

На правах рукопису

НАГОРНИЙ Євген Васильович

УДК 656.212.5:629.45/46

НАУКОВІ ОСНОВИ ТА РОЗРОБКА КОМПЛЕКСНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ
ПОТОКОВОЇ І БЕЗПЕРЕРВНОЇ ПЕРЕРОБКИ ВАГОНІВ НА
СОРТУВАЛЬНИХ СТАНЦІЯХ

05.22.08 - Експлуатація залізничного транспорту / включаючи
пристрої сигналізації, централізації та блокування/

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук

Харків - 1994

Робота виконана в Харківській державній академії залізничного транспорту

Офіційні опоненти - доктор технічних наук,
професор В.Є. ПАВЛОВ;
доктор технічних наук,
професор Є.М. ШАФІТ;
доктор технічних наук,
професор В.Я. НЕГРЕЙ

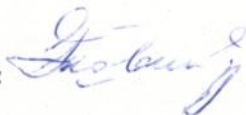
Провідна установа - Головне управління перевезень генеральної дирекції залізничного транспорту України

Захист дисертації відбудеться "12" травня 1994 р.
о 13³⁰ годині на засіданні спеціалізованої Ради по присудженню наукових ступенів Д 02.15.01 при Харківській державній академії залізничного транспорту за адресою : 310050, Харків, майдан Фейєрбаха, 7, ауд. 1.417

З дисертацією можливо ознайомитися в бібліотеці Харківської державної академії залізничного транспорту

Автореферат розіслано 28 березня 1994 р.

Вчений секретар
спеціалізованої Ради,
кандидат технічних наук



П.О. Яновський

ЛНБ ім. В. Стефаника
АН України

ЛНБ України ім.В.Стефаника



00801529 (P)

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. Залізничний транспорт є основою транспортної інфраструктури, від функціонування якої в повній мірі залежить економіка держави. В умовах ринкової економіки залізничні перевезення стають невід'ємним технологічним ланцюгом у виробничому циклі більшості галузей промисловості, аграрного комплексу і в сфері торгівлі. Тому зараз дуже важливо знайти ефективні шляхи удосконалення технології перевезень, скорочення простою вагонів, скорочення терміну доставки та втрат вантажів під час транспортування, добитися доставки матеріальних потоків до одержувача суворо по графіку за визначеним часом. Це можливо на базі створення комплексних транспортно-технологічних систем, де повинні поєднуватися економічні інтереси відправника, залізниці та одержувача.

В транспортно-технологічних системах вчлочно велике значення буде відведене надійності роботи залізничного транспорту і особливо надійності функціонування сортувальних станцій, питома вага яких в загальній переробці вагонів складає біля 60%.

В сучасному становищі сортувальних станцій, стані теорії і практики їх розвитку не вдасться забезпечити безперервності роботи сортувальних комплексів із-за великої кількості операцій, що не підлягають прогнозуванню, порушуть потоковість і ритмічність переробки вагонів.

Існуюча на сортувальних станціях багатоопераційна технологія переробки вагонів з довільним ритмом виникає не із технологічної доцільності, а із-за недосконалості технічних засобів. У вітчизняних системах автоматизованого управління процесами переробки вагонів застосовується багатофункціональне технічне обладнання з недостатньою надійністю, використовуються моделі пераціональних технологій.

Екстенсивний розвиток сортувальних станцій, що здійснюється при зазначених вище недоліках, не сприяє подальшому збільшенню переробної та пропускнуої спроможності, зникненню собівартості

переробки.

Зазначені моменти і становлять актуальність, напрямок і зміст даних досліджень.

Мета досліджень – розробка теоретичних основ комплексної технології переробки вагонів, практичних рекомендацій до удосконалення методик розрахунку параметрів і техніко-економічних оцінок потокових ліній сортування та технічного обслуговування вагонів, розробка математичних моделей функціонування основних підсистем сортувальних станцій.

Загальний методичний підхід до рішення поставлених задач полягає у використанні теорії транспортних систем, засобів і методів теорії масового обслуговування, моделювання, економічного аналізу.

Дисертація узагальнює досвід розрахунків і проектування сортувальних станцій, авторську статистику по вирішальних сортувальних станціях залізниць України. Використані матеріали експериментального масштабного проектування станцій по варіантам схем. Розроблені на основі теорій методики розрахунку параметрів потокових ліній сортування та технічного обслуговування вагонів включені до типових технологічних процесів.

Наукова новизна результатів, одержаних в дисертаційній роботі, міститься в таких основних положеннях:

1. Обґрунтована необхідність системних досліджень функціонування сортувальних станцій та показана принципіальна обмеженість існуючих методик, зокрема, для розрахунку параметрів станцій з навантаженням вище граничних значень, в умовах відсутності статистичних даних для визначення імовірного стану окремих підсистем, для розрахунку параметрів потокових ліній сортування та технічного обслуговування вагонів, техніко-економічних оцінок варіантів комплексної технології переробки вагонів.

2. Експериментально досліджено функціонування існуючих моделей технологічних процесів у системах сортування та технічного обслуговування вагонів і встановлено, що вони не забезпечують потоковість, безперервність, ритмічність та надійність переробки вагонів.

3. Розроблені теоретичні основи для створення потокових ліній сортування та технічного обслуговування вагонів, доведена

доцільність удосконалення моделей технологічних процесів розформування, формування та технічного обслуговування составів, які дають можливість, при їхньому використанні в системах автоматизованого управління, застосовувати математичні моделі оптимальної складності та зменшувати експлуатаційні витрати на їхнє функціонування.

4. Розроблені математичні залежності для моделювання на ЕОМ руху відцепів по сортувальних коліях із урахуванням прийнятої стратегії регулювання, різних технічних засобів, помилок у їхній роботі, випадкових значень опору руху відцепів і для одержання статистичних оцінок примусового регулювання.

5. Розроблена методика розрахунку параметрів поточкових ліній технічного обслуговування вагонів, що дозволяє одержати такі значення параметрів, при яких повністю виключається зворотний вплив на роботу взаємодіючих поточкових ліній сортування вагонів.

6. Складені раціональні схеми сортувальних станцій з поточковими лініями сортування та технічного обслуговування вагонів, сформульовані вимоги щодо їх технічного обладнання при переході до комплексної технології, що забезпечує поточковість, безперервність і ритичність переробки вагонів.

7. Запропоновано комплекс конструктивних рішень щодо створення малоенергоємких і малометалоємких засобів регулювання швидкості руху відцепів при розформуванні та формуванні составів.

Вірогідність одержаних результатів підтверджується:

- масштабністю статистичних даних про режими функціонування сортувальних станцій / обстежено понад 100 станцій /;

- застосуванням сучасної методології досліджень, методів аналітичного моделювання, перевіркою адекватності моделей за допомогою статистичних та економічних критеріїв;

- експериментальною перевіркою одержаних результатів на мережі залізниць, у проектних і науково-дослідних інститутах, одержаним економічним ефектом;

- використанням положень дисертації в "Типовому технологічному процесі технічного обслуговування вантажних вагонів з використанням АСУ-ПРО, спеціалізованих колій для поточного ремонту, засобів діагностики і механізації ремонтних робіт",

"Інструктивних вказівок" по вибору раціональних варіантів розміщення спеціалізованих технологічних ліній по технічному обслуговуванню і поточковому ремонту вагонів на сортувальних станціях".

Правомірність, коректність постановок задач та прийнятих припущень підтверджуються результатами упроваджень, авторськими свідоцтвами на винахід і публікаціями у відкритій пресі.

Практична цінність дослідження міститься у використанні положень дисертації в "Типовому технологічному процесі технічного обслуговування вантажних вагонів" та в "Інструктивних вказівках по вибору раціональних варіантів розміщення спеціалізованих технологічних ліній по технічному обслуговуванню вагонів на сортувальних станціях", при вирішенні питань розвитку залізниць України, у нормативних і довідкових матеріалах галузевих інститутів, при проектуванні та розрахунках пристроїв, складанні та виборі схем станції.

Реалізація роботи

Розв'язана важлива проблема по створенню наукових основ комплексної технології поточної та безперервної переробки вагонів на сортувальних станціях. Розроблені методики розрахунку параметрів спеціалізованих ліній по технічному обслуговуванню вантажних вагонів на сортувальних станціях включені до "Типового технологічного процесу технічного обслуговування вантажних вагонів".

Схемні рішення по розміщенню спеціалізованих ліній технічного обслуговування та поточкового ремонту вагонів видані як інструктивні вказівки.

Розроблені моделі технологічних процесів в системах технічного обслуговування вантажних вагонів упроваджені на 80 сортувальних станціях, в тому числі на 10 станціях залізниць України.

Дослідні зразки електродинамічних уповільнювачів випробували в експлуатаційних умовах станцій Красний Лиман і Чернухівка Донецької залізниці.

Конструктивні та електротехнічні параметри вагонного уповільнювача ухвалені НТР Головного технічного управління "Укрзалізниця", відкриті в 1994 році фінансування на виготовлення

дослідного зразка.

Концепції по удосконаленню моделей технологічних процесів в системах розформування та формування на сортувальних станціях включені до Державної програми розвитку залізниць України.

Апробація роботи. Окремі аспекти проблеми обговорювались на 12 загальномережних науково-технічних конференціях, що відбулися у МІІТі, БілІІЗТі, ЛІІЗТі, засіданні колегії МШС /грудень 1986 р./, засіданні вагонного господарства НТР МШС /грудень 1986 р./, сумісному засіданні секції НТР МШС "Управління процесом перевезень" і "Автоматики, зв'язку та обчислювальної техніки" /березень 1987 р./. Експонат "Досвід технічного обслуговування і підвищення надійності роботи рухомого складу та інших технічних засобів" демонструвався на тематичній виставці "Залізничний транспорт" ВДНГ СРСР в 1987-88 р.р.

Дисертаційна робота в цілому обговорювалась і була схвалена на розширеному засіданні кафедри "Залізничні станції та вузли" ХІІІТу /листопад 1993 р./.

Публікації. По темі дисертації опубліковано 33 роботи загальним обсягом біля 23 авторських аркушів, в тому числі одна монографія / у співавторстві / та інструктивно-методичні вказівки ПКБ ЦВ МШС / у співавторстві /, два авторських свідчення на винахід.

Обсяг і структура роботи. Дисертація складається із вступу, шести глав, висновку, списку використаних джерел і 3 додатків. Обсяг основної частини дисертації складає 336 сторінок машинописного тексту, 53 сторінки рисунків, 25 сторінок таблиць. Додатки складають 10 сторінок тексту та 19 сторінок рисунків.

ЗМІСТ ДИСЕРТАЦІЇ

У вступі подається коротке анотоване обґрунтування актуальності вибраної теми, постановка задачі та визначення мети досліджень, перелік положень, що виносяться на захист.

Перша глава "Сучасний стан проблеми підвищення ефективності роботи сортувальних станцій" заключає аналіз теорії та практики розвитку сортувальних станцій. Ця проблема приваблювала увагу вчених і спеціалістів – транспортників на всіх етапах розвитку залізниць.

Великий вклад у розвиток станцій та вузлів внесла школа засновника науки про станції та вузли академіка В.М.Образцова і його послідовників.

Засновниками теорії взаємодії транспортних систем по праву є професори А.М. Фролов, І.І. Васильєв, М.Р. Іденко, А.І. Платонов. Значну роль в розробці окремих питань теорії відіграли праці професорів В.Д. Нікітіна, Ф.П. Кочнева, А.К. Угримова, К.А. Бернгарда, О.Д. Каретникова, В.В. Повороженка.

В останні роки розвиток теорії взаємодії з використанням математичних методів і теорії масового обслуговування знайшло відображення в працях професорів М.І. Федотова, Н.Н. Шабаліна, В.М. Акулінічева, Є.О. Сотникова, І.Б. Сотникова, П.С.Грунтова, М.В. Правдіна, О.В. Бикадорова, к.т.н. Є.В. Архангельського, в працях закордонних вчених Г. Поттгофа, В. Фюгта, І.Праля, П. Фринку та ін.

Рациональне розташування і конструкції окремих пристроїв сортувальних станцій досліджувались академіком В.М. Образцовим, професорами С.В. Земліновим, К.Ю. Скаловим, В.Д. Нікітіним, О.М.Долаберідзе, П.В. Бартезовим, В.П. Парфеновим, М.В. Правдіним, В.Я. Негресом та ін.

Методи рішення задач при обґрунтуванні параметрів сортувальних станцій не залишались однаковими. Вони змінювались при упродовженні в практику роботи станцій найновіших досягнень науки і техніки та уточнювались по мірі накопичування нових фактів і вивчення об'єктивних умов роботи залізниць.

При зростанні обсягів перевезень роботу станцій став поміт-

но ускладнювати вплив нерівномірності руху поїздів. Для вияснення причин ускладнень і розробки рекомендацій щодо їх усунення необхідно було провести глибокі теоретичні дослідження процесів на сортувальних станціях. Важливі дані про процес надходження і відправлення поїздів, їхньої обробки, накопичення і формування составів одержані в результаті досліджень, виконаних в 60-і та 70-і роки вченими ВДІЗТу, ІКТП, МІІТу, ЛІІЗТу, ХІІТу, НІІЗТу, БіліІЗТу та інших інститутів. В ці роки визначені імовірні закономірності добових і внутрішньодобових коливань поїздопотоків, тривалості обробки составів у парках, проведені дослідження по оптимізації технічних та технологічних параметрів станцій. У виконанні роботи великий внесок зробили доктора технічних наук В.М. Акулінічев, М.О. Воробйов, О.М. Долаберідзе, В.С. Павлов, Е.М. Шафіт, І.Б. Сотников, С.О. Сотников, А.К. Угрюмов, П.С. Грунтов, Н.Н. Шабалін, М.І. Федотов та ін.

Застосування імовірних методів дозволило перейти до кількісної оцінки співвідношень потужності різних елементів станцій. При розрахунку колійного розвитку стали більш повно враховуватися реальні умови роботи станцій, нерівномірність надходження поїздів та накопичення составів, коливання тривалості технологічних операцій та ін. Разом з цим у виконаних дослідженнях виявились і деякі недоліки. При розрахунках параметрів технологічних ліній застосовувались різні спрощення, що перекручували фактичні значення цих параметрів.

