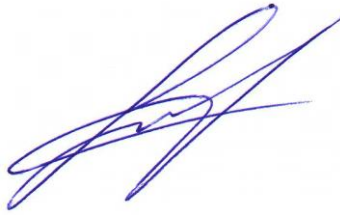


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Дніпропетровський національний університет залізничного
транспорту імені академіка В. Лазаряна

СКОВРОН ІГОР ЯРОСЛАВОВИЧ



УДК 656.212

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ
ФОРМУВАННЯ БАГАТОГРУПНИХ СОСТАВІВ**

05.22.20 - експлуатація та ремонт засобів транспорту

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Дніпропетровськ 2015

Дисертацією є рукопис

Робота виконана на кафедрі «Станції та вузли» Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник:

доктор технічних наук, професор **Бобровський Володимир Ілліч**,
Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, завідувач кафедри «Станції та вузли»

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор **Огар Олександр Миколайович**,
Український державний університет залізничного транспорту, завідувач кафедри «Залізничні станції та вузли»

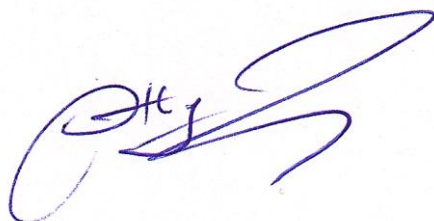
кандидат технічних наук, доцент **Яновський Петро Олександрович**,
Національний авіаційний університет, професор кафедри «Організація авіаційних перевезень»

Захист відбудеться «23» жовтня 2015 р. о 14⁰⁰ год на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.820.02 при Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна за адресою: 49010, м. Дніпропетровськ, вул. Лазаряна, 2, ауд. 314, зал засідань.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна за адресою: 49010, м. Дніпропетровськ, вул. Лазаряна, 2.

Автореферат розісланий «22» вересня 2015 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради,
д.т.н., професор



І. В. Жуковицький

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Залізничні станції є одним із головних елементів транспортної інфраструктури залізниць і важливою ланкою в задоволенні потреб держави та населення у перевезеннях.

В сучасних ринкових умовах з метою забезпечення високої конкурентоспроможності залізничного транспорту необхідно знижувати рівень вартості його послуг. Це може викликати необхідність реконструкції існуючих станцій та удосконалення технології її роботи.

Підвищення ефективності функціонування залізничних станцій можливе за рахунок приведення їх конструкції та технології у відповідність з обсягами роботи. Вказана мета може бути досягнута шляхом концентрації сортувальної роботи на сітьових станціях з механізованими гірками, а також зосередження маневрової роботи з підбирання груп місцевих вагонів за вантажними фронтами на несітьових сортувальних та дільничних станціях. Така концентрація маневрової роботи призводить до необхідності формування багатогрупних составів в умовах недостатньої кількості колій.

Формування составів, особливо багатогрупних, є одним з найбільш трудомістких елементів процесу переробки вагонів на станціях і помітно впливає на терміни доставки вантажів. У зв'язку з цим з метою зменшення тривалості знаходження вагонів на станціях, зниження собівартості перевезення вантажів та, як наслідок, підвищення конкурентоспроможності залізничного транспорту, необхідне удосконалення процесу формування багатогрупних составів.

Потреба у практичному вирішенні поставленого завдання викликала появу значної кількості наукових публікацій, в яких наведені технічні та технологічні пропозиції щодо інтенсифікації процесу формування багатогрупних составів. У той же час у більшості опублікованих робіт наводяться описи технічних рішень і методів формування практично без аналізу та порівняльної оцінки їх ефективності. Також відсутні рекомендації щодо вибору раціонального методу формування в конкретних умовах.

Таким чином, дослідження і удосконалення технології та технічних засобів формування багатогрупних составів на основі функціонального моделювання цього процесу є актуальною науково-прикладною проблемою.

Зв'язок роботи з науковими програмами, роботами, темами. Дисертаційна робота виконана у відповідності з пріоритетними напрямками розвитку залізничної галузі, які визначені у Державній цільовій програмі реформування залізничного транспорту (постанова Кабінету Міністрів України від 16.12.2009 №1390), а також пов'язана з НДР, що виконані Дніпропетровським національним університетом залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна: «Автоматизація проектування залізничних станцій» (державний реєстраційний номер (№ держреєстрації) 0105U00180), «Теоретичні дослідження, розробка методів та технологічних алгоритмів керування процесом розформування составів на сортувальних гірках» (№ держреєстрації 0107U001827), «Удосконалення конструкції та технології роботи сортувальних комплексів на станціях» (№ держреєстрації) 0107U000480), у яких автор брав участь у якості виконавця та співавтора звітів.

Мета і задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є підвищення ефективності процесу формування багатогрупних составів за рахунок скоро-

чення кількості маневрових пересувань, зменшення витрат часу та енергетичних ресурсів, і, як наслідок, відповідних експлуатаційних витрат станції. Вказана мета може бути досягнута шляхом вибору раціонального плану маневрової роботи для конкретного багатогрупного складу в оперативних умовах, а також за рахунок удосконалення технічних засобів для формування складів.

