2j_1}} \left(\frac{P_{\max}}{P_{j_1}} - \left(\frac{P_{\max}}{P_{j_1}} - 1 \right) \cdot e^{-\frac{t}{\tau_r}} \right)^{C_W} dt$

Довжина зони дорівнює:

$$h_2 = \int_0^{t_{2j_1}} \left(V_1 - \int_0^t a(t) dt \right) dt =$$

$$= V_1 \cdot t_{2j_1} - K_n \cdot A_W \cdot g' \cdot P_{j_1}^{C_W} \cdot Q_{22j_1} \cdot 10^{-3} - (K_n \cdot B_W \cdot g' \cdot 10^{-3} - \alpha) \cdot \frac{t_{2j_1}^2}{2},$$

$$\text{де } Q_{22j_1} = \int_0^{t_{2j_1}} \int_0^t \left(\frac{P_{\max}}{P_{j_1}} - \left(\frac{P_{\max}}{P_{j_1}} - 1 \right) \cdot e^{-\frac{t}{\tau_r}} \right)^{C_W} d^2 t.$$

Значення інтегралів Q_{21j_1} і Q_{22j_1} можуть бути знайдені одним з чисельних методів або у загальному виді для деяких конкретних значень C_W (наприклад, для уповільнювачів РНЗ $C_W = 1$).

Відрізок шляху, що залишився, h_3 (третя зона) можна знайти по формулі (4). Цей відрізок вагон проходить з постійною затримкою $a_{j_2,n}$ і до його кінця досягає швидкості, який можна визначити по формулі (5).

При $j_1 = 0$ можна скористатися виразами, отриманими вище, з обліком того, що час t_2 замінити на суму $t_2 + t_{00}$. Скориставшись змінною μ_{j_1} , одержимо:

$$a_{j_1,n} = \mu_{j_1} \cdot K_n \cdot g' \cdot (A_W \cdot P_{j_1}^{C_W} + B_W) \cdot 10^{-3} - \alpha,$$

$$V_1 = v_n - a_{j_1,n} \cdot (t_{22} + \mu_{j_1} \cdot t_{00}),$$

$$h_1 = v_n \cdot (t_{22} + \mu_{j_1} \cdot t_{00}) - \frac{1}{2} a_{j_1,n} \cdot (t_{22} + \mu_{j_1} \cdot t_{00})^2$$

Отже, отримано аналітичні вирази для знаходження швидкості виходу вагона з деякої n -ї ділянки шляху гальмування v_{en} при всіх можливих керуючих впливах.

У *четвертому розділі* проведено дослідження методу підвищення якості роботи систем автоматичного управління швидкістю скочування порожніх вагонів з гірки на станціях промислового залізничного транспорту.

Відзначено, що при розрахунку параметрів настройки регулятора гальмової позиції з дискретним вимірювачем швидкості і розробці алгоритмів його роботи доцільно використовувати прогноз траєкторії руху вагона в гальмовій позиції і послідовності вибору ступіней гальмування.

Найбільш прогресивним на даний момент є принцип регулювання швидкості скочування, при якому закон зміни бажаної швидкості являє собою криву $v(S)$ руху вагона в уповільнювачі, що закінчується в деякій точці, що називається швидкістю прицілювання. Згідно цього принципу, при наїзді першої вісі вагона на датчик швидкості, регулятор виконує порівняння виміряного значення швидкості з набором настроєних граничних швидкостей та вибирає відповідну ступінь гальмування. Відомо, що між наїздами на датчики, процес гальмування некерований. При цьому, відстань між датчиками достатньо велика ("довгі" ділянки), тому час знаходження в некерованому стані теж може бути значним. Це негативно впливає на якість регулювання. Також, при достатньо великій швидкості вагона, можлива ситуація виходу вагона за межі ділянки раніше, ніж буде переключено уповільнювач (час перехідних процесів значний). Крім того, відмова хоча б одного датчика призводить до збільшення довжини ділянки гальмування. При цьому можливе перегальмування, навіть до зупинки вагону.

На підставі цього запропоновано новий принцип роботи регулятора гальмової позиції з дискретним вимірювачем швидкості, заснований на обробці інформації про виміряну швидкість вагона не тільки по першій його вісі, а й по всіх інших осях, що дозволяє представити зону гальмування як сукупність відносно «коротких» ділянок і підвищити ефективність процесу гальмування.