Необґрунтовані спрощення припускались і при розрахунках часу знаходження вагонів на станції: в деяких працях він визначався із урахуванням міжопераційних простотів лише на частині технологічних ліній, в інших – без урахування обмежень по колійному розвитку. При розрахунках числа колій дуже приблизно, а інколи хибно, оцінювалась експлуатаційна надійність станції. Не давалась оцінка впливу затримки поїздів, із-за неприймання станцією, на роботу прилеглих дільниць.

При визначенні параметрів і показників роботи станції не ураховувався вплив попередніх / прямих зв'язки / і наступних / зворотніх зв'язки /.

Різноманітність умов функціонування сортувальних станцій і

необхідність вибору шляху їхнього розвитку викликало у 80-ті роки необхідність розвитку основ розрахунку і проектування станцій. В цей період д.т.н. О.В. Бикадоровим була розроблена методика системного дослідження сортувальної станції як неподільної багатофазової системи по імовірності стану її технологічних ліній і парків в цілому, що дозволило враховувати не тільки обмеження по колійному розвитку, але і складні по своїй різноманітності прямі та зворотні зв'язки внутрішньостанційних елементів між собою і з прилеглими ділянками.

Д.т.н. В.Я. Негрей розробив теоретичні основи прогнозування транспортних потоків, методики оцінки коливань транспортних потоків, розрахунку навної і потрібної переробної спроможності станцій на основі імовірних моделей, що дозволяють оцінити вплив помилок прогнозування обсягів роботи та коливань технологічних параметрів на вибір оптимальної оснастки станцій.

Дослідження, виконані д.т.н. Д.І.Офіменком, є важливим внеском в розробку теорії оптимізації параметрів розвитку залізничних станцій в частині обґрунтування етапності їхнього розвитку, техніко-економічного порівняння варіантів проектних рішень по станціях.

Осмислення результатів, досягнутих в розглянутих роботах, визначило необхідність подальшого удосконалення методів розрахунку параметрів станцій з навантаженням вище граничних значень, в умовах відсутності статистичних даних для визначення імовірного стану окремих підсистем станцій, методів розрахунку параметрів поточкових ліній сортування та технічного обслуговування вагонів, що забезпечують раціональну взаємодію внутрішньостанційних процесів, техніко-економічних оцінок варіантів комплексної технології переробки вагонів.

Особливу увагу в реферованій главі приділено аналізу практики розвитку сортувальних станцій залізниць України.

Для залізниць України характерна завершеність розвитку мережі в кількісному відношенні та висока постійність транспортно-економічних зв'язків з більшим рівнем їхньої замкнутості в межах території держави.

Це забезпечує делку стабільність плану формування поїздів

на протязі довгого часу, що, в свою чергу, обумовлює відповідну постійність в розміщенні сортувальних станцій на мережі залізниць України. Зазначені вище особливості розвитку і функціонування залізниць визначають наперед вибір основних напрямків розвитку сортувальних станцій, а саме: без перегляду їхнього розташування на мережі, тобто необхідно розв'язувати проблему на мікрорівні розвитку станцій.

На залізницях України із загального числа сортувальних станцій 37% двобічного і 63% одnobічного типів. По числу та взаємному розміщенню основних парків:

- станцій двобічного типу з трьома послідовно розташованими парками в кожній системі - 44%;
- з паралельним розташуванням парків - 33%;
- з комбінованим - 23%;
- станцій одnobічного типу з трьома послідовно розташованими парками - 16%;
- з паралельним розташуванням парків - 20%;
- з комбінованим - 64%.

Як видно з наведених даних конструктивні схеми сортувальних станцій залізниць України відрізняються великою різноманітністю. Із загального числа сортувальних станцій 26,5% мають трипаркові схеми з послідовним розташуванням парків приймання, сортування і відправлення, які забезпечують потоковість переробки вагонів. Решта 73,5% станцій з паралельним і комбінованим розташуванням парків не забезпечують переробку вагонопотока за мінімальний час.

Аналіз експлуатаційної роботи сортувальних станцій показав, що для них характерна нестійка робота, збільшення тривалості знаходження вагонів, зростання числа затриманих поїздів на підходах через зайнятість колій приймання.

Основними причинами збільшення простою вагонів є нераціональне технічне забезпечення: наявність міжопераційних простоїв, що складають 30-40% від загального часу простою, перевищені простої вагонів у сортувальному парку під накопиченням, приблизно 40-50% від часу знаходження вагонів на станції припадає на сортувальний парк. Однією із причин збільшення тривалості прос-

тою вагонів є нерациональна технологія технічного обслуговування вагонів.

Біля 95% всіх затримок в процесі обробки составів виникають при виконанні 6-8 видів робіт, на долю яких приходитьсь до 75% трудовитрат.

Проблема механізації та автоматизації головних процесів сортувальних станцій - розформування і формування составів не вирішена. У нас все ще для механізації створюються і впроваджуються тільки багатосилові інертні балкові уповільнювачі / незалежно від типу гірки і гальмівної позиції /, без взаємного інформаційного зв'язку в системі "людина - машина".

Багаторічна науково-експериментальна робота, що проводиться в СІД по створенню систем АРШ, не дала позитивних результатів, оскільки у вітчизняних системах АРШ технологічні алгоритми регулювання швидкості руху відцепів нерациональні, застосовується багатофункціональне технологічне обладнання з низькою продуктивністю та надійністю.

Все це привело до значного відставання від закордонних досягнень, котрі приводяться в главі, що реферується, і втраті пріоритету по багатьом принципіальним питанням в області автоматизації сортувальних станцій.

В заключній частині глави сформульовані основні проблеми, які обумовили мету даних досліджень - розробка теоретичних основ комплексної технології потокової і безперервної переробки вагонів на сортувальних станціях, указані задачі, що вирішуються в дисертації.

В другій главі дисертації "Експериментальні дослідження функціонування систем переробки вагонів на сортувальних станціях" приводяться мета, задачі, методика експериментальних досліджень та аналіз одержаних результатів.

Метою експериментальних досліджень було встановлення техніко-експлуатаційних характеристик механізованих гірок, гірки, обладнаної системою автоматизованого управління процесом розформування составів КГМ РІІЗТ, систем формування і технічного обслуговування составів на сортувальних станціях.

Задачі досліджень:

- визначення оцінок потенціальних можливостей фактичного профілю гірок по забезпеченню розрахункової швидкості розформування составів;

- визначення фактичної швидкості розпуску составів і діапазон її зміни при ручному і автоматизованому управлінні гальмівними позиціями;

- визначення якості регулювання інтервалів між відчепами на розділяючих стрілках і гальмувачах при ручному і автоматизованому управлінні сортувальним процесом;

- визначення якості прицільного регулювання швидкості руху відчепів по коліях підгірочного парку;

- встановлення точності реалізації швидкості виходу відчепів з гальмівних позицій, що задається системою КТМ;

- встановлення системи ручних втручань гіркових операторів в роботу системи КТМ при регулюванні швидкості руху;

- визначення середнього часу простою составів під операціями огляду і технічного обслуговування на ПТО в парках прийому та відправлення;

- визначення кількості відмов вагонів у потоці поїздів, що входять, та часу знаходження составів під операціями технічного обслуговування на ПТО сортувальних станцій.

Оцінка потенціальних можливостей конструкції плану і профілю сортувальних гірок виконувалась шляхом аналітичного моделювання процесу скоочування розрахункових поєднань відчепів при таких режимах управління гальмувачами гальмівних позицій, при яких досягається максимальна розрахункова швидкість розпуску.

Визначення фактичної швидкості розпуску составів, якості регулювання інтервалів між відчепами при ручному і автоматизованому управлінні проводилось за допомогою спеціальної виміральної апаратури.

Якість прицільного регулювання швидкості руху відчепів по коліях підгірочного парку визначалась шляхом натурних спостережень і відповідних розрахунків на сортувальній гірці станції Красний Ліман.

Найбільший інтерес з точки зору оцінки якості прицілюного регулювання викликає дослідження впливу на його основні показники точності визначення прискорення руху відчепів, що обчислюється по виразу:

$$a = g' (1 - \omega_{\text{rot}}) 10^{-3}$$

де g' - прискорення вільного падіння з урахуванням інерції обертових частин відчепу;

i - похил колії, по якій рухається відчеп;

ω_{rot} - загальний питомий опір руху відчепу.

Уявивши різницю $(1 - \omega_{\text{rot}})$ як змінну $\Delta\omega_e$, яка характеризує еквівалентний питомий опір руху відчепу на ділянці його пробігу, можна виразити граничні значення $(\Delta\omega_e)_{\text{min}}$ і $(\Delta\omega_e)_{\text{max}}$ через швидкості виходу відчепів з парової гальмівної позиції і максимально допустимі швидкості співударення відчепів у точці прицілювання. При постійному значенні довжини ділянки пробігу різниця граничних значень

$$\omega_d = \Delta\omega_e \text{ max} - \Delta\omega_e \text{ min} = f(V_c)$$

Коли задано співвідношення між імовірністю P_c співударення відчепів з перевищенням швидкості V_c і імовірністю P_b утворення "війна" при зупинці відчепів, значення $V_{\text{вих}}$ вибирається незалежно від характеру розподілу $\Delta\omega$ з умови

$$\frac{P_c}{P_b} = \frac{\int_{\Delta\omega_c}^{\Delta\omega_{\text{вих}}} f(\Delta\omega) d\Delta\omega}{\int_{\Delta\omega_0}^{\Delta\omega_{\text{вих}}} f(\Delta\omega) d\Delta\omega}$$

В системі КГМ РІЗТ для відчепів, які складаються з двох і більше вагонів, основний питомий опір руху відчепу ω_c визначається по ваговій категорії. При прийнятому допущенні, що $\omega_c = \omega_{\text{кат}}$ значення швидкості виходу

$$V_{\text{вих, кат}} = f(l_{\text{пр}}, l_{\text{пр}}, q),$$

де $l_{\text{пр}}$ - довжина ділянки пробігу;

$l_{\text{пр}}$ - приведений профіль ділянки пробігу;

q - вага відчепу, який визначає вагову категорію відчепу.

На обстежуваній гірці ст. Красний Ліман системою здійс-

нюється автоматичний облік приведеного профілю сортувальних кодів в залежності від довжини ділянки пробігу відчепу. Практичний інтерес викликає дослідження впливу профілю колії на точність визначення $\Delta\omega_c$ і вибору швидкостей $V_{вих. \text{шгп}}$, які задаються.

Розподіл абсолютної помилки $\Delta\omega$, еквівалентного опору руху $\Delta\omega_c$ при різному ступені точності прогнозування складових його елементів / фактичного профілю, шляху пробігу і фактичного основного питомого опору руху / показало, що середня помилка складає - 0,025 кгс/тс, тобто в середньому розрахункове значення $\Delta\omega_c$ занижується, тому швидкість виходу відчепів $V_{вих. \text{шгп}}$ завищується і відчепи в прицільній точці мають більш високу в порівнянні з розрахунковою швидкість співдарання.

Середнє квадратичне відхилення помилки σ при даному способі визначення $\Delta\omega_{c.p}$ складає 0,59 кгс/тс.

Згідно з одержаним розподілом імовірність $P(\omega_{c.p} < \omega_{c.f})$ складала 0,37, тобто в 63% розглянутих випадків ходові властивості відчепів були занижені в порівнянні з фактичними.

Аналіз результатів скочування відчепів легкої вагової категорії показав, що навіть при коректуванні розрахункових значень швидкостей виходу відчепів з ШГП, імовірність різних результатів їх скочування мали таке значення:

- імовірність співударання з перевищенням швидкості $P_c = 0,45$;
- імовірність утворення "вікна" $P_a = 0,33$;
- імовірність забезпечення нормальних швидкостей $P_n = 0,22$.

Таким чином, тільки в 22% відчепів прицільне регулювання забезпечило належні параметри. При аналізі результатів спостережень встановлено, також, що співударання з перевищенням максимально допустимої швидкості має місце при коротких довжинах пробігу ($l_{пр} \leq 180 \text{ м}$), і утворюються "вікна" при довжинах $l_{пр} > 180 \text{ м}$.

Такі ж результати спостережень були одержані і для відчепів з інших вагових категорій.

Виконаний в главі аналіз результатів експериментальних досліджень показав, що середня швидкість розпуску составів на гірці, яка обладнана системою КГМ РІІЗТу не залежить від наяв-

ності системи автоматизованого управління процесом розпуску вагонів і залишається приблизно однаковою як при автоматизованому, так і при ручному управлінні, потенційні можливості конструкції гірки в частині забезпечення розрахункової швидкості розпуску використовуються не повністю. Якість інтервального регулювання після впровадження системи КГМ РІІЗТу не піднялась; запаси інтервалів на розділових елементах / в середньому 8,5 с / свідчать про наявність резервів підвищення швидкості розпуску за рахунок підвищення якості регулювання інтервалів і швидкості руху відцепів. Імовірність перевищення допустимої швидкості співударення складає приблизно 78%, рівень швидкості співударення відцепів при системі КГМ РІІЗТу достатньо високий і складає 2,9 м/с; граничні / на рівні 25 / значення швидкості співударення відцепів в режимі автоматизованого управління гальмування відцепів складає приблизно 3,2 м/с / більше 11 см/год /. На пучкових позиціях третина відцепів проходить при ручному управлінні, а на паркових - половина. Приблизно кожний п'ятий відцеп на паркових позиціях оператор по технологічних причинах гальмує тільки вручну.

Аналіз техніко-експлуатаційних показників гірки з системою КГМ РІІЗТу показав, що впровадження даної системи по відношенню до базового варіанту / повністю механізованої гірки / не привело до істотних змін: добова переробка вагонів складала 3034, а до впровадження системи - 3048; простій транзитних вагонів з переробкою - 8,25 год, до впровадження - 8,94 год; число затримок потягів - 2102, до впровадження - 2455; штат ШЧ збільшився на 10 чол., штат по ДС не змінився.

Аналізуючи одержані результати натурних спостережень на функціонуванням систем технічного обслуговування вагонів на сортувальних станціях встановлено, що тривалість технічного обслуговування составів бригадами ПТО в парках прийому і відправлення сортувальних станцій складає від 10% до 30% загального часу знаходження на станції транзитного вагона з переробкою і від 60% до 90% часу знаходження на станції транзитного вагона без переробки, і в парках прийому та відправлення ці операції є лімітуючими.

Тривалість технічного обслуговування вагонів встановлюється типовим технологічним процесом. Враховуючи встановлені нормативи, в проектних інститутах при визначенні кількостей колій в парках станцій час на огляд і технічне обслуговування составів приймають постійним. Тому результати аналітичних розрахунків колійного розвитку станцій, а також імітаційного моделювання процесів, які проходять на станції, не завжди є точними, а іноді й приводять до значного відхилення від реально потрібних значень.