У зв'язку з цим в дисертації поставлені та вирішені наступні задачі:

1. Аналіз напрямків підвищення ефективності процесу формування багатогрупних складів на станціях.

2. Аналіз та формалізація існуючих методів формування багатогрупних складів; розробка методики формалізації схем формування складів для різних методів та способів отримання їх множин.

3. Побудова функціональної моделі процесу формування багатогрупних складів різними методами за допомогою існуючих технічних засобів; ідентифікація моделі та перевірка її адекватності.

4. Дослідження процесу формування багатогрупних складів, розробка методу удосконалення технології формування шляхом вибору раціональних схем і методу формування багатогрупних складів, розробка рекомендацій щодо їх використання при формуванні реальних складів з використанням відповідного технічного оснащення.

5. Аналіз конструкції існуючих сортувальних пристроїв; пошук оптимальних параметрів профілю запропонованого двостороннього допоміжного сортувального пристрою.

6. Формалізація та дослідження процесу формування багатогрупних складів на двосторонній гірці; адаптація існуючих методів формування багатогрупних складів до двостороннього сортування.

7. Визначення порівняльної економічної ефективності розглянутих методів формування на різних сортувальних пристроях.

Об'єктом дослідження є процес формування багатогрупних складів на станції.

Предмет дослідження – взаємозв'язок технології формування багатогрупних складів, їх параметрів, а також характеристик відповідних технічних засобів з експлуатаційними та економічними показниками.

Методи дослідження. Методи теорії ймовірності та математичної статистики використовувалися для аналізу структури місцевого вагонопотоку та формування випадкових потоків багатогрупних складів.

Методи комбінаторної математики використовувалися для формалізації процесу формування багатогрупних складів різними методами та побудови його функціональної моделі.

Методи планування експериментів та регресійного аналізу використовувалися для перевірки адекватності розробленої моделі процесу формування багатогрупних складів.

Методи оптимізації були використані для отримання раціональних параметрів профілю двостороннього допоміжного сортувального пристрою.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному:

1. Вперше розроблено та формалізовано метод двостороннього формування багатогрупних складів, що дозволяє скоротити обсяг маневрової роботи і час її виконання.

2. Вперше вирішена задача визначення оптимального профілю спеціалізованого двостороннього сортувального пристрою, що дозволяє підвищити якість процесу формування багатогрупних составів.

3. Удосконалено функціональну модель процесу формування багатогрупних составів за рахунок розширення кількості схем і методів формування, які аналізуються, що, на відміну від існуючих, дозволяє скоротити тривалість формування таких составів.

4. Удосконалено імітаційну модель процесу розформування составів за рахунок зміни системи керування рухом відчепів, що, на відміну від існуючих, дозволяє вибрати раціональний режим гальмування відчепів на гірках малої потужності, які обладнані однією або двома гальмівними позиціями.

5. Отримав подальший розвиток метод визначення раціональної схеми формування конкретного багатогрупного составу за рахунок удосконалення системи генерування та аналізу множини схем, що дозволяє скоротити тривалість формування цього составу.

Практичне значення отриманих результатів. Наукові результати, отримані у дисертаційній роботі, висновки та рекомендації, а також розроблені моделі та методи можуть бути використані для оперативного керування процесом формування багатогрупних составів на станціях. Це дозволить визначити для кожного составу раціональний метод і схему формування з урахуванням наявної кількості колій і, таким чином, отримати план маневрової роботи з цим составом. На основі запропонованих методів розроблено алгоритми та програмне забезпечення для автоматизованого вирішення задачі удосконалення технології формування багатогрупних составів. Для впровадження запропонованого методу на станціях необхідно включити розроблене програмне забезпечення до складу АРМ маневрового диспетчера станції, що дозволить суттєво скоротити загальну тривалість формування составів. Реалізація запропонованого методу в АРМ оперативно-диспетчерського персоналу не вимагає істотних капітальних вкладень, і, в той же час, дозволяє отримати план маневрової роботи, використання якого сприятиме значному скороченню витрат на маневрову роботу як з багатогрупними составами, так і в цілому по станції. Удосконалено імітаційну модель процесу розформування составів на гірках малої потужності, а також розроблено відповідне програмне забезпечення, що дозволяє виконувати оцінку конструкції та режимів розформування составів. Авторські права на конструкцію та технологію роботи запропонованого двостороннього сортувального пристрою захищені відповідними патентами на корисні моделі.

В даний час отримані результати використані:

1. При розробці рекомендацій щодо оцінки та вибору варіантів технології роботи сортувального комплексу станції Нижньодніпровськ-Вузол Придніпровської залізниці.

2. У навчальному процесі при підготовці студентів факультету «Управління процесами перевезень» та під час дипломного проектування.