Алгоритм керування такий, що після переключення уповільнювача на потрібну ступінь гальмування тільки після закінчення часу перехідного процесу і при входженні на чергову «коротку» ділянку, система може видавати наступний керуючий вплив. Тобто, гальмування здійснюється на декількох суміжних «коротких» ділянках (якщо довжина ділянки така, що при русі по ній вагона, перехідні процеси в уповільнювачі не завершаються, то на даній ділянці керування неможливе і до неї додається наступна і т.д. – з декількох «коротких» ділянок утворюється одна більш довга).

На базі методу «нелінійного ведення» розроблено принцип розрахунку настройки регулятора гальмової позиції з дискретним вимірювачем швидкості і «короткими» ділянками гальмування (див. рис. 3).

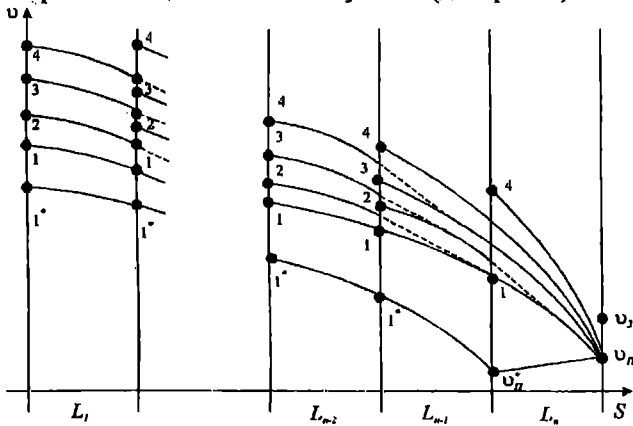


Рис. 3 Границі можливих траєкторій руху вагона в ГП для різних керуючих впливів

Принцип настройки схожий на метод динамічного програмування. Обчислення швидкостей переключення починається з ділянки, що знаходиться наприкінці зони гальмування (n -та ділянка). Попередньо визначаються номери останніх «керуваних» ділянок для кожної ступіні гальмування. Тобто «короткі» ділянки поєднуються в «довгі» такої довжини, що дозволила б за час

руху по ній вагона завершитися перехідному процесу переключення уповільнювачів. Як видно з рис. 3, номер останньої ділянки для різних ступіней гальмування, у загальному випадку, різний (тобто його значення залежить від j та v_n). Рівні переключення на останніх утворених m -х ділянках гальмування

обчислюються наступним чином:
$$v_{j,j-1,m} = \sqrt{v_n^2 + 2M[a_{jm}^*]L_m^*}, j = \overline{1, j_{\max}},$$

де $M[a_{jm}^*]$ – середнє уповільнення на отриманій об'єднаній ділянці,

L_m^* – сумарна довжина отриманої об'єднаної ділянки.

Після визначення довжини та складу чергової ділянки регулювання, рівні переключення на ній обчислюються за допомогою виразів:

$$v_{1,0,m-1} = \sqrt{v_{1,0,m}^2 + 2M[a_{jm-1}^*]L_{m-1}^*},$$

$$v_{j,j-1,m-1} = \sqrt{(v_{j,j-1,m} + \Delta v_{j,j-1})^2 + 2M[a_{jm-1}^*]L_{m-1}^*}, j = 2, j_{\max},$$

де $\Delta v_{j,j-1}$ – прирощення швидкості, що враховує перехідний процес переключення уповільнювачів на $(i+1)$ ділянці з j на $(j-1)$ ступінь гальмування.

Фактичні лінії ведення будуть проходити вище розрахункових (див. рис. 3), тому $v_{II} < v_3$ і розгальмовування уповільнювачів у процесі керування виключено. Однак, реальний процес гальмування недетермінований, тобто фактичні значення уповільнень на ділянках можуть відрізнятися від розрахункових. Тобто, можливе включення 0-ї ступіні гальмування, наприклад, при перегальмуванні на попередній ділянці. При цьому значно збільшується час перехідних процесів і витрачається багато повітря з магістралі. Щоб зменшити можливість виникнення такої ситуації, рівні переключення з 0-ї ступіні на 1-у обрані нижче розрахункових (див. рис. 3), за винятком останньої ділянки.

Для цього вводиться додаткова лінія ведення, що закінчується в точці v_{II}^* , яка відповідає початку останньої ділянки (див. рис. 3):

$$v_{II}^* = \sqrt{v_{II}^2 - 2 \cdot \alpha \cdot L_m^* + \Delta v^*},$$

де Δv^* – прирощення швидкості вагона за час перехідного процесу при переключенні уповільнювачів з 0-ї на 1-у ступінь гальмування.