В реальних умовах тривалість огляду і технічного обслуговування составів на сортувальних станціях не є постійною величиною і залежить від ряду факторів: числа відмов вагонів в составі, середнього числа вагонів в составі, місця розміщення несправних вагонів, числа груп у бригаді ПТО, укомплектованості груп робітниками різних спеціальностей, механізації ремонтних робіт і ін.

Середню тривалість технічного огляду в парках прийому сортувальних станцій, де не передбачається безвідчипний ремонт вагонів, рекомендується визначити по формулі:

$$t_{\text{го}} = \frac{\tau_m}{X},$$

де X - число груп робітників ПТО в одній бригаді;

τ - середня тривалість технічного огляду одного вагона;

m - середнє число вагонів в составі.

Очевидно, що розрахунки по цій формулі дадуть в результаті "чистий" час огляду состава в парку прийому бригадою ПТО. Проте, час обробки состава в парку прийому складається з часу на контроль технічного стану та виявлення несправностей вагонів, що потребують ремонту, а також часу на усунення несправностей, які заважають розпуску состава з гірки - установлення ланцюжків важеля автозчіпки, заміна важеля автозчіпки і ін. Як правило, такі ремонтні операції проводяться робітниками, які проводять огляд состава.

В парках відправлення і в прийомо-відправочних парках сортувальних станцій, крім технічного огляду, здійснюється також безвідчипний ремонт вагонів. Тривалість цієї операції зале-

жити від числа вагонів в складах, числа вагонів, що потребують ремонту, тривалості ремонту і числа груп робітників, які обробляють одночасно окремі частини склада.

В роботах д.т.н. І.Б. Сотникова, к.т.н. О.О. Олександрова запропоновані формули для визначення середньої тривалості обробки складів у парках відправлення. Однак, в формулі запропонованій д.т.н. І.Б. Сотниковим, прийнято / для її універсальності /, що вагони, які потребують ремонту, знаходяться в середній частині, і рекомендується приймати середню тривалість ремонту при двох-групній обробці склада без залежності від числа вагонів, які потребують ремонту, і трудоемкості ремонту.

В формулах, запропонованих к.т.н. О.О. Олександровим не враховується час від моменту пред'явлення склада до обслуговування до моменту початку обслуговування. Крім того, ця формула застосовувана за умови, що всі вагони, які обслуговуються однією групою, є несправними.

З метою усунення відмічених вище недоліків і з урахуванням особливостей технології технічного обслуговування вагонів, виявлених в процесі натурних спостережень, пропонується така формула для визначення часу обробки склада при багатогруповому способі технічного обслуговування складів в парку відправлення

$$t_{\text{обр}}^{\text{в.д.пр}} = \left[\frac{fN}{K_R} + \frac{f_0 N_0}{xR} \right] + \left[\frac{\tau_m}{2x} + \frac{m\ell}{2Vx} \right],$$

де f, f_0 - середнє число в складі повних, часткових і інших несправностей, профілактичних робіт;

N, N_0 - середні затрати праці на усунення повних, часткових відмов і інших несправностей, профілактичних робіт, чел.-год;

R - число ремонтників в одній групі, які слідуєть за оглядачами і усувають перелічені відмови і виконують профілактичні роботи;

K_R - коефіцієнт, який враховує випадки, коли повні і часткові відмови розподіляються рівномірно серед груп ремонтників;

V - швидкість переміщення групи ремонтників ПТО уздовж склада;

ℓ - середня довжина вагона.

Коефіцієнт K_R залежить від числа груп, що одночасно обробляють склад, і приймає наступні значення:

Таблиця I

Число груп робітників ПТО, що одночасно :		Значення коефіцієн-
обробляють состави		: та K_H
I	:	2
1	:	1,0
2	:	1,4
3	:	1,6
4	:	1,8

Значення коефіцієнта K_H одержані шляхом обробки статистичних даних про місце розташування в составі вагонів з повними і частковими відмовами.

Для випадку, коли в групі бригади ПТО оглядачі вагонів поєднують професії ремонтників, звичайно ПТО парків прийому, час обслуговування состава належить розраховувати по формулі

$$t_{\text{обр}}^{\text{випр}} = \left[\frac{f H}{K_{HR}} + \frac{f_0 H_0}{x R} \right] + \frac{\tau_m}{x}$$

На основі обробки статистичного матеріалу були встановлені закономірності розподілу числа вагонів з відмовами в составах вхідного потоку поїздів та визначені основні характеристики. Аналіз одержаних характеристик показав, що 98,5% виявлених в парках сортувальних станцій несправних вагонів мали одну несправність, яка відносилась до категорії повних- часткових відмов. Тому в зв'язку з пропозиціями по виносу з парків сортувальних станцій і зосередження на спеціалізованих технологічних лініях проведення ремонтних робіт по розширеній номенклатурі несправностей, виникла необхідність дослідження розподілу числа вагонів, які мають повні- часткові відмови, у вхідному потоці поїздів, з метою встановлення закономірності.

На основі обробки статистичного матеріалу було встановлено, що розподіл числа вагонів з повними- частковими відмовами в составах вхідного на сортувальні станції потоку поїздів узгоджується з теоретичним зрізаним нормальним розподілом, а коефіцієнт

варіації розподілу знаходиться в межах 0,3...0,4.

В третій главі "Теоретичні основи та розробка комплексної технології потокової і безперервної переробки вагонів на сортувальних станціях" викладаються теоретичні основи для обґрунтування та вибору моделей технологічних процесів в системах автоматизованого управління розформуванням, формуванням составів поїздів та в системах технічного обслуговування вагонів.

Узагальнюючи теоретичні дослідження вітчизняних та закордонних вчених, а також дослід науково-експериментальної роботи з автоматизованого управління процесів розформування та формування на сортувальних станціях кафедри "Залізничні станції та вузли" ХІІТу, пропонується розглянути окремо дві, автономно діючі поточкові лінії:

лінію гіркову для регулювання інтервалів між відчепами составів при розформуванні;

лінію для формування составів на коліях підгірського парку за допомогою комплексної взаємодії паркової гальмівної позиції / ППГ / з засобами регулювання швидкості руху відчепів, встановлених за ППГ.

Вибір моделі технологічного процесу для систем автоматизованого управління розформуванням составів пропонується проводити з критеріїв:

- мінімізації потребної енергетичної висоти, яка гаситься на гальмівних позиціях;
- зменшення експлуатаційних витрат на зміну початкової швидкості скочування відчепів при постійній швидкості розпуску порівнюючи з перемінною;
- усунення непередбачуваних операцій / осаджування, запуски підчепів з причини незадовільного регулювання інтервалів та інших /;
- забезпечення потрібної швидкості розпуску;
- мінімізації приведених витрат на технічне оснащення гірок.

В моделях технологічного процесу регулювання інтервалів між відчепами розформовуваних составів пропонується засіб регулювання інтервалів, заснований на законах динаміки спуску вагонів, підпадаючих під гальмування на спускній частині гірки,

А саме враховується, що тривалість спуску вагону, який гальмується змінюється лише в залежності від ступені гальмування на першій позиції; величина дифу на стрілках залежить від ступен. гальмування тільки на першій позиції; оптимальне значення дифу повинно визначатись з обліком останньої та головної стрілок пучку.

Ці положення вірні при двохпозиційному гальмуванні відцепів на гірці, в тому числі й при наявності ПП. Якщо дуже добрий бігун / ДД / та дуже поганий / ДП / слідує до розрахункової точки, то швидкість виходу ДП з другої гальмівної позиції ($V_{вих.ІІІ}^{ДП}$) повинна бути більше швидкості виходу ДД з другої гальмівної позиції ($V_{вих.ІІІ}^{ДД}$).

В цьому випадку для зменшення негативного впливу різниці швидкості виходу ($\Delta V_{вих.ІІІ}^{ДП-ДД}$) на диф по останній стрілці необхідно зробити деяку різницю швидкостей входу ДД та ДД на ІІІ ($\Delta V_{вих.ІІІ}^{ДП-ДД} < 0$).

Цю різницю можна одержати двома засобами:

1/ випускати ДД та ДД з першої гальмівної позиції з однаковою швидкістю;

2/ випускати ДД з першої позиції зі швидкістю меншою, ніж швидкість виходу ДД ($V_{вих.ІІІ}^{ДП} < V_{вих.ІІІ}^{ДД}$).

В сучасних вітчизняний системах АРШ на гірках використовується другий принцип роботи першої гальмівної позиції:

$V_{вих.ІІІ}^{ДП} > V_{вих.ІІІ}^{ДД}$ / швидкість виходу відцепу тим менша, чим більша середня вагова категорія відцепу/.

Цією обставиною повністю визначена несприятлива ситуація з точки зору дифів / отже й швидкості розпуску /, що складається в стрілковій зоні. Швидкість розпуску складає при розділі маршрутів руху відцепів на стрілках пучку в цьому випадку повинна бути зменшена.

Спроба забезпечити розрахунковий інтервал тільки на другій позиції в надії, що інтервали по стрілках пучку будуть не нижче інтервалів на роздільних елементах до другої позиції при наявності ПП, приводить лише до збільшення потужності ПП, що явно недоцільно.

Цілком задовільно задача забезпечення потрібного інтервалу по всіх елементах гірки забезпечується вже при рівності швид-

костей виходу відчепів з першої позиції. Ця обставина значно спрощує автоматизоване управління уповільнювачами першої позиції, тому що не вимагає знайдення ходових якостей відчепів. Крім того, значного підвищення швидкості розпуску можна одержати при меншій потужності ПП, ніж в вітчизняних системах АРШ / наприклад, АРШ ДТСЗ /.

Шляхом імітаційного моделювання на ЕОМ процесу розформування составів / генеральної виборки / встановлено, що необхідно знаходити два постійних значення швидкості виходу відчепів з першої гальмівної позиції:

$const_1$ - для відчепів, складених з одного-трьох вагонів;

$const_2$ - для відчепів, складених з чотирьох і більш вагонів.

Перше значення швидкості виходу з ПП ($const_1$) знаходиться по швидкості виходу ДП, друге значення ($const_2$) - з умови забезпечення швидкості розпуску 2,0 м/с.

Значення $const_1$ і $const_2$, визначаються для конкретної гірки з сприятливих / літніх / та несприятливих / зимових / умов.

Одночасно імітаційним моделювання генеральної виборки розпуску составів знайдена роль другої гальмівної позиції на гірці з точки зору впливу режиму її роботи на швидкість розпуску, утворення "вікон" та швидкості співударення відчепів.

Зроблено висновок, що використання другої гальмівної позиції для здійснення прицільного гальмування неприпустимо. Це, між іншим, показує й досвід роботи вітчизняних систем АРШ.

В пропонованих моделях технологічного процесу регулювання інтервалів між відчепами для другої гальмівної позиції встановлюється одна функція - інтервальне регулювання з наступним режимом її роботи. Для кожної конкретної гірки / при її екстремальній висоті та оптимальному профілю / визначаються три постійних значення швидкості виходу з другої гальмівної позиції, відповідно трьом значенням загального питомого опору (ω) для поганого, доброго та масового бігунів, нормативне значення котрих встановлюється попередньо шляхом імітаційного моделювання руху

відцепів з урахуванням можливих відхилень нормативних значень ω .

Постійне значення швидкості виходу добрих бігунів (const_2^A) з другої гальмівної позиції встановлюється в залежності від пучку слідування: для поганих бігунів швидкість виходу (const_2^A) знаходиться з нормативного значення ω та третє постійне значення швидкості виходу (const_2^N) знаходиться для масових бігунів, до котрих віднесені відцепи, які складаються з чотирьох та більш вагонів.

Для забезпечення розрахункових інтервалів на горбу гірки та безперервного розпуску составів / усунення зупинок розпуску із-за невідчіплювання / на швидкісній ділянці пропонується "нульова" гальмівна позиція.

Таким чином, функціональна схема системи автоматизованого регулювання інтервалів на гірці / API-Г / уявляє собою комплекс трьох підсистем: інтервальним уповільнювачем на "нульовій" позиції, першої та другої інтервальними гальмувальними позиціями / АУГП-1 та АУГП-11 / та процесом розпуску составів на гірці / РС /.

Параметри системи API-Г та кожної її підсистеми розраховуються з умови забезпечення проєктної швидкості розпуску, допущеної за умовами динаміки відриву відцепів на горбі гірки.

Для зміни прискорення скоочування відцепів з метою визначення їх категорії запропоновано пристрій, заснований на гнотосуванні рейкового кола та мікропроцесорів, які дозволяють підвищити якість регулювання та темп розпуску за рахунок визначення ходових якостей відцепів на усьому маршруті скоочування від горбу гірки до співударення на колії сортувального парку та особливо перед позиціями примусового регулювання швидкості.

Для регулювання початкової швидкості скоочування самітних вагонів / дуже поганих та поганих бігунів / при постійній швидкості розпуску составів пропонується на "нульовій" позиції встановити прискорювач вагонів чи прискорювач-уповільнювач з метою визначення можливостей звищення постійної швидкості розпуску та зменшення експлуатаційних витрат на розформування составів в порівнянні з перемінною швидкістю розпуску.

Для обґрунтування та вибору моделі технологічних процесів

для систем автоматизованного управління формуванням составів були розглянуті різні принципи регулювання швидкості руху відцепів на коліях сортувальних парків з використанням технічних засобів, пристроїв, здатних утворювати на відцеп чи уповільнюючу, чи уповільнюючу-прискорюючу, чи осаджуючу дію.

Досліди проводились для п'яти варіантів моделей технологічного процесу регулювання швидкості скочування відцепів на підгіркових коліях:

- варіант I - базовий - прицільне регулювання на ПП;
- варіант II - прицільне регулювання на ПП та додатковий ПП / ДПП / - з ПП відцепи пропонується випускати з швидкістю в залежності від вагової категорії, ходових якостей та допущеної швидкості входу на ДПП. З додаткової ПП відцеп випускають з швидкістю в залежності від його ходових якостей, вагової категорії, вимагаємої дальності пробігу та фактичної швидкості входу на ДПП;

- варіант III - квазінерозривне регулювання уповільнювачами - прискорювачами - швидкість виходу відцепів з ПП встановлюється постійною 1,25 м/с. Швидкість руху відцепів в зоні регулювання уповільнювачами-прискорювачами встановлюється в межах від 0,25 м/с до 1,25 м/с / з умови безпечного співударення /;

- варіант IV - квазінерозривне регулювання малопотужними уповільнювачами - швидкість виходу відцепів з ПП постійна - 1,25 м/с. Границі швидкостей відцепів в межах зони регулювання 0-1,25 м/с;

- варіант V - комбіноване регулювання - швидкість виходу відцепів з ПП постійна - 1 м/с. В зоні регулювання / зоні колії між ПП та додаткової здержуючої ПП / УПП / / виконується накопичення вагонів / при цьому питомий опір групи засереднюється / та далі група вагонів вагоноосаджувачем проштовхується до УПП, прискорюючи вагони до швидкості 1 м/с.