Практичне впровадження результатів роботи підтверджується відповідними документами, що наведені у додатках до дисертації.

Особистий внесок автора. Всі наукові положення, розробки та результати теоретичних та експериментальних досліджень, що виносяться на захист, отримані особисто автором.

Статті [2, 5] опубліковані одноосібно. В основних статтях, які опубліковані в співавторстві, особистий внесок автора наступний. В роботі [1] виконано формалізацію методів формування багатогрупних составів для створення функціональної моделі цього процесу; за допомогою даної моделі виконані відповідні дослідження. В статті [3] досліджено метод генерування початкової множини схем, а також удосконалено пошук раціональної із них. В статті [4] запропоновано конструкцію двостороннього сортувального пристрою малої потужності; формалізовано метод виконання формування багатогрупних составів за допомогою двостороннього допоміжного сортувального пристрою.

Апробація результатів дисертації. Основні матеріали та результати дисертації доповідалися і отримали схвалення на: 5-й міжнародній науковій конференції «Проблеми економіки транспорту» (Дніпропетровськ, ДНУЗТ, 2003 р.); 73-й, 76-й та 77-й міжнародних науково-технічних конференціях «Розвиток наукової та інноваційної діяльності на транспорті» (Харків, УкрДАЗТ, 2011, 2014, 2015 рр.); 65-й, 67-й, 69-й, 71-й, 72-й і 73-й міжнародних науково-практичних конференціях «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» (Дніпропетровськ, ДНУЗТ, 2005, 2007, 2009, 2011, 2013 рр.); 3-й науково-практичній конференції «Інтеграція України у міжнародну транспортну систему» (ДНУЗТ, 2011 р.); 1-й та 2-й міжнародних науково-практичних конференціях «Перспективи взаємодії залізниць та промислових підприємств» (ДНУЗТ, 2012, 2013 р.); міжнародній науково-технічній конференції «Сучасні проблеми розвитку залізничного транспорту та керування перевізним процесом» (МІИТ, 2014 р.); 7-й міжнародній науково-практичній конференції «Транселектро-2014» (ДНУЗТ, 2014 р.); науково-практичній конференції «Розвиток теорії та практики функціонування залізничних станцій та вузлів» (ДНУЗТ, 2014 р.). У повному обсязі дисертація доповідалася та була схвалена у Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна на міжкафедральному науковому семінарі (2015 р.).

Публікації. За результатами дисертації опубліковано 26 наукових праць: 5 наукових статей, з яких 4 статті у фахових виданнях, затверджених ВАК України та 1 стаття в іноземному виданні, 18 тез доповідей у матеріалах і тезах міжнародних конференцій, а також 3 патенти на корисні моделі: №56315 «Пристрій для формування багатогрупних составів», №55826 «Спосіб формування багатогрупних составів на основному та допоміжному сортувальних пристроях» та №80281 «Пристрій для закріплення вагонів на коліях».

Структура і обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків і 5 додатків. Повний обсяг роботи – 222 сторінки, з яких основний текст знаходиться на 187 сторінках, які містять 35 рисунків та 30 таблиць; список використаних джерел із 123 найменувань викладено на 13 сторінках; додатки викладені на 35 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність проблеми інтенсифікації формування багатогрупних составів, сформульовані мета і задачі досліджень, відображені наукова новизна, практичне значення отриманих результатів та особистий внесок автора, наведено відомості про апробацію та публікацію результатів досліджень.

В першому розділі виконано аналіз напрямків підвищення ефективності процесу формування багатогрупних составів на станціях.

Значний внесок у вирішення теоретичних та практичних проблем удосконалення конструкції, технічних параметрів, технології маневрової роботи в цілому та з багатогрупними составами зокрема, а також підвищення ефективності процесу формування составів на станціях зробили такі вчені та спеціалісти транспорту як В.І. Аксьонов, Є.С. Альошинський, Є.В. Архангельський, Е.В. Бакумов, М.І. Березовий, В.І. Бобровський, М.П. Божко, Т.В. Бутько, І.І. Васильєв, В.В. Григор'єв, І.В. Жуковицький, Д.М. Козаченко, Д.В. Ломотько, В.М. Макаров, Ю.О. Муха, Є.В. Нагорний, В.Я. Негрей, О.М. Огар, Л.В. Одінцов, С. Рау, А.Н. Сухопяткін, Г.Ш. Телія, Є.М. Тішкін, А.Н. Фролов, Ф. Флодр, Н.Н. Шабалін, П.О. Яновський та інші.

Виконаний аналіз публікацій по об'єкту дослідження показав, що характеристики процесу формування багатогрупних составів залежать у значній мірі як від параметрів цих составів, так і від параметрів та потужності сортувальних пристроїв, що використовуються.