Для дослідження принципів регулювання, на базі математичної моделі розроблена стохастична імітаційна модель регулятора гальмової позиції з дискретним вимірювачем швидкості і “короткими” ділянками гальмування. За основу прийнято подійний принцип моделювання. При цьому, процес гальмування складається з окремих подій: вхід вагона на чергову ділянку керування (сукупність об’єднаних “коротких” ділянок), а також вхід вагона на кожну з трьох зон ділянки (періодів гальмування). Даний принцип дозволить підвищити точність результатів і скоротити кількість виконуваних обчислень.

У даній моделі прийняті наступні допущення:

– гальмова характеристика уповільнювачів – випадкова величина, розподілена за нормальним законом (з відомим математичним очікуванням і с.к.в.); у межах однієї реалізації гальмова характеристика постійна;

– сумарний питомий опір руху вагона – випадкова величина, розподілена за нормальним законом (з відомим математичним очікуванням і с.к.в.); у межах однієї реалізації опір руху постійний;

– швидкість входу вагона в гальмову позицію – випадкова величина, розподілена за нормальним законом (з відомим математичним очікуванням і с.к.в.).

Нормальний закон розподілу вищезгаданих величин прийнятий згідно з роботами ряду авторів.

Загальна послідовність моделювання роботи регулятора, що працює за різними принципами однакова; відмінність полягає тільки в моделюванні алгоритму керування.

Адекватність розробленої імітаційної моделі підтверджується, у першу чергу, коректністю математичної моделі, на базі якої вона побудована. Крім

того, результати, отримані на імітаційній моделі, яка настроєна на вихідні дані відомої системи АУСВ-2, відрізняються від експериментально отриманих на цій системі результатів не більш, ніж на 10%.

Також в розділі описано методику корекції значень швидкості прицілювання, як функції від заданої швидкості виходу з гальмової позиції. На базі даної методики за допомогою імітаційної моделі інтерпольована, як лінійна, залежність значення швидкості прицілювання від заданої швидкості виходу:

$$v_{\Pi} \approx 0.99 \cdot v_3 - 0.04.$$

Відзначено, що основним показником якості процесу гальмування є середньоквадратичне відхилення σ_{v_3} фактичної швидкості виходу вагона з ГП. Зроблено дослідження якості регулювання швидкості за різними принципами на розробленій імітаційній моделі. Моделювання при цьому проходить при однакових вихідних даних. Результати показали значну перевагу (~20–70%) у більшості випадків запропонованого регулятора з “короткими” ділянками гальмування (рис. 4). Приклади розподілу швидкостей виходу вагона з ГП при $v_3 = 2.5 \text{ м/с}$ для досліджуваних принципів регулювання приведені на рис. 5.

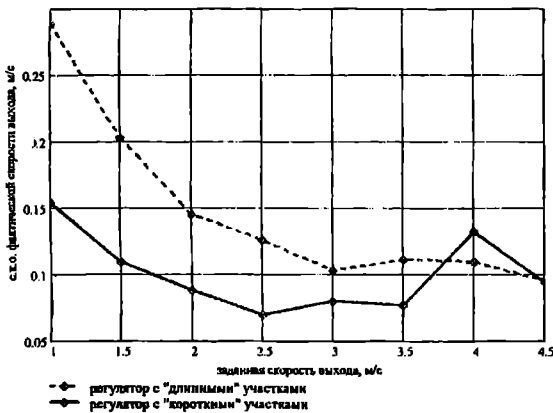


Рис. 4 Залежність с.к.в. реалізації фактичної швидкості виходу від заданої

Підвищення точності роботи регулятора відбувається за рахунок більш гнучкого й оптимального вибору моментів переключення ступіней гальмування. Причому, в середньому кількість переключень з однієї ступіні на іншу при гальмуванні вагона для обох принципів регулювання однакова. Тобто, витрати стислого повітря приблизно однакові.

Результати моделювання роботи різних регуляторів у ситуаціях відмов одного з датчиків швидкості показують (рис. 6), що точність запропонованого регулятора з “короткими” ділянками гальмування погіршується незначно (с.к.в. 0.074–0.08 м/с), а регулятора з “довгими” ділянками значно (с.к.в. 0.139–0.228 м/с). При моделюванні відмов двох датчиків швидкості встановлено, що в таких ситуаціях регулятор з “довгими” ділянками практично непрацездатний, а регулятор з “короткими” ділянками зберігає високу точність роботи при використанні додаткового датчика швидкості, розташованого перед входом у гальмову позицію (с.к.в. 0.079–0.137 м/с).