Варіанти 3,4 квазінерозривного регулювання на відміну від тих, що є в науково-технічній літературі моделей систем, базуються на оснастці точковими засобами регулювання тільки частини загальної довжини колії СП - зони регулювання. Довжина цієї зони встановлюється рівною половині корисної довжини колій сортувального парку та не менше половини максимальної довжини состава, що формується.

Обґрунтування такої довжини є наступні положення, що характеризують досягаємих в порівнянні з моделями, які мають техніко-експлуатаційний та техніко-економічний ефект: по-перше, зменшується приблизно вдвічі потрібна кількість точкових засобів регулювання та, відповідно, капітальні витрати, на їх придбання та установку; по-друге, зменшується потрібна кількість латних одиниць для обслуговування та утримання засобів регулювання та, відповідно, експлуатаційних витрат на обслуговування та утримання; по-третє, зпрошується алгоритм управління системою з одночасним зменшенням потреби в апаратурі управління. Поряд з зазначеними перевагами є й недоліки / характерні й для варіанта У /, до котрих відносяться, головним чином, необхідність при заповненні вагонами зони регулювання підтягати їх з хвоста сортувального парку та зв'язаний з цим додатковий простій вагонів в сортувальному парку, а, тому, й витрати на виконання названих технологічних операцій. Разом з цим, одноразове / на один состав / підтягування вагонів є гарантією якісного заповнення колій вагонами навіть при різкій зміні зовнішніх факторів, величина впливу котрих буде перевищувати розрахункові значення.

Для кожного з варіантів з квазінерозривним / варіанти 3,4 / та комбінованим / варіант 5 / принципами регулювання розроблені групи таких основних експлуатаційних характеристик, параметрів моделей, котрі найбільшповно відбивають їх особливості.

При дослідженні різноманітних принципів регулювання включається облік ряду положень та умов, основними з котрих є: статистичні оцінки параметрів моделей примусового регулювання, помилки роботи засобів регулювання швидкості руху відцепів, випадковий характер опору руху відцепів, тип та характер дії на відцепи, які рухаються засобами регулювання / уповільнювачами, прискорювачами, осаджувачами /.

Проведений аналіз існуючих математичних моделей процесів формування показав, що існуючі моделі не враховують відмічені вище особливості. Тому автором розроблені моделі, які дозволяють усунути труднощі, що виникають із-за специфіки досліджень.

В цілому скоочування відцепів по коліях підгіркових парків з пристосуванням паркових засобів регулювання швидкості руху від-

чепів можливо уявити як функцію з багатьма змінними

де $V_{вих}^{пгп}(j) = f(V_{вих}^{пгп}(j), \omega_0(j), l(j), S_{пр}(j), i, h_{ур})$ - швидкість виходу відчепу з паркової гальмівної позиції;

$\omega_0(j)$ - основний питомий опір руху відчепу;

$l(j)$ - довжина відчепу / кількість вагонів в відчепі/;

$S_{пр}(j)$ - дальність пробігу відчепу в сортувальний парк, після виходу з паркової гальмівної позиції;

i - ухил сортувальної колії за парковою гальмівною позицією;

$h_{ур}$ - потужність паркових пристроїв, регулюючих швидкість відчепів за парковою гальмівною позицією.

Швидкість виходу відчепів з ПП, яка реалізується, може бути уявлена як

$$V_{вих}^{пгп}(j) = V_{зад}^{пгп} + \Delta V_{вих}(j)$$

де $V_{зад}^{пгп}$ - задана для існуючого принципу регулювання швидкість виходу відчепів з ПП,

$\Delta V_{вих}(j)$ - помилка реалізації заданої швидкості виходу j - того відчепу з ПП.

Як показали дослідження ДІІТу, $\Delta V_{вих}$ носить випадковий характер та може бути описана нормальним законом розподілу при цьому

$$\Delta V_{вих}(j) = M[\Delta V_{вих}] + R(j) \sigma[\Delta V_{вих}]$$

де $M[\Delta V_{вих}]$ - математичне сподівання випадкової величини помилки реалізації заданої швидкості виходу;

$\sigma[\Delta V_{вих}]$ - середнє квадратичне відхилення $\Delta V_{вих}$;

$R(j)$ - одне з випадкових нормально розподілених чисел.

Прийнятий при моделюванні імовірно-статистичний підхід до досліджень процесу скочування відчепів в сортувальному парку пропонує наявність випадкового потоку відчепів, для імітації якого моделюють три основних параметри: питомий основний опір відчепів - $\omega_0(j)$, число вагонів у відчепі - $m(j)$ та маса відчепу - $Q(j)$.

Зроблені ВНІІЗТом, ДІІТом, БелІІЗТом дослідження показали, що основний питомий опір руху являє собою нормально розподіле-

ну величину з параметрами, які залежать від вагових категорій вагонів:

$$\omega_0(j) = M[\omega_0]_{Q(j)} + R(j) \sigma[\omega_0]_{Q(j)},$$

де $M[\omega_0]_{Q(j)}$ - математичне сподівання випадкової величини для вагової категорії j - того відчепу;

$\sigma[\omega_0]_{Q(j)}$ - середнє "квадратичне відхилення" для вагової категорії j - того відчепу.

Моделювання дальності пробігу відчепу в сортувальний пар після виходу з ПП чи додаткових засобів регулювання засновано на використанні диференціального рівняння

$$\frac{d^2 s}{dt^2} = q' (F - \Sigma W),$$

інтегруванням якого визначається довжина пробігу відчепу

$$s_{пр}(j) = \int_{v_2}^{v_1} \frac{v dv}{q' (F - \Sigma W)} + c,$$

де q' - прискорення вільного падіння з урахуванням впливу інерції обертових мас відчепу;

F - рухома сила, яка виражає взаємозв'язок сил ухилу, діючих на відчеп, та пройденого ним шляху, а також можливий вплив на відчіп пристрою, який прискорює його швидкість руху при устаткуваннях підгіркових колій уповільнювачами-прискорювачами чи вагоноосаджувачами, тобто взагалі

$$F = Q(j) i + f_{зюк};$$

де ΣW - сумарний питомий опір руху відчепу з зрахуванням можливих дій на відчіп пристроїв, уповільнюючих його рух

$$\Sigma W = \Sigma \omega^* + \Delta \omega_{тор},$$

де $\Delta \omega_{тор}$ - питомий опір руху відчепу від уповільнення його парковим пристроєм регулювання швидкості;

$\Sigma \omega^*$ - сумарний питомий опір руху при вільному скошуванні відчепу;

c - початкова координата відчепу.

Алгоритм моделювання враховує випадковий характер величини основного питомого опору відчепу, довжини пробігу відчепу по

підгірковій колії, величини реалізації заданої швидкості виходу відцепів з ПП.

В главі приводяться шість моделей технологічних процесів систем технічного обслуговування вантажних вагонів і варіанти розміщення спеціалізованих технологічних ліній з ремонту вагонів на сортувальних станціях.

В четвертій главі "Експериментально-теоретичні основи аналітичного моделювання процесів переробки вагонів на сортувальних станціях" основна увага приділена знаходженню математичних залежностей для аналітичного моделювання функціонування сортувальних станцій з метою розв'язування задачі по вибору раціональної комплексної технології переробки вагонів.

Як показав аналіз існуючих методик аналітичного моделювання сортувальних станцій його основу складають залежності по визначенню міжопераційних простоїв, затримок потягів по неприйманню і в сортувальному паркові в очікуванні перестановки в парк відправлення, надійності роботи станції, а також залежності по опису взаємодії її підсистем.

Великий вклад в розробку існуючих методик внесли Н.Н. Шабалін, О.В. Бикадоров, І.Б. Сотников, В.М. Ахулінічев, М.І. Федотов, П.С. Грунтов та інші.

При розробці методик автори виходили з різних допущень відносно закону розподілення вхідного потоку; в результаті чого ними одержані різні залежності. При цьому всі автори для того, щоб можна було користуватись теорією масового обслуговування при вивченні станційних підсистем приймали допущення/ потік потягів, поступаючих на станцію, приймався як елементарний із властивостями стаціонарності, ординарності та відсутності післядії /.

Якщо відзначені припущення при завантаженні системи до межових значень $/0,72-0,8 /$ практично не впливають на достовірність результатів, то при завантаженнях більших межових значень, вони призводять до істотних відхилень від експериментальних даних.

Очевидно такий висновок впливає також і з конструктивної побудови формул, для яких характерна присутність в знаменнику виразу (1- ψ). Останнє, при ψ близьких до одиниці, приводить значення часу очікування виконання операції до нескінченно великої величини, в той час як практика роботи багатьох станцій показує, що

в окремі сутки завантаження гірки складає I, разом з тим час очікування розформування є величиною кінцевою. Тому при завантаженнях систем більш межових значень розрахунки міжопераційних простотів по існуючим методикам не вважаються можливими.

Існуючі методики розрахунку затримок потягів по неприйому, очікування виставки потягів із сортувального парку в парк відправлення і надійності роботи станції, основані на теорії масового обслуговування, яка вимагає заміни реальних потоків теоретичними не дають достовірних результатів. Потрібно звернути увагу на те, що існуючі методики не враховують впливу таких елементів, як бригад ПТО і потягових локомотивів, що пов'язано зі складністю математичного описання багатофазних систем. В той же час саме потягові локомотиви і робота бригад ПТО в паркові відправлення визначають простій потягів.

Виходячи з наведеного аналізу, для аналітичного моделювання функціонування сортувальних станцій пропонуються залежності, одержані емпіричним шляхом по результатах моделювання роботи одноканальних і багатоканальних СМО для реальних вхідних потоків ряду сортувальних станцій, на імітаційній моделі сортувальної станції.

Для оцінки різних режимів функціонування окремих підсистем і систем в цілому сортувальних станцій, що проектується заново, тобто в умовах відсутності статистичних даних для визначення імовірних станів пропонується потік перероблюваних вантажних вагонів через сортувальну станцію представити у вигляді рівняння балансу

$$N = n_0 + t n_c / t_{307}$$

де N - місткість станції;

n_0 - кількість вагонів, яка є в наявності;

t - стала часу;

n_c - потік вагонів, які сортуються;

t_{307} - середній час затримки вагона.

або у вигляді бета-розподілення $2/3$

$$f(n_0) = \frac{24 n_0 (N - n_0)^{1/3}}{t_c}$$

із виразу для першої похідної

$$\frac{dn_c}{dn_0} = 2 N n_0 - 3 n_0^2 = 0$$

можна одержати моду $n_{0, \text{opt}} = \frac{2}{3} N$. При підстановці $n_{0, \text{opt}}$

в рівняння балансу, записаного у вигляді бета- розподілу, дістанемо співвідношення для найбільшого потоку сортувальних вагонів

$$N_{c, \max} = 12,7 \frac{N}{\tau_c} \cdot \text{При цьому математичне сподівання } M(n_c) = \int_0^{\tau_c} n_c f(n_c) dn_c = \frac{\tau_c}{2}; \text{ дисперсія } G^2 = \int_0^{\tau_c} n_c^2 f(n_c) dn_c = \frac{5}{3} \tau_c^2; \\ \text{завантаження системи } \Psi = 1/(1 + \tau_c^3 / \tau_{\text{сод}}^3); \text{ пропускна здатність системи } n = \sqrt[3]{6,75 \Psi^2 (1 - \Psi)}; \text{ ступінь використання системи: } \tau = (\frac{1}{\Psi} - 1)^{1/3}.$$

Із першої похідної $d\tau/d\Psi = 1/f(\Psi)$ і рівняння $d^2\tau/d\Psi^2 = 0$, випливає $f'(\Psi) = \frac{2}{(1/\Psi - 1)^{2/3}} - 6\Psi(\frac{1}{\Psi} - 1)^{2/3} = 0$.

За допомогою співвідношення $n_c = 24n_c / \tau_{\text{сод}}, n = n_c / n_{c, \max}, \Psi = n_c / n$ визначається середній час затримки вагонів в системі $\tau_{\text{сод}} = 24n / n_{c, \max}$.

Запропонована методика дозволить визначити залежність між пропускною здатністю сортувальної станції і використанням її місткості, а також часом знаходження вагонів на станції.

Використанням одержаних показників можна встановити принцип раціонального функціонування сортувальної станції.

Створення на сортувальних станціях окремих технологічних ліній викликає необхідність дослідження їх взаємодії, особливо поточкових ліній сортування і технічного обслуговування вагонів.

Схеми технологічних ліній технічного обслуговування вагонів можна класифікувати на дві категорії: лінії "накопичення-ремонт-накопичення" і лінії "накопичення-перестановка-ремонт".

Перша категорія - лінії, технологія роботи яких передбачає виконання ремонтних операцій на колії накопичення несправних вагонів після їх заповнення без перестановки.

Друга категорія - лінії, технологія роботи яких передбачає накопичення несправних вагонів на одній колії сортувального парку і подальшу передачу їх безпосередньо на ремонтні позиції або через групувальний парк на ремонтні позиції, розміщені або паралельно сортувальному парку, або під кутом до колії насуву составів на гірку, або під кутом до колії формування.

Технологія технічного обслуговування вантажних вагонів на сортувальних лініях виявляє на колії сортування вагонів два впливи: прямий і зворотний.

Прямий вплив виникає в моменти часу, коли необхідно звільнити ремонтні позиції від відремонтованих вагонів і розпустити їх з гірки згідно плану формування.