Проблемі визначення раціональних технології та технічних засобів формування багатогрупних составів присвячено ряд наукових робіт, в яких розглядалися різні підходи до вирішення вказаної проблеми, а також різні критерії їх оптимальності. Однак публікації з порівняльним аналізом розглянутих підходів практично відсутні. Існуючі методи визначення тривалості формування багатогрупних составів дозволяють отримати її оцінку, проте при цьому не розглядається можливість виконання пошуку раціонального варіанту цієї технології та оцінки його ефективності.

Для теоретичних досліджень процесу формування багатогрупних составів, оптимізації технології та технічних засобів їх формування, а також оперативного керування цим процесом на станціях доцільно використовувати відповідне функціональне моделювання. Було виконано аналіз існуючих методів та підходів до інтенсифікації формування багатогрупних составів, встановлено їх недоліки та поставлені задачі їх удосконалення.

Проведений аналіз дозволив сформулювати мету дисертаційного дослідження, яка полягає в удосконаленні технології формування багатогрупних составів та виборі раціональних технічних засобів для цього. Також були визначені основні задачі, які були вирішені у процесі виконання дисертаційної роботи.

В другому розділі було виконано аналіз та формалізацію існуючих методів формування багатогрупних составів, запропоновано методику формалізації схеми формування составів для різних методів та розроблені способи отримання їх множин, а також побудовано функціональну модель процесу формування багатогрупних составів різними методами за допомогою існуючих технічних засобів, виконано ідентифікацію розробленої моделі та перевірку її адекватності.

Функціональна модель повинна вирішувати наступні завдання:

- визначення для окремого составу сукупності рейсів збирання та сортування, які необхідні для реалізації схеми формування вибраним методом;
- розрахунок тривалості формування составу для окремої схеми вибраного методу;
- пошук раціональної схеми формування для кожного методу;

- визначення раціональної технології формування (вибір раціональної схеми із сукупності розглянутих методів).

Для вирішення вказаних задач функціональна модель повинна мати дані про параметри колійного розвитку сортувального пристрою та про склад багатогрупних составів, а також імітувати усі операції по їх формуванню різними методами. З метою отримання составів для використання у вказаній моделі виконано дослідження та моделювання призначень вагонів, їх типу, вагової категорії та опору руху за допомогою відповідної матриці умовних ймовірностей.

Скорочення тривалості формування багатогрупного составу можливе за рахунок вибору раціонального методу формування. Серед значної кількості вказаних методів для проведення дослідження було вибрано п'ять: комбінаторний (КМ), розподільчий (РМ), основний (ОСМ) та подвійний (ПСМ) ступеневі методи, а також метод рівномірного наростання (МРН).

Для представлення розробленої функціональної моделі формування багатогрупних составів введені наступні визначення. *Групою* є вагони состава, що мають одне призначення; при цьому кожному вагону групи присвоюється номер g_i , вибір якого здійснюється згідно деяких правил. *Метод* формування M розглядається як сукупність правил збирання та сортування груп вагонів составу на колії на окремих етапах формування. *Схемою* формування составу σ деяким методом M називається порядок розподілу його вагонів на колії на кожному етапі формування; при цьому схема формування визначається множиною використаних номерів груп. *Множина схем* формування для даного методу може бути отримана при певному варіюванні нумерації g_i груп вагонів составу.

Прийнято, що перед початком формування багатогрупний состав з непорядкованими вагонами, що розташовані у порядку їх надходження, знаходиться на одній колії. Після закінчення формування вагони повинні бути підібрані за групами, а групи у составі повинні розташовуватись у заданій послідовності. Завдяки розташуванню груп вагонів у початковому составі в потрібному порядку є можливість зменшити кількість груп ще до початку формування за рахунок укрупнення початкових груп вагонів. Отримана при цьому нумерація груп називається *логічною* (ЛНГ); кількість ЛНГ θ не перевищує кількість дійсних номерів груп k , і, як правило, значно менша останньої. Це дозволить зменшити кількість маневрових пересувань, а отже і загальну тривалість формування T_{ϕ} составу. Для кожного составу може існувати ряд варіантів виконання заміни дійсних номерів призначень вагонів початкового составу на ЛНГ, у зв'язку з чим було виконано дослідження ефективності вибору раціонального з них. Як показали дослідження, кількість ЛНГ θ у составі у середньому вдвічі менше кількості дійсних груп k , що дозволяє суттєво зменшити обсяг маневрової роботи з формування составу.

За ЛНГ γ_i кожного вагону визначається логічний номер колії (ЛНК) μ_i , на яку його слід направляти при сортуванні на кожному етапі формування. Прийнято, що для формування багатогрупних составів використовується сортувальний пристрій (гірка, витяжна колія) і певна кількість сортувальних колій m , яка не перевищує кількості ЛНГ θ . Для формування составу необхідно N етапів формування, кількість яких залежить від методу формування, кількості сортувальних колій m та кількості груп θ у початковому составі. При цьому на кожному ета-

пі формування виконуються дві операції: збирання вагонів із m_{36} колій та їх сортування на m_c колій.