Впровадження запропонованого принципу регулювання швидкості економічно доцільно. Орієнтовний економічний ефект від використання

запропонованого регулятора замість регулятора з “довгими” ділянками (за рахунок зменшення бою вагонів і кількості довгих “вікон”) складає більш 73000 грн/рік. При цьому, розрахунковий строк окупності системи – менш 3-х років.

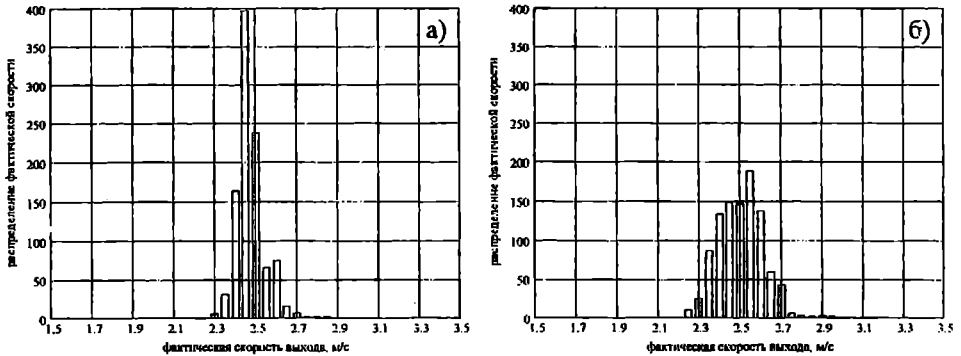


Рис. 5 Гістограми розподілу швидкості виходу для регулятора з “короткими” (а) та “довгими” (б) ділянками гальмування

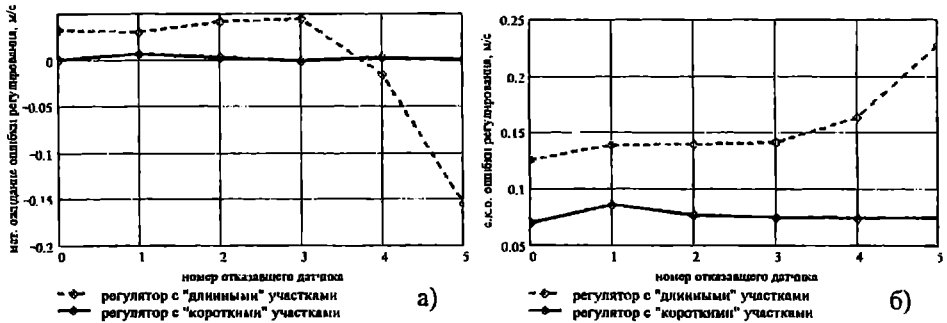


Рис. 6 Залежність математичного очікування (а) та с.к.в. (б) фактичної швидкості виходу від номера датчика швидкості, що відмовив

У п'ятому розділі описано використання принципів удосконалення засобів контролю та управління в інформаційно-керуючих системах на залізничних станціях. Приведено опис двох систем – СКАТ СС та АУСВ-МК.

Головною метою створення СКАТ СС є підвищення ефективності диспетчерського керування великими сортувальними станціями. Однією з найважливіших задач системи в цілому є контроль переміщень рухомих одиниць у межах парку. При цьому виникає необхідність ідентифікації зібраного маршруту з високою достовірністю. Дана задача реалізована з використанням удосконаленої методики ідентифікації маршрутів, описаної вище. Крім того, можливе визначення пристроїв низової автоматики, що відмовили, (зокрема, рейкових кіл і стрілочних переводів) чи каналів вводу інформації про їх стан. Це виконується за принципами, розробленими автором і описаними вище. Необхідно також відзначити, що реалізація задачі контролю маршрутів не залежить від обраного варіанта технічної структури всієї системи.

Аналіз варіантів технічних структур підсистеми вводу інформації в ІУС на великих сортувальних станціях показав, що найбільш прийнятним варіантом є введення вихідної інформації не з самого постового і напольного обладнання, а з існуючих і знову впроваджуваних систем диспетчерської централізації, у тому числі і мікропроцесорної. Даний варіант у порівнянні з іншими до того ж є більш дешевим. В результаті проведеного аналізу, а також ґрунтуючись на досвіді використання сучасних засобів промислової автоматизації, розроблена технічна структура системи для парку відправлення сортувальної станції.