Зворотний вплив на роботу ліній по сортуванню вагонів заключається в тому, що при певній інтенсивності обслуговування ремонтним комплексом вхідного потоку несправних вагонів на гірці виникає черга несправних вагонів, які, щоб не зупиняти розпуск, необхідно направити на неспеціалізовані колії з подальшим відновленням спеціалізації. Це призводить до підвищення коефіцієнта повторної переробки вагонопотока, додаткового заняття гірки і як наслідок – стримування пропуску основного вагонопотока через сортувальну станцію. Тому, при розрахунку технологічних параметрів спеціалізованих ліній ремонту, необхідно виходити із умови, щоб інтенсивність обслуговування вагонів в ремонтному комплексі забезпечувала безперешкодний прийом потоку несправних вагонів і відсутності черги на гірці.

Кількісною характеристикою, яка приводить до якісних змін роботи підсистеми "парк приймання-гірка" при створенні спеціалізованих ліній по ремонту вагонів є коефіцієнт завантаження гірки при прямому і зворотному впливах.

При визначенні раціональних технологічних і технічних параметрів спеціалізованих ліній є можливість позбутись зворотного впливу роботи спеціалізованих ліній по технічному обслуговуванню вагонів на лінію сортування вагонів.

Аналітично задача визначення кількості вагонів, які не помістились на колії накопичення несправних, зводиться до знаходження середнього значення довжини черги системи масового обслуговування.

Розглядається робота СМО, організована за наступним принципом. У складі СМО є дві колії, на яких накопичуються і ремонтуються вагони. Кожна з них може прийняти не більше K вагонів. Прибувши в СМО вагони спочатку подаються тільки на одну із цих колій: коли їх число досягне K , подача вагонів на цю колію закінчується і розпочинається їх ремонт, а несправні вагони, що продовжують поступати, відправляються на другу колію до тих пір, поки вона не буде повністю ними заповнена. Ремонт вагонів на цій, другій колії, почнеться тільки тоді, коли будуть відремонтовані всі вагони на першій колії. Якщо прибувший в СМО вагон застає одну із колій повністю зайнятою, а на другій колії в цей момент буде ремонтуватись принаймні один вагон і тому ця колія також виявиться закри-

тою для прийому прибувального вагону, то цей вагон стає в чергу, довжина якої може бути будь-якою.

Припустимо, що вагони в СМО поступають з інтенсивністю λ , а інтенсивність ремонту вагону дорівнює μ . Припустимо, що система в довільний момент часу знаходиться в стані E_n , якщо в ній в цей момент часу знаходиться рівно n вагонів. Таким чином, в стані E_0 в системі немає жодного вагону. Це стан простою системи, а в стані E_n при $n \geq 2$ обидві колії повністю зайняті. Граф стану такої СМО зображений на малюнку 1.

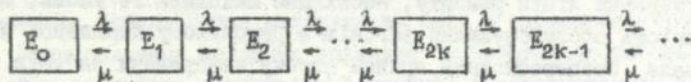


Рис. 1

Знайдемо стаціонарне розподілення імовірностей станів процесу, представленого цим графом. Нехай q_n - фінальна імовірність стану E_n . Напишемо систему рівнянь для фінальних імовірностей:

$$\begin{aligned}\lambda q_0 &= \mu q_1 \\ (\lambda + \mu) q_1 &= \lambda q_0 + \mu q_2 \\ (\lambda + \mu) q_2 &= \lambda q_1 + \mu q_3 \\ &\dots\end{aligned}$$

Із першого рівняння $q_1 = \lambda/\mu \dots$. Підставимо це значення в друге рівняння, дістанемо $(\lambda + \mu) \lambda/\mu q_0 = \lambda q_0 + \mu q_2$. Звідки $q_2 = (\lambda/\mu)^2 q_0$. Це значення q_2 підставимо в третє рівняння системи, після чого знайдемо $q_3 = (\lambda/\mu)^3 q_0$. Продовжуючи таким чином перетворення, знайдемо, що $q_n = (\lambda/\mu)^n q_0$ ($n=0, 1, 2, \dots$). Якщо позначити $\psi = \lambda/\mu$ / ψ - коефіцієнт завантаження, то $q_n = \psi^n q_0$. Сума всіх імовірностей $q_0 + q_1 + q_2 + \dots$ повинна дорівнювати 1. Тому $\sum_{n=0}^{\infty} \psi^n q_0 = 1$.

Ряд зліва являє собою нескінченну геометричну прогресію зі знаменником ψ . Ця прогресія має скінченну суму при умові $0 < \psi < 1$ і ця сума дорівнює

$$\sum_{n=0}^{\infty} \psi^n q_0 = \frac{q_0}{1-\psi}$$

Таким чином, $q_0/(1-\psi) = 1$, звідки $q_0 = 1-\psi$ і $q_n = \psi^n (1-\psi)$ - стаціонарне розподілення імовірностей станів.

Нехай L - число вагонів, які утворюють чергу. Це дискретна випадкова величина і її середнє значення можна визначити, використовуючи поняття математичного сподівання. Якщо довжина черги

дорівнює одному вагону (L=1), то всього в системі знаходиться (K+2) вагонів / K вагонів - на одній колії, 1 вагон - на другій колії і один вагон в черзі / або (K+3) вагонів / K вагонів - на одній колії, 2 вагони - на другій колії і один вагон в черзі /, або ..., або, нарешті, (2K+1) вагон / K вагонів - на одній колії, K вагонів - на другій колії і один вагон - в черзі / Іншими словами, черга довжиною L=1 виникає лише в одному з наступних станів системи: $E_{K+2}, E_{K+3}, \dots, E_{2K+1}$.

Позначимо імовірність події $L=1$ через P_1 . Тоді по теоремі додавання імовірностей несумісних подій ця імовірність дорівнює сумі імовірностей вказаних подій: $P_1 = q_{K+2} + q_{K+3} + \dots + q_{2K+1}$.

Вживаючи формулу стаціонарного розподілу імовірностей станів, дістанемо $P_1 = (1-\psi)\psi^{K+2}(1+\psi+\psi^2+\dots+\psi^{K-1})$. Вираз $1+\psi+\psi^2+\dots+\psi^{K-1}$ є геометрична прогресія зі знаменником, що дорівнює ψ , тому $1+\psi+\psi^2+\dots+\psi^{K-1} = 1-\psi^{K-1}/1-\psi$ і $P_1 = \psi^{K+2}(1-\psi^K)$.

Аналогічно, черга довжиною L=2 виникає в СМО лише в одному з наступних її станів $E_{K+3}, E_{K+4}, E_{K+5}, \dots, E_{2K+2}$.

Для фінальної імовірності P_2 черги такої довжини за допомогою викладок вище зазначених, дістанемо $P_2 = \psi^{K+3}(1-\psi^K)$.

Фінальна імовірність P_3 черги довжиною L=3 виявляється дорівнює $P_3 = \psi^{K+4}(1-\psi^K)$.

Узагальнюючи ці результати на випадок черги довільної довжини L=m, дістанемо $P_m = \psi^{K+m+1}(1-\psi^K)$.

Таким чином, на основі одержаних даних можна записати наступну табл. 2

Таблиця 2

Довжина черги :	1	:	2	:	3	:	...
Імовірність	$\psi^{K+2}(1-\psi^K)$		$\psi^{K+3}(1-\psi^K)$		$\psi^{K+4}(1-\psi^K)$		...

Математичне сподівання випадкової величини M[L] :

$$M[L] = \psi^{K+2}(1-\psi^K)[1+2\psi+3\psi^2+\dots]$$

Так як ряд в квадратних дужках можна дістати шляхом похідного диференціювання ряду $1+\psi+\psi^2+\psi^3+\dots$, то

$$M[L] = \psi^{K+2}(1-\psi^K)(1+\psi+\psi^2+\psi^3+\dots)$$

В дужках під знаком похідної знаходиться нескінченна геометрична прогресія з додатним знаменником. Її сума

$$1+\psi+\psi^2+\psi^3+\dots = 1/1-\psi$$

Продиференціюємо цей вираз: $(1 + \psi + \psi^2 + \psi^3 + \dots)^2 = 1/(1-\psi)^2$.

Підставивши цей вираз в формулу, по якій знаходиться $M(L)$, дістанемо

$$M(L_{04}) = \frac{(1-\psi_{pk})^k \psi_{pk}^{k+2}}{(1-\psi_{pk})^2}$$

де ψ_{pk} - коефіцієнт завантаження ремонтного комплексу.

Розглянемо СМО, робота якої організована по другій схемі.

Всі несправні вагони поступають на колію накопичення місткості m вагонів. Потім ці вагони розподіляються по коліях групувального парку, який може прийняти n вагонів. Розподілення вагонів проводиться по характеру несправностей. При цьому всі ремонтно-відновлювальні роботи в залежності від їх трудомісткості і складності діляться на три види з інтенсивностями μ_1, μ_2, μ_3 . При цьому під ремонт першого виду відводяться дві лінії, а для ремонту другого і третього видів призначаються по одній колії.

Інтенсивність надходження вагонів в таку СМО відома і дорівнює λ .

Введемо результативну інтенсивність ремонту $\mu = 2\mu_1 + \mu_2 + \mu_3$ і позначимо через E_n ту подію, згідно якої в СМО знаходиться n вагонів. Черга в СМО виникає в усіх тих станах E_n , у яких $N > m + n + 4$, тобто $N = m + n + 5, m + n + 6, m + n + 7, \dots$

Довжина цієї черги дорівнює одному вагону ($L = 1$), якщо система знаходиться тільки в одному із наступних станів $E_{m+n+5}, E_{m+n+6}, E_{m+n+7}, \dots, E_{m+n+4l+1}$.

По теоремі додавання імовірностей несумісних подій імовірність P_1 такої довжини черги дорівнює

$$P_1 = q_{m+n+5} + q_{m+n+6} + q_{m+n+7} + \dots + q_{m+n+4l+1}$$

або

$$P_1 = (1 + \psi)\psi^{m+n+5}(1 + \psi + \psi^2 + \dots + \psi^{4l-1})$$

Просумувавши геометричну прогресію одержим $P_1 = \psi^{m+n+5}(1 - \psi^{4l-3})$.

Черга довжиною $L = 2$ виникає в одному з наступних станів

$$E_{m+n+6}, E_{m+n+7}, E_{m+n+8}, \dots, E_{m+n+4l+2}$$

Імовірність P_2 черги довільної довжини дорівнює $P_2 = \psi^{m+n+6}(1 - \psi^{4l-3})$

і взагалі імовірність P_L черги довільної довжини дорівнює

$$P_L = \psi^{m+n+4+L}(1 - \psi^{4l-3})$$

Математичне сподівання випадкової величини $M(L)$:

$$M(L) = 1 \cdot \psi^{m+n+5}(1 - \psi^{4l-3}) + 2 \cdot \psi^{m+n+6}(1 - \psi^{4l-3}) + 3 \cdot \psi^{m+n+7}(1 - \psi^{4l-3}) + \dots$$

Звідси

$$M[L_{oc}] = \frac{\psi_{pk}^{m+n+5} (1 - \psi_{pk}^{l-3})}{(1 - \psi_{pk})^2}$$

На підставі одержаних формул величин середньої черги були виконані розрахунки для різних значень завантажень (ψ_{pk}) ремонтного комплексу, змінних значень перемінних, описуючих технічний стан технологічних ліній ремонту / місткість ремонтних колій, місткість колій накопичення, m , місткість групувального парку, n , $S = m \cdot n$ /.

На основі розрахунків зроблені висновки:

1/ для технологічних ліній ремонту, розташованих на двох крайніх коліях сортувального парку, при малій їх місткості /5...15 вагонів / черга починає виникати при відносно низькому завантаженні ремонтного комплексу / $\psi_{pk} = 0,55 \dots 0,65$ /; при місткості 45 ... 55 вагонів черга несправних вагонів практично не виникає до значень завантаження ремонтного комплексу від 0,85 до 0,90;

2/ для технологічних ліній з колією накопичення середня величина черги одного та більш вагонів починає виникати при значеннях коефіцієнту завантаження комплексу 0,9 / при відсутності групувального парку /, або 0,93...0,95, якщо є групувальний парк.

Таким чином, запропонована методика дозволяє обґрунтовувати технічні та технологічні параметри спеціалізованих ліній по ремонту вагонів в функції безвідмовної роботи гірок.

У п'ятій главі "Методика розрахунку параметрів поточкових ліній сортування і технічного обслуговування вагонів на сортувальних станціях" викладається сутність запропонованих методик розрахунку параметрів поточкових гіркових ліній для регулювання інтервалів між відчепами розформованих составів, поточкових ліній для формування составів на коліях підгіркових парків, поточкових ліній технічного обслуговування вагонів, розрахунку параметрів, забезпечуючих раціональну взаємодію станційних процесів.

Розрахунок параметрів поточкових гіркових ліній для регулювання інтервалів між відчепами виконується за допомогою дослідно-статистичного методу. По розробленій програмі виконується на ЕОМ імітаційне моделювання процесу розформування по технологічному алгоритму регулювання інтервалів між відчепами, викладеному у

третій главі. Запропонована наступна послідовність розрахунків:

- для конкретної гірки з її екстремальними значеннями висоти і продольного профілю спускної та насувної частини виконується імітаційне моделювання скоочування розрахункових бігунів - поганого (Π), дуже поганого ($\Delta\Pi$), масового (M), доброго (Δ) та дуже доброго ($\Delta\Delta$) на кожний пучок при постійній швидкості розпуску, відповідно рекомендованими "Правилами и нормами проєктирования сортировочных устройств" значенню по типу гірки;

- визначається по швидкості виходу $\Delta\Pi$ з першої гальмівної позиції значення постійної швидкості виходу для всіх розрахункових бігунів ($const_i$);

- визначаються три постійних значення швидкості виходу з другої гальмівної позиції, відповідно до трьох значень загального питомого опору (ω) для Π , M та Δ бігунів по такій підпрограмі:

- за допомогою імітаційного моделювання руху Π на важку по опору, переміщення колію кожного пучка, а M і Δ - на сумісну з важкою колією, визначається загальний опір руху зазначених бігунів;

- за загальним опором для кожного з зазначених бігунів визначаються три значення швидкості виходу з другої гальмівної позиції - для Π швидкість виходу визначається по швидкості виходу $\Delta\Pi$ з умови його пропуску скрізь другу гальмівну позицію без гальмування, для Δ та M бігунів по формулі

$$V_{\text{вих}}^{M(x)} = \sqrt{V_c^2 + 2q' (h_{\omega}^{M(x)} + h_{\Delta\Pi\Pi} - h_{\Pi\Pi})},$$

де V_c - припустима швидкість зіткнення вагонів;

q' - прискорення вільного падіння з урахуванням інерції обертових частин вагону;

h_{ω} - витрачена енергетична висота від загального опору руху вагону;

$h_{\Delta\Pi\Pi}$ - задана потужність ППІ;

$h_{\Pi\Pi}$ - профільна висота або різниця відміток кінців другої та паркової гальмівних позицій.