З метою дослідження процесу формування багатогрупних составів було розроблено його функціональну модель. Дана модель складається з двох модулів. Перший з них дозволяє для окремого составу встановити сукупність рейсів збирання та сортування вагонів, необхідну для реалізації деякої схеми формування багатогрупного составу заданим методом. Другий модуль призначений для розрахунку тривалості формування даного составу T_ϕ з використанням заданих методу та схеми. За допомогою вказаних модулів здійснюється вибір раціональної схеми формування σ для кожного з розглянутих методів.

Як показав аналіз методів формування, для кожного із них характерна наявність деякої множини схем формування, кількість яких Z для окремого составу залежить від кількості груп вагонів θ та кількості сортувальних колій m , що використовуються. При цьому для кожного методу існує критичне значення кількості груп, за яких схема формування составу буде єдиною. Ці значення визначаються кількістю використаних колій, а для окремих методів – кількістю етапів формування. Так, для методів КМ, РМ та МРН існує множина критичних значень $G_{m,N}$ кількості груп $G_{m,N} = \{G_{m,1}, G_{m,2}, \dots\}$, які визначаються для кожного m кількістю етапів формування N , яка, в свою чергу, залежить від кількості ЛНГ θ у составі. Для методів ОСМ та ПСМ для кожного m існує єдине критичне значення G_m , оскільки кількість етапів N у цих методах фіксоване ($N=3$ для ОСМ и $N=4$ для ПСМ).

У випадку співпадіння кількості груп θ з одним із критичних значень G існує єдина схема формування составу. Однак у більшості випадків, коли $\theta < G$, кількість схем формування Z може бути значною

$$Z = C_G^\theta = \frac{G!}{\theta! (G - \theta)!}, \quad (1)$$

У цьому випадку є можливість удосконалити процес формування багатогрупного составу за рахунок вибору схеми з мінімальним часом T_ϕ . У випадку, коли Z (1) незначне вибір такої схеми можна здійснювати шляхом повного перебору схем вибірки, а в іншому випадку – за допомогою статистичного методу. Даний підхід можна використовувати у зв'язку з близьким до нормального розподілу тривалості формування багатогрупних составів по різним схемам, а отже є можливість скористатися односторонньою непараметричною толерантною межею, яка дозволяє визначити розмір вибірки \tilde{n}_0 схем такий, що відповідає умові $P(P(T_{\phi\min}^{\tilde{n}_0} < T_{\phi\sigma}^Z < +\infty) \geq \gamma) = \beta$. Так, розмір вибірки, при якому зі статистичною надійністю $\beta = 0,95$ можна стверджувати, що t_ϕ не менше ніж в частки $\gamma=0,99$ генеральної сукупності схем перевищує мінімальний $t_{\phi\min}$ цієї вибірки, становить 299 схем.

Процес формування багатогрупного составу будь-яким методом можна представити у вигляді послідовності K маневрових рейсів збирання та сортування вагонів (R_1, R_2, \dots, R_K). При цьому кожний рейс, в залежності від його спеціалізації, можна представити як:

рейс збірки $R_j^+ = (w_j, n_j^+)$, рейс сортування $R_j^- = (w_j, n_j^-)$,

де w_j – номер сортувальної колії, на яку виконується j -й напіврейс; n_j^-, n_j^+ – кількість вагонів, на яку змінюється состав та група вагонів на колії w_j .

На кожному етапі формування послідовно виконується група рейсів R_j^+ збірки вагонів з $m_{сб}$ колій, після яких зібрані вагони сортують, використовуючи певну кількість рейсів R_j^- . Список номерів сортувальних колій $\vec{w}_S = (w_1, w_2, \dots, w_{m_{сб}})$, з яких збирають вагони на S -му етапі, визначається методом M формування составу. Колії призначення рейсів сортування зібраного составу визначаються ЛНГ кожного вагону.

Для отримання тривалості T_Φ процесу формування необхідно отримати послідовність маневрових рейсів збірки R_j^+ та сортування R_j^- при виконанні формування багатогрупного составу за деякою схемою σ методу M . При цьому загальна тривалість формування визначається сумою всіх операцій збирання та сортування на N етапах, а також тривалості осаджування при формування составу на гірці. Тривалість збирання вагонів з $m_{сб}$ колій виконується за виразом для нормування тривалості маневрового напіврейсу виду $t = f(n, L, V)$; при цьому, для визначення допустимої швидкості руху маневрового локомотива V були виконані натурні спостереження, які дали можливість визначити залежність цієї швидкості від довжини напіврейсу L та кількості вагонів n у вигляді $V = 7,4048 + 4,6066L - 0,0767n$. Тривалість сортування вагонів визначається як

$$\text{на витяжній колії } t_{c,j} = \sum_i^{n_{\text{відч } j}} (t_{\text{ос } i} + t_{\text{вит } i}), \text{ на гірці } t_{c,j} = 0,06l_{\text{ваг}} \sum_{i=1}^{n_{\text{відч } j}} c_i / V_p,$$

де $l_{\text{ваг}}$ – середня довжина вагона, а c_i – середня кількість вагонів в i -му відчепі, $n_{\text{відч } j}$ – кількість відчепів у j -му составі, V_p – швидкість розпуску.