З урахуванням особливостей технологічного процесу вбирання порожніх вагонів після вивантаження їх на вагоноперекидачі за участю автора розроблена структура системи АУСВ–МК (з дискретним вимірювачем швидкості), яка призначена для автоматичного управління швидкістю скочування вагонів.

Аналіз варіантів технічної структури системи показав перевагу систем на базі IBM PC сумісних (програмно “відкритих”) промислових комп'ютерів. На підставі цього і з урахуванням функцій системи, автором розроблена її технічна структура. У рамках системи АУСВ–МК запропоновано принципово новий пристрій керування уповільнювачами. До його складу включено групу лічильників осей вагона, що пройшли над датчиком швидкості, груповий шифратор/мультиплексор номерів ділянок і програмовану схема затримки. Пристрій захищений деклараційним патентом на корисну модель.

ВИСНОВКИ

Дисертаційна робота містить отримані автором наукові результати, що у сукупності вирішують науково-практичну задачу підвищення ефективності керування технологічними процесами станцій магістрального і промислового залізничного транспорту шляхом удосконалення засобів контролю і управління. Отримані результати можуть бути використані при розробці і модернізації комплексу технічних засобів автоматизованих цифрових систем керування зазначеними технологічними процесами.

Основні результати досліджень, висновки і практичні рекомендації дисертаційної роботи полягають у наступному.

1. Виконано аналіз стану питання створення АСУТП на сортувальних та вантажних станціях магістрального і промислового залізничного транспорту й особливостей самих технологічних процесів. На підставі цього аналізу показано, що:

– основна увага в теоретичних розробках щодо створення подібних АСУ приділяється питанню автоматизації технологічного процесу скочування відцепів з сортувальної гірки, як найбільш складному;

– відмінною рисою є те, що всі подібні АСУТП передбачають з'йом вихідної інформації для вироблення керуючих впливів з напольного, постового обладнання, або відповідних їм реле;

– у зв'язку зі специфічністю технологічного процесу, на станціях промислового залізничного транспорту використовувати системи АРС, розроблені для станцій магістрального залізничного транспорту недоцільно;

– основними недоліками існуючих систем є недостатня якість методів

ідентифікації параметрів об'єкта й органів керування, а також недостатня якість їхньої роботи, особливо істотна в умовах відмов або збоїв джерел вихідної інформації, тобто при малодостовірних вихідних даних.

2. Доопрацьовано і поліпшено метод підвищення достовірності ідентифікації встановлюваних маршрутів у парках станцій (заснований на методи максимальної правдоподібності) на основі підрахунку розбіжностей між наборами отриманих сигналів та сигналів, що відповідають встановленому маршруту. Встановлено залежність ефективності даного методу від топології колійного розвитку парку станції, а також теоретично обгрунтовані умови працездатності цього методу: необхідно, щоб набір сигналів для кожного з можливих маршрутів відрізнявся від інших як мінімум двома розрядами. Поліпшений метод цілком виключає помилкове визначення маршруту при викривленні одного сигналу.

3. Доопрацьовано математичну й імітаційну моделі регулятора швидкості автоматизованої системи керування скочуванням порожніх вагонів з дискретним вимірювачем швидкості для станцій промислового залізничного транспорту, які враховують стохастичність процесу гальмування і перехідні режими роботи системи. Вперше враховано можливість вироблення керуючого впливу при проході кожної вісі вагону над дискретним вимірювачем швидкості ("короткі" ділянки). Подальші дослідження проводилися на базі цих моделей.

4. Розроблено метод підвищення ефективності регулювання і структуру регулятора швидкості скочування порожніх вагонів в автоматизованій системі керування гальмовою позицією з "короткими" ділянками дискретного вимірювача швидкості для станцій промислового залізничного транспорту, заснований на гнучкому виборі моментів переключення ступіней гальмування.

5. Дослідження за допомогою імітаційної моделі різних принципів роботи регуляторів гальмової позиції з дискретним вимірювачем швидкості показали:

– точність роботи запропонованого регулятора з "короткими" ділянками гальмування значно перевершує (від 20 до 70%) у більшості випадків точність роботи відомого регулятора (з "довгими" ділянками);

– у ситуаціях відмов одного з датчиків швидкості точність запропонованого регулятора з "короткими" ділянками гальмування погіршується незначно (погіршеність 0.074 – 0.08 м/с), а регулятора з "довгими" ділянками – у ряді випадків більш суттєво (погіршеність 0.139 – 0.228 м/с);

– у ситуаціях відмов двох датчиків швидкості регулятор з "довгими" ділянками практично непрацездатний, а регулятор з "короткими" ділянками зберігає високу точність роботи при використанні додаткового датчика швидкості, розташованого перед входом у гальмову позицію (погіршеність практично та ж, що і при відмовленні одного датчика);

6. Теоретично обгрунтована ефективність впровадження запропонованого принципу регулювання швидкості. Орієнтовний економічний ефект від використання запропонованого регулятора з "короткими" ділянками гальмування замість існуючого регулятора з "довгими" ділянками складає більш 73000 грн/рік. При цьому розрахунковий строк окупності системи –

6499a

НАУКОВО-ІНЖЕНЕРНА БІБЛІОТЕКА

менш трьох років.