- при скоочуванні розрахункових бігунів з первинними значеннями трьох швидкостей виходу з ППІ кожному пучку визначаються інтервали по усім елементам / стрілкам, уповільнювачам /

та якщо ці значення забезпечують потрібну швидкість розпуску - ці ж значення швидкості виходу Π , M , Δ приймаються для кожної пучкової позиції як константи. Якщо не забезпечують, в такому разі ці значення визначаються з умови мінімізації дифа на ділянці від головної пучкової стрілки до останньої;

- опісля визначення розрахункового інтервалу, його значення перевіряється на умову забезпечення потрібної швидкості розпуску при випадкових значеннях основного питомого опору руху поодиноких вагонів, які встановлюються по підпрограмі на підставі формули

$$\omega_c = -\frac{1}{b} \cdot \ln \left(\prod_{j=1}^n R_j \right),$$

де a, b - параметри гама-розподілу; R_j - випадкові числа, рівномірно розподілені у інтервалі $0,1$.

Остаточні значення констант швидкості виходу відцепів з I ГП і II ГП перевіряються при моделюванні розпуску розрахункового потягу.

Як приклад наводяться показники функціонування запропонованої моделі технологічного процесу регулювання інтервалів між відцепами 4- пучкової горловини гірки великої потужності. На підставі аналізу показників зроблений висновок, що зміна розрахункового інтервалу та розрахункової швидкості розпуску з випадковими значеннями ω, Π при випадкових значеннях ω, Δ та M навіть при найнесприятливіших сполученнях / $\omega'' = 0,7$ кгс/тс і $\omega_c' = 1,8$ кгс/тс /, забезпечується встановлена для ГВП швидкість розпуску / $1,7$ м/с /.

Для дослідження ефективності використання прискорювача вагонів на нульовій позиції з метою підвищення початкової швидкості руху $\Delta \Pi$ і Π , були виконані розрахунки показників при збільшеній початковій енергетичній висоті зазначених бігунів.

На підставі аналізу показників зроблено висновок, що при збільшенні початкової енергетичної висоти $\Delta \Pi$ та Π на $0,1$ м.е.в. можна реалізувати швидкість розпуску $1,9$ м/с / з урахуванням резерву інтервалу на верхівці гірки 1 с/, на $0,2$ м.е.в. - $2,0$ м/с. Подальше збільшення початкової енергетичної висоти $\Delta \Pi$ і Π недоцільне, тому що швидкість розпуску обмежується за умовами розчіплення відцепів. Таким чином, достатньо забезпечити одиничну потужність прискорювача - $0,2$ м.е.в. Окрім збільшення швидкості розпуску

при використанні на нульовій позиції прискорювачів з'являється можливість зменшення висоти гірки. Граничним значенням збільшення початкової енергетичної висоти ДП і П є 0,2 м.е.в. при зменшенні висоти гірки на 0,2 м.

У зв'язку з відмінами у методиках визначення раціональних параметрів поточкових ліній для формування потягів з різними принципами регулювання швидкості руху відцепів по коліям підгіркових парків наводиться до кожного принципу регулювання відповідна методика.

Методика розрахунку параметрів поточкових ліній для формування составів з квазінерозривним принципом регулювання швидкості руху відцепів передбачає проведення розрахунків у 2 етапи. На першому - здійснюється аналітичне моделювання скочування розрахункового составу. За результатами цього моделювання знаходяться 3-4 варіанти, параметри яких наближаються до раціональних. На другому - проводиться моделювання всього обсягу вибірки генеральної сукупності відцепів для знайдених 3-4 варіантів. Підсумком розрахунків другого етапу є уточнені параметри моделі технологічного процесу, порівняння яких між собою на базі розробленої методики дає можливість визначити кращий варіант з раціональними параметрами шляхом порівняння техніко-експлуатаційних і техніко-економічних показників.

Для визначення розкладу розрахункового составу використано методику, розроблену д.т.н. професором Шафітом Б.М.

В ході моделювання по знайденій моделі розрахункового потягу визначається оптимальне число уповільнювачів- прискорювачів / малопотужних уповільнювачів/, їх потужність / одинична та сумарна на одну колію /, відстань між ними для конкретного вагонопотоку шляхом варіювання значень похилю колії підгіркового парку на довжину зони регулювання.

Результати моделювання скочування відцепів розрахункового составу і відцепів масової вибірки свідчать про те, що криві емпіричного розподілу потрібного числа засобів регулювання, енергетичні витрати на регулювання швидкості руху відцепів від похилю колії в зоні регулювання для варіанту моделі з ланкою уповільнювачів- прискорювачів / УП / мають точки екстремуму і порівнювати ці показники необхідно за критерієм мінімуму їх значень, крім відстані між УП, яка порівнюється з критерієм максимуму. Наявність

екстремальних точок свідчить про близькість відповідного значення похилу колії у межах зони регулювання та оптимальному значенню і вимагає включення його в дослідження по аналізу та порівнянню варіантів моделі з метою визначення оптимального сполучення параметрів.

Для моделі з ланкою малопотужних уповільнювачів /МУ/ необхідно враховувати можливість ліквідації "вікон" в межах зони регулювання шляхом проштовхування при допустимих швидкостях співударів, вимога мінімуму імовірності виникнення "вікон" в зазначеній зоні при скочуванні відцепів на вільну ділянку колії /зону регулювання/ та найменшого числа МУ.

Для комбінованого засобу характерна наявність екстремума кривої розподілу енергетичних витрат для регулювання, порівняння яких виконується критерієм мінімуму їх значення. Визначаючими вимогами при виділенні конкурентоздатних варіантів є найменші енергетичні витрати на осаджування та проштовхування груп вагонів при одночасному мінімумі частоти зупинки цих груп в межах зони накопичення після проштовхування, найбільш коротка довжина робочої зони вагоноосаджування /ВО/. При визначенні оптимального похилу на зоні накопичення слід враховувати такі основні положення: похил колії повинен забезпечити мінімальне число "вікон" на зоні накопичення і, таким чином, мінімум експлуатаційних витрат на роботу ВО по ліквідації "вікон", можливість проштовхування при допустимій швидкості співударяння деякої частки відцепів, які передчасно зупинились.

Моделі технологічних процесів регулювання швидкості руху відцепів по підгірковим коліям повинні забезпечити:

- зіткнення відцепів з допустимими швидкостями /з урахуванням можливої дії зовнішніх збурюючих факторів/;
 - шкоропність рухомого складу і вантажів у вагонах при зіткненні відцепів на коліях сортувальних парків;
 - пересування відцепів вглиб парку;
 - мінімальні енергетичні витрати, які спрямовані на регулювання швидкості руху відцепів по колії сортувального парку;
 - мінімальне число "вікон" між відцепами;
 - економічний ефект при можливо менших капітальних вкладках.
- Розроблені методики і програми базуються на виконанні перера-

хованих вимог і дозволяють визначити оптимальні параметри моделей незалежно від конструктивного виконання технічних засобів, реалізуючих прийнятий принцип регулювання.

До запропонованих моделей вперше отримані раціональні параметри: похил колії на зоні регулювання— $2,5^{\circ}/\infty$ для УП, $3,0^{\circ}/\infty$ для МУ та $1^{\circ}/\infty$ для ВО+УППІ; відстань між засобами регулювання— 50 м для УП та 55 м для МУ; один ВО та один уповільнювач на УППІ; одинична потужність засобів регулювання — $0,1 \pm 0,2$ м.е.в. для УП, 60 кВт для приводу ВО і $0,2$ м.е.в. для УППІ; довжина робочої зони ВО—50 м при довжині зони між ППІ та УППІ — 120 м; максимальна сила тяги ВО— 50кН; число пристроїв, які встановлюються групою безпосередньо за ППІ — 3 МУ і 2 УП.

Дослідження впливу якості роботи ППІ на параметри моделей свідчать, що при реалізації ППІ заданої швидкості виходу число засобів регулювання може зменшитися на 18% для УП та на 27% для МУ, при цьому зменшується і потрібна загальна потужність паркових засобів регулювання відповідно на $0,2$ і $0,3$ м.е.в.

Бизначення ходових якостей відчепів в зоні регулювання запропоновано виконувати з використанням розробленого засобу виміру прискорення руху відчепів.

Методика розрахунку параметрів потокових ліній технічного обслуговування вагонів дозволяє урахувати вплив на їх значення ряду факторів: добова програма ремонту вагонів за розширеною номенклатурою несправностей і тип вагонів, які ремонтуються; тип та взаємне розташування парків станцій; схема розташування вагонного депо та інше.

На підставі встановленого закону розподілу несправних вагонів у вхідному потоці потягів та його якостей запропоновані формули для розрахунку параметрів потокових ліній.

Потрібна добова потужність потокових ліній для технічного обслуговування вагонів, мінімальна довжина колії для накопичення несправних вагонів, довжина ремонтної колії одної лінії ремонту, довжина ремонтно-накопичувальної секції та інше.

Методика розрахунку параметрів, що забезпечує раціональну взаємодію внутрішньостанційних процесів, заснована на поданні функціонування сортувальної станції як взаємодії систем масового обслуговування.

Для стійкої та безвідмовної роботи систем масового обслуговування необхідно, щоб інтенсивність обслуговування (μ_1) вхідної течії в і -у систему обслуговування (λ) була не меншою від потрібної інтенсивності обслуговування ($\mu_{\text{потр}}$) та мала певну величину запасу. Таку інтенсивність обслуговування кожної з систем масового обслуговування можна забезпечити певним набором незалежних величин: числом колій, маневрових локомотивів, бригад ПТО, ступенем механізації та автоматизації гіркових процесів та ін.

Розгляд взаємозв'язку параметрів окремих внутрішньостанційних процесів слід починати з парку відправлення, зафіксувавши зовнішні для станції параметри технічного обслуговування перегонів, що визначають тривалість очікування відправлення потягів на дільниці.

Інтенсивність обслуговування составів потягів у парку відправлення визначається як $\mu_{\text{пв}} = \pi_{\text{пв}} / t_{\text{зайн}}^{\text{пв}}$, де $\pi_{\text{пв}}$ - число колій у парку відправлення; $t_{\text{зайн}}^{\text{пв}}$ - середній час зайняття потягом колії парку відправлення.

При визначенні $t_{\text{зайн}}^{\text{пв}}$ перемінними величинами є тривалості очікування технічного обслуговування та технічного обслуговування составів, що залежать від числа бригад та груп працівників ПТО, наявності несправних вагонів у складах та технології їх ремонту, а також час очікування причіпки потягового локомотива, що є функцією завантаження потягових локомотивів.

Розрахунками встановлено, що прийнята технологія обслуговування составів працівниками ПТО у парку відправлення / усунення повних- часткових відмов у складах потягів або виніс працівників робіт з парку відправлення на спеціалізовані технологічні лінії ремонту / справляє вплив на перебування составів у системі відправлення у більшій мірі, ніж завантаження потягових локомотивів.

Інтенсивність обслуговування составів у сортувальному парку визначається як $\mu_{\text{сп}} = \pi_{\text{сп}} / t_{\text{зайн}}^{\text{сп}}$, де $\pi_{\text{сп}}$ - число колій у сортувальному парку; $t_{\text{зайн}}^{\text{сп}}$ - середній час зайняття колії сортувального парку составом.

При визначенні $t_{\text{зайн}}^{\text{сп}}$ перемінними величинами є час очікування початку формування складами, що накопичилися ($t_{\text{оч}}^{\text{сп}}$) та початку перестановки у парк відправлення составів, що накопичені в сортувальному парку й сформовані на витяжках формування ($t_{\text{оч}}^{\text{спот}}$).

Час очікування $t_{\text{оч}}^{\text{ср}}$ залежить від технічної обладнаності підсистеми формування. Час $t_{\text{оч}}^{\text{вист}}$ - від інтенсивності обслуговування составів у парку відправлення $t_{\text{оч}}^{\text{вист}} = f(\mu_{\text{рв}})$.

Виконані розрахунки засвідчили, що скорочення відсотку составів, які потребують ремонту у парку відправлення, підвищує інтенсивність роботи підсистеми формування у середньому на один состав на годину.

Інтенсивність обслуговування составів у парку приймання визначатиметься формулою $\mu_{\text{пп}} = m_{\text{пп}} / t_{\text{зайн}}^{\text{пп}}$, де $m_{\text{пп}}$ - число колій у парку приймання; $t_{\text{зайн}}^{\text{пп}}$ - середній час зайняття колії у парку прийому.

При визначенні $t_{\text{зайн}}^{\text{пп}}$ перемінними величинами є - час очікування технічного обслуговування та тривалість технічного обслуговування составів бригадами ПТО парку прийому, що залежать від числа бригад та груп у них, наявності несправних вагонів, які перешкоджають процесові розпуску, а також час очікування розформування составів на гірці через зайнятість гірочних пристроїв ($t_{\text{оч}}^{\text{розр.г}}$) та через зайнятість колій накопичення ($t_{\text{оч}}^{\text{розр.п}}$), що залежать від моделей технологічних процесів регулювання інтервалів між відчепами на гірці та регулюванням швидкості руху відчепів, на коліях накопичення.

Час очікування розформування составів на гірці через зайнятість колій накопичення є функцією інтенсивності обслуговування составів у сортувальному парку $t_{\text{оч}}^{\text{розр.п}} = f(\mu_{\text{сп}})$, а $\mu_{\text{сп}} = f(\mu_{\text{ср}}, \mu_{\text{св}})$.

Розрахунки показали, що інтенсивність обслуговування составів у парку прийому знаходяться у зворотній залежності від відсотку составів, що потребують безвідчипного ремонту у парку відправлення і парку прийому, а виніс безвідчипного ремонту вагонів з парків відправлення та прийому сприятиме підвищенню продуктивності роботи підсистем сортувальних станцій.