Розроблена модель може бути використана для оперативного керування процесом формування багатогрупних составів на станціях. Модель дозволяє знайти для кожного составу раціональні метод та схему формування з врахуванням наявної кількості колій i , таким чином, отримати план маневрової роботи з даним составом. Також було виконано ідентифікацію та перевірку адекватності розробленої моделі за допомогою критерію знакових рангів Уїлкоксона для пов'язаних вибірок, яка підтвердила, що розроблена модель адекватна, оскільки значення отриманої статистики складає $W^{++} = |-1,42| \leq 1,96$.

У третьому розділі досліджено процес формування багатогрупних составів, розроблено метод удосконалення технології формування шляхом вибору раціональних схеми та методу формування багатогрупних составів, а також сформульовані рекомендації щодо їх використання при формуванні реальних составів за допомогою існуючого технічного оснащення.

Перш за все були виконані дослідження та оцінка ефективності вибору раціональної схеми для окремого составу при заданих умовах формування. Так, при формуванні багатогрупного составу за випадково вибраною схемою тривалість

формування $t_{\phi i}$ буде випадковою величиною, гістограма розподілу якої наведена на рис. 1. При цьому середній час \bar{t}_{ϕ} формування потоку составів визначається як

$$\bar{t}_{\phi} = \frac{1}{\tilde{n}_0} \sum_{i=1}^{\tilde{n}_0} t_{\phi i}, \quad (2)$$

де \tilde{n}_0 – обсяг вибірки схем ($\tilde{n}_0 = 299$).

При виборі для кожного составу раціональної схеми формування затрати часу будуть мінімальні. Максимальний ефект від вибору вказаної схеми формування характеризується величиною розмаху вибірки \tilde{n}_0 (рис. 1)

$$\Delta t_{\phi} = t_{\phi \max} - t_{\phi \min}, \quad (3)$$

де $t_{\phi \min}, t_{\phi \max}$ – мінімальний та максимальний час формування составу у вибірці \tilde{n}_0 .

Ефект від вибору кращої схеми формування у порівнянні з формуванням за випадковою схемою визначається як (рис. 1)

$$e_{\phi} = \Delta t_{\phi} / 2 \quad (4)$$

З метою порівняння величини ефекту для різних составів та умов формування визначається його відносна оцінка δe_{ϕ}

$$\delta e_{\phi} = e_{\phi} / \bar{t}_{\phi}. \quad (5)$$

Для дослідження впливу різних факторів на тривалість формування багатогрупних составів за допомогою розробленої функціональної моделі були підготовлені дані про потоки составів з різними параметрами. В результаті отримано вибірки значень δe_{ϕ} , аналіз яких дозволяє зробити висновок, що ефект від пошуку раціональної схеми у вибірці \tilde{n}_0 складає 5-20 % у залежності від сукупності параметрів составів та технічного оснащення. У зв'язку з цим в подальших дослідженнях для кожного составу в якості розрахункової величини T_{ϕ} приймалася мінімальна тривалість формування $t_{\phi \min}$, що може бути досягнута при заданих умовах та виборі раціональної схеми.

Також була виконана порівняльна оцінка ефективності методів формування, що розглядаються (рис. 2). Як показали дослідження, при кожному сполученні параметрів m та n існує метод $\hat{M}(m, n)$, частота f використання якого вища ніж у інших методів. При цьому, на гірках найбільш часто використовувався КМ, а на витяжних коліях – методи ОСМ, ПСМ та МРН; при цьому вибір кращого методу визначається сполученням m та n .