7. Наукові положення і рекомендації, отримані в дисертаційній роботі, використані при розробці і впровадженні інформаційно-керуючих систем для автоматизації сортувального процесу на станціях магістрального і промислового залізничного транспорту:

–при розробці системи автоматизованого контролю виконання технологічного процесу сортувальної станції (СКАТ СС) на станції НД-Вузол Придніпровської залізниці;

–у робочому проекті автоматизованої системи управління швидкістю скочування порожніх вагонів від двох стаціонарних роторних вагоноперекидачів (АУСВ-МК) на ст. Рудня ВАТ ММК імені Ілліча.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Основні праці:

1. Жуковський І.В., Остапеч Д.А. Методика оценки состояния напольного оборудования с использованием микропроцессорных контроллеров // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. –2001.–№6.–С.8–12.

2. Остапеч Д.А. Варианты технической структуры системы автоматизации сортировочной станции // Вісник СевДТУ. Вип. 63: Автоматизація процесів та управління: 36. наук. пр.–2005.–С.128–136.

3. Остапеч Д.А. Исследование эффективности методики повышения достоверности определения установленного маршрута, основанной на методе максимального правдоподобия // Вісник Технологічного університету Поділля. –2004.–№2, Ч.1, Т.1.–С.25–29.

4. Жуковський І.В., Остапеч Д.А. Совершенствование алгоритмов работы регулятора тормозной позиции // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. –2006.–№2.–С.3–7.

5. Пристрій керування уповільнювачем для регулювання швидкості скочування вагонів: Деклараційний патент на корисну модель u200512895 Україна, МПК(2006) B61L 17/00 / І.В. Жуковський, Д.О. Остапеч. – №14781, Заявлено 30.12.05; Опубл. 15.05.06, Бюл. №5. – 4с. іл.

Додаткові праці:

1. Остапеч Д.А. Варианты технической структуры системы автоматизации сортировочной станции // «Автоматика-2003»: Матеріали 10-ї міжнародної конференції з автоматичного управління – Севастополь: Видавництво СевНТУ, 2003.–Т.2.–С.85–87.

2. Остапеч Д.А. Принципы повышения надежности устройств железнодорожной автоматики // Матеріали 17-ї міжнародної науково-технічної конференції «Перспективные информационно-управляющие системы на железнодорожном, промышленном и городском транспорте»: Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. –2004.–№4,5.–С.122.

3. Остапеч Д.А. Улучшенный алгоритм работы автоматизированной системы управления скатыванием порожних вагонов от вагоноопрокидывателя при использовании дискретного измерителя скорости // Проблеми та

перспективи розвитку транспортних систем: техніка, технологія, економіка і управління: Тези доповідей другої науково-практичної конференції.–К.: КУЕТТ, 2004.–С.160–161.

4. Остапець Д.А. Техническая структура автоматизированной системы управления скатыванием вагонов от вагоноопрокидывателя на базе промышленных микропроцессорных контроллеров // Матеріали 18-ї міжнародної науково-практичної конференції «Перспективні системи управління на залізничному, промисловому і міському транспорті»: Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. –2005.–№5.–С.111–112.

5. Жуковичкий И.В., Остапець Д.А. Автоматизированная система управления скатыванием вагонов от вагоноопрокидывателя на базе промышленных микропроцессорных контроллеров // Автоматизация: проблемы, идеи, решения: Матеріали міжнародної науково-технічної конференції, м. Севастополь, 14–17 вересня 2005р.–Севастополь: Видавництво СевНТУ, 2005.–С.7–8.

6. Остапець Д.А., Яковенко Д.Л. Система автоматического регулирования скорости для сортировочной станции промышленного ж.д. транспорта // Проблемы и перспективы развития железнодорожного транспорта: Тезисы LXVI Международной научно-практической конференции. – Днепропетровск: ДИИТ, 2006. – С.341–342.