Визначення величини μ_1 з можливим раціональним резервом проводиться на основі оптимізації роботи всього сортувального комплексу: $E_{\text{зв}} = \sum E_{\text{пв}}^{\text{зв}}(\mu_{\text{пв}}) + \sum E_{\text{вп}}^{\text{зв}} + \sum E_{\text{сп}}^{\text{зв}}(\mu_{\text{сп}}, \mu_{\text{ср}}, \mu_{\text{св}}) + \sum E_{\text{па}}^{\text{зв}}(\mu_{\text{пп}}, \mu_{\text{сп}}, \mu_{\text{пв}}, \mu_{\text{ср}}) + m_{\text{лп}}$, де $E_{\text{зв}}$ - річні зведені витрати на технічне оснащення і його утримання на сортувальній станції/ включаючи витрати на простій вагонів і локомотивів; $\sum E_{\text{пв}}^{\text{зв}}, \sum E_{\text{вп}}^{\text{зв}}, \sum E_{\text{сп}}^{\text{зв}}, \sum E_{\text{па}}^{\text{зв}}$ - річні зведені витрати на будівництво й утримання окремих підсистем станції.

В дисертації приведена розроблена автором програма пошуку мінімуму витрат на будівництво й утримання односторонньої сортувальної станції.

Результати розрахунків по оптимізації параметрів сортувальних станцій в функції технології розформування, формування і технічного обслуговування показують, що впровадження комплексної технології потокової безперервної переробки вагонів виявляє позитивний вплив на такі параметри: зменшується потрібність на 2+ 3 колії в парках відправлення; зменшується чисельність бригад ПТО; скорочується в середньому на 25-30% час обслуговування составів у парках; скорочується час простою транзитного вагона з переробкою на 5-7%.

В шостій главі "Техніко-економічна ефективність комплексної технології потокової і безперервної переробки вагонів" приводяться методики розрахунку техніко-економічних оцінок варіантів комплексної технології потокової і безперервної переробки вагонів.

В функціоналі по визначенню річних зведених витрат на технічне оснащення і його утримання на сортувальних станціях є складова $\Sigma E_{\text{вн}}^{\text{вк}}$ - сумарні річні зведені витрати, які зв'язані зі спорудженням і експлуатацією підсистеми парку прийому / на колії, утримання бригад ПТО, витрати, що зв'язані з простоєм рухомого складу, витрати на технічне оснащення ПТО /, а також зі спорудженням і експлуатацією гіркової потокової лінії для сортування вагонів і механізованих пунктів ремонту вагонів.

Витрати на технічне оснащення гіркової потокової лінії включають витрати на технічне оснащення лінії і поточні витрати на його утримання. Враховуючи специфіку розроблених моделей технологічного процесу гіркової потокової лінії, запропонована методика по визначенню складових затрат і витрат на забезпечення її функціонування.

До технологічного обладнання, що забезпечує функціонування гіркової потокової лінії, що пропонується, відносяться: прискорювач-уповільнювач вагонів, вагонні уповільнювачі, пристрій вимірювання прискорення вагонів, модуль-випромінювач електромагнітної енергії /МВЕЕ/, модуль-приймач електромагнітної енергії /МПЕЕ/, модуль-вимірник маси вагонів /МВМ/, модуль управління прискорювачем-уповільнювачем /МУІУ/, модуль управління уповільнювачем /МУУ/, модуль програмовний /МП/.

Сортувальні гірки з їх технологічним оснащенням є енерго- і металозимким обладнанням, істотно впливаючим на собівартість переробки вагонів.

Низька вартість металу і енергоносіїв в недалекому минулому не могла вплинути на вибір моделей технологічних процесів гіркових ліній. Сучасна ситуація вимагає нових підходів. Тому пропонується вибір моделей проводити по наступним критеріям: мінімізації потрібної гасимої енергетичної висоти на гальмівних позиціях; зменшення спрацьованості шин уповільнювачів і коліс вагонів; зменшення об'єму земельних робіт; мінімізації енергетичних затрат на підйом вагонів з сортувального парку на гірку для повторного сортування; зменшення затрат на регулювання початкової швидкості скоочування відцепів при постійній швидкості розпуску составів в порівнянні з змінною швидкістю розпуску всього состава.

Методикою розрахунку техніко-економічних оцінок моделей технологічного процесу розформування составів передбачається для кожного варіанту моделі розраховувати величину гіркового технологічного інтервалу і відповідні зведені витрати і в подальшому ці показники використовувати як керовані змінні при аналітичному моделюванні функціонування всього сортувального комплексу з метою мінімізації цільової функції $E_{зб}$.

Аналіз наявних методик визначення техніко-економічної доцільності застосування поточкових ліній для формування составів визначив необхідність уточнення складових затрат і витрат з урахуванням особливостей і параметрів поточкових ліній.

Методика, яка пропонується дозволяє визначити: економію експлуатаційних витрат від застосування поточкових ліній для формування потягів; додаткові капітальні вкладення і експлуатаційні витрати; основний ефект від застосування більш сучасних моделей технологічних процесів формування составів за рахунок зменшення числа пошкоджень вагонів і вантажів, а також скорочення маневрових операцій по осаджуванню вагонів, простоя вагонів в парках прибуття і сортувальному.

При варіюванні значень середньодобового об'єму переробки вагонів ($N_{пер}$) і числа колій в сортувальному парку ($m_{сп}$) уявляється можливим визначити економічну доцільність застосування кожної із моделей, що розглянуті, для чого по результатах розрахунків будуються графіки залежності $E_{зб} = f(N_{пер})$.

Для розрахунку техніко-економічної оцінки по запропонованій методиці розроблено алгоритм і програму розрахунку на ЕОМ річних зведених витрат і терміну окупності.

Обслуговування спеціалізованих технологічних ліній по ремонту вагонів виявляє вплив на функціонування підсистеми "парк прийому - гірка- витяжки формування". Тому техніко-економічні оцінки схемних рішень сортувальних станцій з комплексами технологічних ліній ремонту вагонів запропоновано визначати з урахуванням всіх основних затрат на спорудження і утримання комплексу станційної підсистеми "парк прийому- гірка- механізований пункт ремонту вагонів".

Загальні зведені витрати для порівняння варіантів на підсистемі сортувальної станції рекомендується визначати по формулі

$$\Sigma E_{\text{пп-г-вф-мпрв}}^{\text{пл}} = E_{\text{кол}}^{\text{пл}} + E_{\text{вр}}^{\text{пл}} + \Sigma E_{\text{мпрв}}^{\text{мпрв}} + \Sigma \Delta E_{\text{вар}}^{\text{мпрв}}$$

де $\Sigma E_{\text{мпрв}}^{\text{мпрв}}$ - сумарні річні зведені витрати на спорудження і утримання комплексу пристроїв спеціалізованих технологічних ліній по ремонту вантажних вагонів на сортувальних станціях, тис. крб.; $\Sigma \Delta E_{\text{вар}}^{\text{мпрв}}$ - сумарні річні зведені витрати на перехід від одного варіанту технічного стану станції до іншого, тис. крб.;

$$\Sigma E_{\text{мпрв}}^{\text{мпрв}} = E_{\text{мех}}^{\text{мпрв}} + E_{\text{вр}}^{\text{мпрв}} + E_{\text{коп}}^{\text{мпрв}} + E_{\text{мех}}^{\text{мпрв}} + E_{\text{шт.бр.}}^{\text{мпрв}}$$

$E_{\text{мех}}^{\text{мпрв}}$ - річні зведені витрати, зв'язані з маневровою роботою по подачі і прибиранню вагонів на спеціалізовані технологічні лінії ремонту вагонів, тис. крб.; $E_{\text{коп}}^{\text{мпрв}} = 365 \cdot n \cdot Z_{\text{лок}} \cdot \frac{Q}{A}$; $E_{\text{вр}}^{\text{мпрв}}$ - річні зведені витрати, зв'язані з простоем вагонів в накопиченні подачі на технологічні лінії ремонту і простоем вагонів у ремонті, тис. крб.; для схем МПРВ без групувального парку

$$\Sigma E_{\text{пп-г-вф-мпрв}}^{\text{пл}} = E_{\text{кол}}^{\text{пл}} + E_{\text{вр}}^{\text{пл}} + \Sigma E_{\text{мпрв}}^{\text{мпрв}} + \Sigma \Delta E_{\text{вар}}^{\text{мпрв}}$$

для схем з групувальним парком

$$E_{\text{вр}}^{\text{мпрв}} = \frac{365 \cdot n_{\text{шт}} \cdot T_{\text{п}} (2c_{\text{мв}} + T_{\text{п}})}{C_{\text{а-гол}} \cdot n_{\text{п}}}$$

$E_{\text{коп}}^{\text{мпрв}}$ - річні зведені витрати, зв'язані із спорудженням і утриманням пристроїв колійного розвитку ліній і капітальних будівель, тис. крб.; $E_{\text{мех}}^{\text{мпрв}}$ - річні зведені витрати, зв'язані з обладнанням і утриманням технологічної оснастки для проведення ремонтних робіт і комунікацій, тис. крб.; $E_{\text{шт.бр.}}^{\text{мпрв}}$ - річні витрати, зв'язані з утриманням штату, що обслуговує технологічні лінії ремонту, тис. крб.

В главі, що реферується, приводяться техніко-економічні оцінки технологічних ліній по сортуванню і технічному обслуговуванню вагонів, раціональні технічні і технологічні параметри комплексної

технологія потокової і безперервної переробки вагонів на сортувальних станціях.

Техніко-економічна оцінка варіантів комплексної технології безперервної і потокової переробки вагонів на сортувальних станціях проводилась на основі методики, яка викладена в п'ятій главі. В процесі аналітичного моделювання роботи сортувальної станції були одержані раціональні з точки зору річних зведених витрат на спорудження і утримання комплексу станційних обладнань, параметри сортувальних станцій для варіантів існуючої типової технології і комплексної технології потокової і безперервної переробки вагонів.

Вихідні дані для виконання масових розрахунків приймалися такими: розміри переробки, що варіюються -60,80,100,120 составів за добу, транзитний вагонопотік без переробки складає 30%,50%, 70%, значення гіркових технологічних інтервалів / у відповідності з запропонованими моделями технологічних процесів розформування і формування составів /, число повних і часткових відмов вагонів, що усуваються, в потягах, які надходять, змінюється від 1 до 7.

В зв'язку з тим, що число несправних вагонів в кожному составі, який надходить до станції, величина не постійна і змінюється від нуля до максимального значення, параметри поточкових ліній розраховувались з урахуванням його розкиду відносно середнього значення. Дослідження показали, що економічно доцільно при розрахунку параметрів комплексної технології переробки вагонів використовувати число середніх квадратичних відхилів середньої величини кількості несправних вагонів в составах, що надходять в розформування, яке дорівнює трьом.

Для виконання розрахунків по техніко-економічному порівнянню розглядалось 8 варіантів технічного стану сортувальної станції, що забезпечують певні гіркові технологічні інтервали в відповідності з моделями технологічних процесів розформування і формування составів, які запропоновані. В кожному варіанті була забезпечена умова обслуговування спеціалізованих ліній ремонту вагонів при розмірах руху, що змінюються, і різному числі несправних вагонів в составах, які розформовуються. Розрахунками виявлені раціональні варіанти комплексної технології переробки вагонів.

В дисертаційній роботі виконано теоретичне узагальнення і вирішена наукова проблема комплексного удосконалення технології і технічного оснащення сортувальних станцій як багатофункціональних систем, які працюють з нерівномірними, нелінійними і невизначеними навантаженнями і на їх основі рекомендовані шляхи підвищення ефективності використання і розвитку пропускної і перероблюючої здатності. В результаті виконаних досліджень розроблені теоретичні і методологічні основи моделей технологічних процесів в системах автоматизації розформування, формування составів в системах технічного обслуговування і ремонту вантажних вагонів на сортувальних станціях з використанням спеціалізованих потокових ліній, розрахунку раціональних технічних і технологічних параметрів сортувальних станцій, запропоновані принципіально нові технічні засоби для автоматизованих потокових ліній по переробці вагонів, рекомендовані шляхи підвищення експлуатаційної надійності станцій з забезпеченням стабільної роботоздатності вагонного парку. При цьому одержані такі результати:

1. На основі масових обстежень роботи сортувальних станцій встановлено, що існуюча технологія багатоопераційна з довільним ритмом не забезпечує безперервність, поточковість і ритмічність переробки вагонів. Їй характерна численність міжопераційних інтервалів, які на 35...45% знижують переробку і пропускну здатність. Ці інтервали виникають не по технологічній необхідності, а із-за технічної недосконалості засобів переробки вагонів.

2. Проблема автоматизації основних процесів на сортувальних станціях- розформування і формування составів - не вирішена. Моделі технологічних процесів, які прийняті в системах АРМ для регулювання інтервалів між відчепами і швидкості їх руху на гірці і в підгірковому парку не відповідають сучасній теорії регулювання. Вони є повним повторенням моделей регулювання, які застосовуються на механізованих гірках. Технологічне обладнання багатофункціональне з низькою продуктивністю і експлуатаційною надійністю. Як засіб регулювання на гірках використовуються тільки багатосилові /інерційні/ балкові вагонні уповільнювачі незалежно від типу гірки і гальмівної позиції.

3. Ефективність роботи сортувальних станцій, а також цілому

залізничного транспорту може бути підвищена за рахунок вдосконалення технології технічного обслуговування вагонів на сортувальних станціях. Винесення із станційних парків трудоміких видів ремонтних робіт на спеціалізовані технологічні лінії дозволяє максимально концентрувати технічні засоби ПТО, скоротити в середньому на 25...30% час обслуговування составів, підвищити якість ремонту вагонів і в середньому на 40% продуктивність праці робітників ПТО, поліпшити умови їх праці, скоротити час обороту вагонів і забезпечити безпеку руху потягів.

4. Розроблені теоретичні основи для розрахунку раціональних технічних і технологічних параметрів існуючих сортувальних станцій. Показана доцільність при розрахунках параметрів станцій з завантаженням вище граничних значень використовувати математичні залежності, одержані емпіричним шляхом по результатах моделювання роботи одноканальних і багатоканальних систем масового обслуговування при вхідних потоках, близьких до реальних.

Для розрахунку параметрів станцій, які проектується заново, в умовах відсутності статистичних даних, для визначення можливих станів, запропонована методика, в основі якої потік вантажних вагонів через сортувальну станцію описується рівнянням балансу. Використовуючи цю методику можна визначити пропускну здатність окремих підсистем і цілому станції, ступінь використання ємкості, час знаходження вагонів на станції.

Для вибору параметрів, які забезпечують раціональну взаємодію внутрішньостанційних процесів, розроблена методика і програма розрахунку на ЕОМ зведених витрат в функції технології розформування, формування і технічного обслуговування составів.