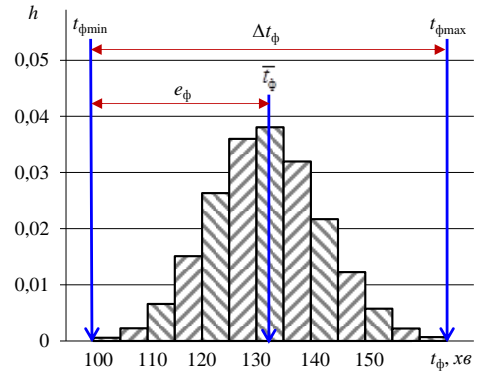


Рисунок 1 – Розподіл $t_{\phi i}$ схем

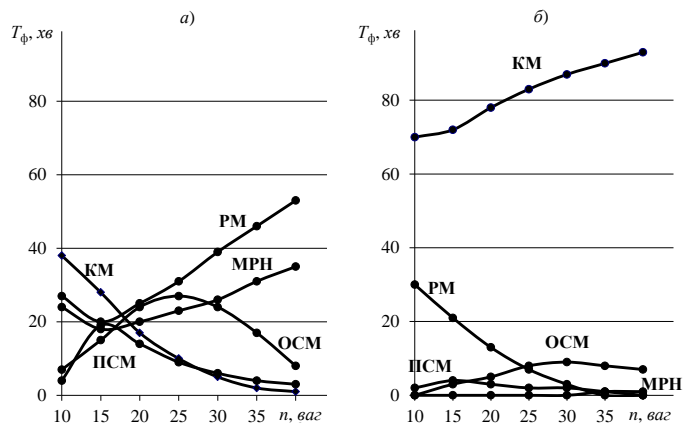


Рисунок 2 – Розподіл частоти використання методів $P_{\phi} = f(n)$: а) витяжна колія, б) гірка

Аналіз результатів показав, що не існує методу, який був би кращим для всіх составів потоку за будь-яких заданих умов формування та параметрів составів. Отже, може бути зроблено висновок про те, що для мінімізації тривалості формування составів на станції необхідно для кожного із них вибрати найкращі метод та схему формування, що дозволяє скоротити затрати часу на цей процес від 10 до 30 %. Експерименти з функціональною моделлю дали можливість встановити залежності параметрів процесу формування для усіх методів від параметрів составів, колійного розвитку та сортувальних пристроїв.

Для ілюстрації на рис. 3 наведені залежності тривалості формування багатогрупних составів розподільчим методом від кількості колій m та кількості вагонів n у составі.

Для подальшого використання цих залежностей у функціональній моделі методами регресійного аналізу були визначені аналітичні залежності між вказаними величинами; при цьому мінімальну залишкову дисперсію забезпечують залежності виду

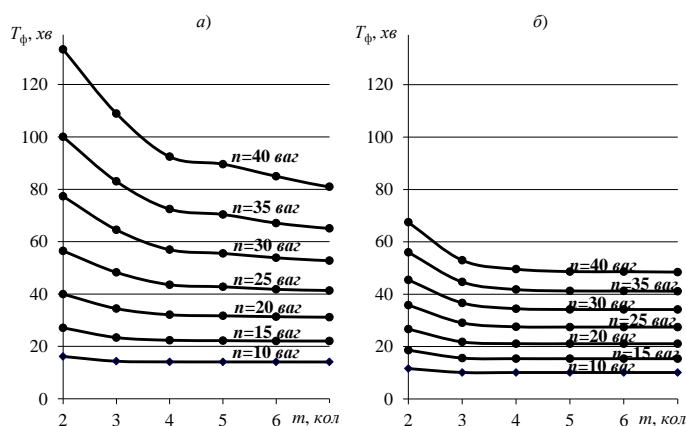


Рисунок 3 – Сімейство $T_{\phi} = f(m, n)$:
а) – витяжна колія, б) – гірка

$$T_{\phi} = e^{(b_0 + b_1 \cdot \ln n + b_2 \cdot \ln m + b_{12} \cdot \ln n \cdot \ln m + b_{11} \cdot (\ln n)^2 + b_{22} \cdot (\ln m)^2)}, \quad (6)$$

де $b_0, b_1, b_2, b_{12}, b_{11}, b_{22}$ – розрахункові коефіцієнти.

Крім того, було розроблено метод покращення вибору схеми формування шляхом пошуку раціональної схеми у розширеній їх множині. Для методів КМ, РМ та МРН було встановлено, що в деяких випадках, коли кількість груп θ близька до свого критичного значення G , доцільно збільшити θ , доповнивши існуючі номери фіктивними ЛНГ. Це дозволить перейти до наступного критичного значення G^{+1} і, в результаті, значно розширити множину можливих схем, серед яких може бути і схема з мінімальною тривалістю формування составу.

Таким чином, в деяких випадках штучне збільшення кількості груп θ дозволяє зменшити тривалість формування T_{ϕ} , незважаючи на збільшення при цьому кількості етапів (рис. 4). Для методів ОСМ та ПСМ подібна можливість скорочення тривалості формування може бути досягнута за рахунок використання більшої кількості колій.

Детальні дослідження даного питання за допомогою функціональної моделі дозволили зробити висновок, що розширення множини схем є ефективним не лише при переході до наступного критичного значення

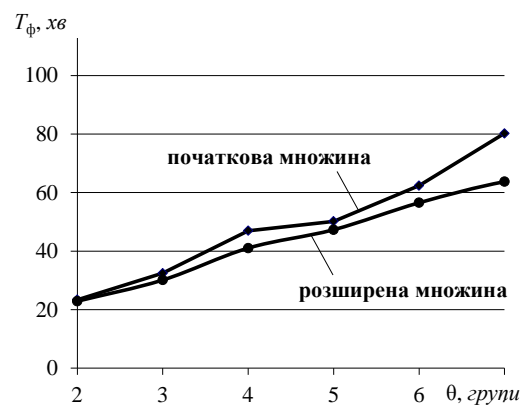


Рисунок 4 – Залежність $T_{\phi} = f(\theta)$ для початкової та розширеної множин

груп G^{+1} , але і при подальшому розширенні до G^{+2} , G^{+3} і т. д.. Величину подальшого розширення початкової множини ($\rho = 0$) було названо *ступенем* розширення $\rho = 1, 2, \dots$. Залежність тривалості формування від ступеня розширення наведена на рис. 5.