АНОТАЦІЯ

Остапець Д.О. Підвищення ефективності керування технологічними процесами залізничних станцій шляхом удосконалення засобів контролю та управління. Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту. – Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна Міністерства транспорту та зв'язку України, Дніпропетровськ, 2006.

Дисертацію присвячено питанню підвищення ефективності керування окремими технологічними процесами станцій магістрального і промислового залізничного транспорту шляхом удосконалення засобів контролю і управління.

Розглянуто та поліпшено метод підвищення достовірності ідентифікації маршрутів, заснований на методі максимальної правдоподібності; встановлено умови його працездатності. Поліпшений метод цілком виключає помилкове визначення маршруту при викривленні одного сигналу.

Запропоновано математичну й імітаційну моделі регулятора швидкості з дискретним вимірювачем швидкості автоматизованої системи керування скочуванням одиночних порожніх вагонів. Вперше враховано можливість вироблення керуючого впливу при проході кожної вісі вагону над дискретним вимірювачем швидкості. Розроблено принцип підвищення ефективності регулювання і структуру регулятора швидкості в даній системі, заснований на гнучкому виборі моментів переключення ступіней гальмування; обґрунтовано

його ефективність.

Результати досліджень впроваджені в інформаційно-керуючих системах на станціях магістрального і промислового залізничного транспорту: системи автоматизованого контролю виконання технологічного процесу сортувальної станції (СКАТ СС) на ст. НД-Вузол Придніпровської залізниці та автоматизованої системи управління швидкістю скочування порожніх вагонів від двох стаціонарних роторних вагоноперекидачів (АУСВ-МК) на ст. Рудна БАТ ММК імені Ілліча.

Ключові слова: технологічний процес, залізнична станція, ідентифікація маршруту, регулювання швидкості скочування, дискретний вимірювач швидкості, інформаційно-керуюча система.

АННОТАЦИЯ

Остапец Д.А. Повышение эффективности управления технологическими процессами железнодорожных станций путем совершенствования средств контроля и управления. Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук за специальностью 05.22.20 – эксплуатация и ремонт средств транспорта. – Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна Министерства транспорта и связи Украины, Днепропетровск, 2006.

Диссертация посвящена вопросу повышения эффективности управления отдельными технологическими процессами станций магістрального и промышленного железнодорожного транспорта путем совершенствования средств контроля и управления.

Выполнен анализ состояния вопроса создания АСУТП на станциях магістрального и промышленного железнодорожного транспорта и особенностей самых технологических процессов. На основании этого анализа показано, что основное внимание в теоретических разработках относительно создания подобных АСУ отводится вопросу автоматизации технологического процесса скатывания отцепов с горки, как наиболее сложному. Подобные АСУТП предусматривают съём исходной информации с напольного, постового оборудования или соответствующих им реле. Основными недостатками существующих систем является недостаточное качество методов идентификации параметров объекта и органов управления, а также недостаточное качество их работы, особенно существенное в условиях отказов или сбоях источников исходной информации.

Рассмотрен метод повышения достоверности идентификации собранных маршрутов в парках станций (основанный на методе максимального правдоподобия); установлена зависимость эффективности данного метода от топологии путевого развития парка станции, а также теоретически обосновано условие работоспособности этого метода: необходимо, чтобы набор сигналов для любого из возможных маршрутов отличался от других как минимум двумя разрядами. Данный метод улучшен на основе подсчета несовпадений между наборами полученных сигналов и сигналов, которые отвечают собранному

маршруту. Улучшенный метод полностью исключает ошибочное определение маршрута при искажении одного сигнала.

Доработана математическая модель регулятора скорости автоматизированной системы управления скатыванием порожних вагонов с дискретным измерителем скорости для станций промышленного железнодорожного транспорта, которые учитывают стохастичность процесса торможения и переходные режимы работы системы. Впервые учтена возможность выработки управляющего воздействия при проходе каждой оси вагона над дискретным измерителем скорости ("короткие" участки). Получены аналитические выражения для нахождения скорости выхода вагона с некоторого участка пути торможения при всех возможных управляющих воздействиях.

На базе математической модели разработана стохастическая имитационная модель регулятора тормозной позиции с дискретным измерителем скорости и "короткими" участками торможения. За основу принят событийный принцип моделирования (процесс торможения состоит из отдельных событий). Данный принцип позволяет повысить точность результатов и сократить количество выполняемых вычислений.

Разработаны принцип повышения эффективности регулирования и структура регулятора скорости в системе управления тормозной позицией с "короткими" участками дискретного измерителя скорости для станций промышленного железнодорожного транспорта, основанный на гибком выборе моментов переключения ступеней торможения.