5. Дослідження експлуатаційних основ систем автоматичного регулювання інтервалів між відчепами на спускній частині гірок показали, що доцільно:

- забезпечити примусове регулювання пункту відривання відчепів, тобто інтервалів на вершині гірки, за допомогою "нульової" позиції з використанням вагонних прискорювачів-уповільнювачів;
- здійснювати гірковими гальмівними позиціями тільки інтервальне регулювання з підвищенням якості регулювання інтервалів на І ГП, так як прицільне регулювання суперечить інтервальному і майже вдвоє знижує швидкість розпуску;
- відмовитись від загальноприйнятого поелементного регулюван-

ня інтервалів за допомогою гальмівних позицій, як такого, що не забезпечує оптимального їх значення;

- передбачати для всіх відцепів постійну швидкість виходу з першої ГП, яка б дорівнювала швидкості виходу ДП, а з другої гальмівної позиції-диференційовану по трьом ваговим категоріям і відповідному їм ходовому опору поганого, масового і доброго бігунів. Швидкість виходу відцепів з чотирьох і більше вагонів з інтервальних гальмівних позицій розраховувати з урахуванням застосування змінної швидкості розпуску;

- розраховувати для конкретної гірки нормативні значення швидкості виходу з гіркових позицій шляхом аналітичного моделювання комплексного інтервального регулювання на ЕСМ по методиці, яка пропонується.

6. Моделі технологічних процесів регулювання інтервалів між відчепами на спускній частині гірок, що пропонуються, забезпечуючи потрібну переробну здатність, приводять до зменшення експлуатаційних витрат на розформування составів за рахунок:

- зниження витрат на електроенергію із-за зменшення величини потрібної енергетичної висоти на гальмівних позиціях. Витрати на електроенергію менше, ніж при існуючих моделях в системах АРШ від 17% до 41% в залежності від типу моделі;

- зменшення зносу коліс вагонів і шин уповільнювачів;

- зменшення витрат дизпалива під час маневрової роботи по перестановці груп вагонів із СП на повторне сортування в варіантах із зменшенням висоти гірок і при збільшенні початкової швидкості скочування дуже поганих і поганих бігунів уповільнювачем при постійній швидкості розпуску состава;

- зменшення об'ємів земельних робіт при зменшенні висоти гірок.

7. Розроблені моделі технологічних процесів для автоматизації процесу формування составів, які основані на квазінерозривному і комбінованому принципах регулювання швидкості руху відцепів. Для кожної із запропонованих моделей розраховані техніко-експлуатаційні параметри на базі моделювання руху відцепів по підгіркових коліях з урахуванням прийнятої стратегії регулювання по розробленим програмам на ЕСМ. В силу специфіки досліджень розроблені математичні моделі, в порівнянні з існуючими, дозволяють одержати статистичні оцінки параметрів різноманітних систем примусового регу-

лювання і при різних технічних засобах регулювання швидкості руху відцепів на коліях підгіркових парків, урахувати похибки в роботі засобів регулювання швидкості, імовірний характер опору руху відцепів, можливість застосування на підгіркових коліях уповільнюючих, прискорюючих і осаджуючих пристроїв, серед запропонованих моделей найбільш економічно ефективною є модель з комбінованим принципом регулювання при таких параметрах: довжина зони між ПП і УПП – 120 м, похил колії на цій зоні – $1,0^{\circ}/\infty$, потужність УПП – 0,2 м.е.в., довжина робочої зони ВО – 50 м, потужність приводу ВО – 60 кВт, максимальна тяга ВО – 50 кН.

8. Запропоновано декілька конструкцій засобів регулювання швидкості руху відцепів, які пройшли лабораторні і дослідні випробування в експлуатаційних умовах, які по енерго- і металоемкості значно ефективніші існуючих / по відношенню до НУ-2 металоемкості менше на 85% при одній і тій же потужності/.

9. Розрахунками встановлено, що технологія технічного обслуговування вантажних вагонів на спеціалізованих технологічних лініях сортувальних станцій сприяє скороченню в середньому на 2+3 колії в парках відправлення, необхідного для пропуску встановленого числа потягів; скорочення, в середньому на одну групу, бригади робітників ПТО, що обслуговують даний потягопотік; зменшенню часу міжопераційних простоїв, зниженню загального часу простою вагонів в середньому на 5...7%.

Розроблені раціональні варіанти конструкцій, схеми розміщення спеціалізованих технологічних ліній по ремонту вантажних вагонів і технологія технічного обслуговування вагонів на сортувальних станціях забезпечують максимальну концентрацію технічних засобів ПТО, прискорену обробку потягів і несправних вагонів на станції, потоковість переміщення, найменші пробіги рухомого складу, мінімальне число перетинних маршрутів, вимоги до безпеки руху, охорону праці та охорону навколишнього середовища.

Методика розрахунку раціональних технологічних і технічних параметрів спеціалізованих ліній по ремонту вагонів, яка розроблена, дозволяє визначити програму ремонту, число і спеціалізацію ремонтних позицій, довжину колії накопичення несправних вагонів, довжину ремонтних позицій, число подач-прибирань вагонів, оптимальну тривалість ремонтного циклу, кількісний склад ремонтної бригади і число основних вагоноремонтних машин.

Технологія технічного обслуговування вантажних вагонів на спеціалізованих технологічних лініях виявляє два види впливу на роботу сортувальної гірки: прямий і зворотний. Перевірочні розрахунки показали, що використання методики розрахунку раціональних технологічних і технічних параметрів спеціалізованих ліній по ремонту вагонів дозволяє одержувати такі значення параметрів, при яких зворотнього впливу на роботу гірки не буде.

Прямий вплив на роботу гірки буде сприяти збільшенню коефіцієнта завантаження гірки, при переході від типової технології технічного обслуговування вагонів на станції до технології обслуговування на спеціалізованих технологічних лініях від 1 до 22%, в залежності від програми ремонту, прийнятого варіанту спеціалізованих технологічних ліній і технічного оснащення станції.

Технологія технічного обслуговування вагонів на спеціалізованих технологічних лініях економічно доцільна при долі транзитного вагонопотоку без переробки, що не перевищує 50%.

10. Виконані розрахунки по розробленій методиці показали, що всі розглянуті варіанти комплексної технології переробки вагонів прийнятні для розмірів руху від 50 до 100 потягів за добу і середньому числі несправних вагонів, які поступають в складах потягів, від одного до семи. Для розмірів руху більше 100 потягів за добу, а при числі несправних вагонів від чотирьох до семи - більше 70 потягів за добу, доцільно застосування варіантів технології, в яких подача несправних вагонів на позиції ремонту виконується з боку витяжок формування.

ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ДИСЕРТАЦІЇ ОПУБЛІКОВАНІ В ТАКИХ РОБОТАХ:

1. Нагорный Е.В. Проектирование продольного профиля спускной части сортировочных горок с применением ЭЕМ // Вопросы совершенствования проектирования и использования устройств железнодорожных и промышленных узлов. Тр. МИИТа. - 1976. - Вып. 548. - С.89-91
2. Нагорный Е.В., Телегин В.Ф. Цифровой измеритель скорости движения стцепов на механизированных сортировочных горках // Совершенствование технических устройств и технологии управления процессом расформирования составов на сортировочных горках. Межвуз. сб. научных статей. - Днепропетровск: ДИИТ, 1977. - С.83-87
3. Долаберидзе А.М., Нагорный Е.В., Решетняк А.М. Рекомендации по эксплуатации вагонсоставителя-ускорителя системы ХИИТа на станциях Никитовка Донецкой ж.д. Брошюра ДИИТ: Донецк, 1977. - 7с.

4. Нагорный Е.В., Телегин В.Ф. Повышение эффективности прицельного регулирования скорости отцепов на механизированных горках // Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов: Межвуз. сб. научных статей. - Гомель: БелЛИИТ, 1978. - С.83-86
5. Нагорный Е.В., Телегин В.Ф. Информационно-справочная система о весовой категории и скорости движения отцепов на механизированной сортировочной горке // Вопросы интенсификации эксплуатационной работы железных дорог: Межвуз. сб. научных статей. - Ленинград: ЛИИИТ, 1978. - С.63-67
6. Нагорный Е.В., Крячко В.Н., Цецура В.И. Решение квадратичной задачи о назначениях при выборе оптимальной специализации путей сортировочного парка: Межвуз. сб. научных статей. - Москва: МИИТ, 1980. - С.49-51
7. Нагорный Е.В., Хаба И.И., Гурский А.А., Крячко В.И. Совершенствование технической обработки поездов на сортировочных станциях. - "Железнодорожный транспорт". 1980, №5. - с.31-34
8. Нагорный Е.В., Хаба И.И., Матаженко Н.Н. Совершенствование технического обслуживания вагонов на станциях. - "Железнодорожный транспорт". 1982, №3. - С.58-62
9. Нагорный Е.В., Данько Н.И. Совершенствование технологии и схем грузовых и сортировочных станций для повышения надежности эксплуатации вагонного парка. Межвуз. сб. научных статей. - Москва: МИИТ, 1985. - №765. - С.36-38
10. Нагорный Е.В., Хаба И.И. Совершенствование технического обслуживания вагонов на сортировочных станциях. ЦНИИТЭИ МПС, №2, 1985. Серия "Вагоны и вагонное хозяйство". - С.10-24
11. Нагорный Е.В., Хаба И.И. Совершенствование технического обслуживания вагонов на сортировочных станциях. Бюллетень ОСЖД, №6, 1985. - С.4-9
12. Нагорный Е.В., Хаба И.И. Дополнение к типовому технологическому процессу технического обслуживания грузовых вагонов с использованием АСУ-ПТО, специализированных путей для текущего ремонта, средств и диагностики и механизации ремонтных работ. - Москва: ПКБ ЦВ МПС, 1985. - С.60
13. Нагорный Е.В., Берестов И.В., Василько В.В. Технико-эксплуатационная оценка существующих принципов регулирования скорости движения отцепов на путях сортировочных парков. Деп. в ЦНИИТЭИ МПС 15.10.86, №8. Харьков: ХИИТ, 1986. - 73с.
14. Нагорный Е.В., Хаба И.И., Пили В.А. Текущий ремонт вагонов на

сортировочных станциях. - "Железнодорожный транспорт", 1986, №8. - С.37-39

15.Нагорный Е.В., Соболев Ю.В., Светличный В.И., Берестов И.В. Измерение ускорения движения отцепов на автоматизированных сортировочных горках // Совершенствование технических устройств и технологии управления процессом расформирования составов на сортировочных горках. Межвуз. сб. научных статей. - Днепропетровск: ДИИТ. 1986. - С.78-85

16.Нагорный Е.В., Берестов И.В. Техничко-эксплуатационные требования к системам автоматизированного квазинепрерывного регулирования скорости движения отцепов на путях подгорочных парков сортировочных станций // Микропроцессорные системы управления и устройства контроля на железнодорожном транспорте. Межвуз. сб. научных статей. - Харьков: ХИИТ, 1986. - №1. - С.67-75

17.Нагорный Е.В., Хаба И.И. Совершенствование технического обслуживания вагонов на сортировочных станциях. - Киев: "Техника". 1987. - 93с.

18.Нагорный Е.В., Хаба И.И., Ших В.А. Инструктивные указания по выбору рациональных вариантов размещения специализированных технологических линий по техническому обслуживанию и текущему ремонту грузовых вагонов на сортировочных станциях. Инструктивно-методические указания. - Москва: №523 ПКБ ЦВ МПС, 1987. - 127с

19.Нагорный Е.В., Ших В.А. Совершенствование технологии технического обслуживания грузовых вагонов на ПТО сортировочных станций. Инструктивно-методические указания по проектированию железнодорожных узлов и станций. - Киев: Киевгипротранс, 1987. - №108. - С.4-16

20.Нагорный Е.В., Берестов И.В. Техничко-эксплуатационное сравнение принципов прицельного и квазинепрерывного регулирования скорости движения отцепов на путях сортировочных парков с системами АРС // Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов. Межвуз. сб. научных статей. - Гомель: БелНИИТ, 1987. - С.44-51

21.Нагорный Е.В., Временко Р.А., Ших В.А. Методика обоснования технических и технологических параметров специализированных линий по ремонту вагонов на сортировочных станциях // Механизация и автоматизация сортировочного процесса на станциях. Межвуз. сб. научных статей. - Днепропетровск: ДИИТ, 1990. - С.83-87

22.Нагорный Е.В. Технологическая модель подсистемы автоматизированного управления надвигом и роспуском составов на сортировочных

горках // Применение микропроцессоров в системах железнодорожной автоматики: Межвуз. сб. научных статей. - Харьков: ХИИТ, 1990. - С.30-33

23. Нагорный Е.В. Исследование эффективности повышения начальной скорости скатывания отцепов при постоянной скорости надвига составов на сортировочных горках. Тезисы докладов 53-й НТК кафедр института и специалистов железнодорожного транспорта. - Харьков: ХИИТ, 1991. - С.83-84

24. Нагорный Е.В. Технологическое обеспечение системы расформирования сортировочных станций. - "Железнодорожный транспорт". 1993, №7. - С.10-13

25. А.С. 1344664 СССР. МКИ В 61 С 7/04 Устройство для расцепления железнодорожных вагонов / Е.В. Нагорный, И.В. Берестов, Я.Г. Азиев / СССР. - № 4051608/27-II: Заявлено 07.04.86; Опубл. 15.10.87. Бюл. №38. - 3с.

26. А.С. 1798232 СССР. МКИ В 61 К 7/10 Электродинамический замедлитель вагонов / Е.В. Нагорный, В.М. Соколов, И.В. Берестов, А.А. Прогонный, Л.Г. Майборода / СССР. - №1798232 А I: Заявлено 5.06.90; Опубл. 28.02.93. Бюл. №8. - 4с.



НАГОРНИЙ Євген Васильович

НАУКОВІ ОСНОВИ ТА РОЗРОБКА КОМПЛЕКСНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ
ПОТОКОВОЇ І БЕЗПЕРЕВНОЇ ПЕРЕРОБКИ ВАГОНІВ НА
СОРТУВАЛЬНИХ СТАНЦІЯХ

05.22.08 - Експлуатація залізничного транспорту / включаю-
чи пристрої сигналізації, централізації та
блокування /

Здано в набір 21.03.94

Підписано до друку 21.03.94

Формат 60х64 1/16

Тираж 100

Заказ 119

Тип. ХДАЗТ, м. Харків-50, майдан Фейербаха, 7

AB 29.464