Эффективность разработанного принципа регулирования с "короткими" участками дискретного измерителя скорости исследована на имитационной модели. Исследования показали, что точность работы предложенного регулятора с "короткими" участками торможения значительно превосходит (от 20 до 70%) в большинстве случаев точность работы известного регулятора (с "длинными" участками). При этом, в ситуациях отказов одного из датчиков скорости точность предложенного регулятора с "короткими" участками торможения ухудшается незначительно (погрешность 0.07-0.08 м/с), а регулятора с "длинными" участками – в ряде случаев более существенно (погрешность 0.14-0.23 м/с). Кроме того, в ситуациях отказов двух датчиков скорости регулятор с "длинными" участками практически неработоспособен, а регулятор с "короткими" участками сохраняет высокую точность работы при использовании дополнительного датчика скорости, расположенного перед входом в тормозную позицию (погрешность практически та же, что и при отказах одного датчика).

Теоретически обоснована эффективность внедрения предложенного принципа и регулятора скорости. Ориентировочный экономический эффект от использования предложенного регулятора с "короткими" участками торможения вместо существующего регулятора с "длинными" участками составляет более 73000 грн/год. При этом расчетный срок окупаемости системы – менее трех лет.

Результаты исследований использованы при разработке и внедрении

информационно-управляющих систем на станциях магистрального и промышленного железнодорожного транспорта: системы автоматизированного контроля выполнения технологического процесса сортировочной станции (СКАТ СС) на ст. Нижнеднепровск-Узел Приднепровской железной дороги и автоматизированной системы управления скоростью скатывания порожних вагонов от двух стационарных роторных вагоноопрокидывателей (АУСВ-МК) на ст. Рудная ОАО ММК имени Ильича.

Ключевые слова: технологический процесс, железнодорожная станция, идентификация маршрута, регулирование скорости скатывания, дискретный измеритель скорости, информационно-управляющая система.

SUMMARY

Ostapets D.O. The increase of efficiency of the railway stations technological processes control by the improvement of facilities of control and management. Manuscript.

The theses for receive a scientific degree of candidate of technical sciences on speciality 05.22.20 – operation and maintenance of the facilities of transport. – Dnipropetrovsk national university of railway transport named after academician V. Lazaryan of Transport and Communications Ministry of Ukraine, Dnipropetrovsk, 2006.

Dissertation work is devoted to the question of increase of efficiency of separate technological processes control on the stations of the highway and industrial railway transport by the improvement of facilities of control and management.

It is considered and improved the method of increase of authenticity of identification of routes, based on the method of maximal probability; the terms of his workability are established. The improved method fully eliminates erroneous determination of route at distortion of one signal.

The mathematical and imitation models of speed regulator with the discrete speed-measuring device of the automated control system of single empty cars rolling up are offered. Possibility of the managing at the passage-way of each wheel of car above the discrete speed-measuring device is first account. The principle of regulation efficiency increase and a speed regulator structure in this system, based on the flexible choice of braking stage switching moments are developed; his efficiency is grounded.

The results of researches are inculcated in the information control systems on the stations of highway and industrial railway transport: automated control system of execution of the classification yard technological process (СКАТ СС) on station ND-Vuzol of the Prydniprovskaya railway and automated control system of rolling up speed of empty cars from two stationary rotor car-overturn devices (АУСВ-МК) on station Rudna JSC MMC named after Illich.

Keywords: technological process, railway station, identification of route, rolling up speed regulation, discrete speed-measuring device, information control system.

ОСТАПЕЦЬ Денис Олександрович

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ
ПРОЦЕСАМИ ЗАЛІЗНИЧНИХ СТАНЦІЙ ШЛЯХОМ
УДОСКОНАЛЕННЯ ЗАСОБІВ КОНТРОЛЮ ТА УПРАВЛІННЯ**

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Підписано до друку 06.11.2006. Формат 60х84 1/16.
Папір для множних апаратів. Різограф. Ум. друк. арк. 0,9. Обл.-вид. арк. 1,0.
Тираж 100 прим. Зам. № 1892.

Видавництво Дніпропетровського національного університету залізничного
транспорту імені академіка В. Лазаряна. ДК № 1315 від 31.03.2003

Адреса видавництва та дільниці оперативної поліграфії:
49010, Дніпропетровськ, вул. Акад. Лазаряна, 2, www.diitrvv.dp.ua,
admin@diitrvv.dp.ua

Сканувала Кам'янська Н.О.