У випадку неможливості пошуку кращої схеми формування багатогрупних составів повним перебором доцільно використовувати статистичний метод. З метою підвищення ефективності вказаного методу було розглянуто розподіл тривалості формування з використанням схем усієї сукупності Z та вибірки схем обсягом \tilde{n}_0 . Аналіз результатів дослідження дозволяє констатувати, що діапазон значень тривалості T_ϕ составу за схемами сукупності Z перевищує відповідний діапазон для вибірки \tilde{n}_0 , а отже є можливість для покращення якості вибору раціональної схеми статистичним методом. З цією метою було змінено відповідні параметри односторонньої непараметричної толерантної межі: так, при статистичній надійності $\beta=0,999$ та частці генеральної сукупності $\gamma=0,999$ обсяг вибірки складе $\tilde{n}_0=6903$ схеми; таке збільшення обсягу вибірки з урахуванням розвитку сучасних ЕОМ несуттєво збільшить тривалість пошуку кращої схеми τ , проте дозволить отримати схему з тривалістю формування на 8–10% кращою ніж при пошуку у початковій вибірці $\tilde{n}_0=299$ схем.

Також у процесі аналізу комбінаторного методу формування багатогрупних составів було виявлено залежність між бінарними F -кодами ЛНГ схем, за якими відбувається сортування вагонів, та кількістю рейсів формування, що напряму впливає на обсяг та тривалість маневрової роботи. Особливістю даного методу є переміщення на усіх етапах формування лише груп вагонів, що знаходяться на колії з ЛНК $\mu = 0$. Таким чином, кількість нулів у F -кодах можна розглядати як кількість перестановок вагонів. Отже, є підстави припустити, що контрольовано вибираючи схеми з ЛНГ, F -коди яких мають менше нулів, у вибірку будуть відібрані лише схеми зі сприятливими характеристиками, що підвищить ймовірність отримання мінімально можливої тривалості процесу формування по раціональній схемі. Даний підхід доцільно використовувати особливо для составів, у яких знаходяться групи зі значною кількістю вагонів. Вибір схем, які забезпечать мінімальну кількість пересувань таких груп дозволить досягти скорочення тривалості виконання маневрової роботи.

У результаті виконаних досліджень були сформульовані рекомендації щодо покращення якості вибору раціональної схеми, реалізація яких дозволить зменшити витрати часу на формування багатогрупних составів на 29-37 % при формуванні за допомогою витяжної колії, та на 13-25 % при використанні сортувальної гірки.

В четвертому розділі було виконано аналіз конструкції існуючих сортувальних пристроїв, визначення оптимальних параметрів профілю запропонованого двостороннього допоміжного сортувального пристрою (ДДСП); виконано формалізацію та дослідження процесу формування багатогрупних составів на

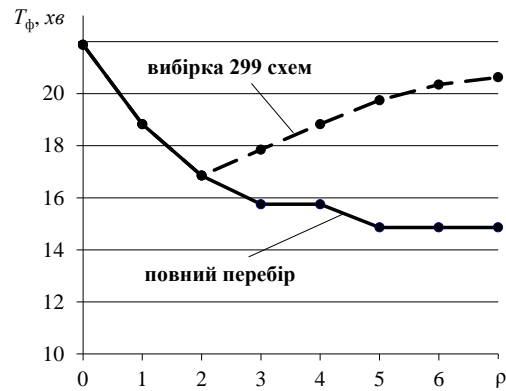


Рисунок 5 – Залежність $T_\phi = f(\rho)$

двосторонній гірці, а також адаптовано існуючі методи формування багатогрупних составів до двостороннього сортування.

Аналіз наукових праць, присвячених удосконаленню існуючих сортувальних пристроїв показав, що вказані пристрої успішно виконують покладені на них функції, однак специфіка роботи з формування багатогрупних составів викликає необхідність розробки нового допоміжного сортувального пристрою (див. рис. 6), що має двосторонню гірку малої потужності (ГМП) з двома коліями розпуску, яка розташовується між двома групувальними парками та дає змогу виконувати розпуск вагонів у два напрямки. При цьому забезпечується ізоляція маневрової роботи з багатогрупними складами від роботи основної сортувальної гірки (ОСГ).

Формування багатогрупного составу з використанням запропонованого пристрою передбачає накопичення достатньої кількості місцевих вагонів на відповідних коліях основного сортувального парку (ОСП), їх витягування на ОСГ з наступним сортуванням за складеним планом на колії ГрП1. Далі здійснюється насув вагонів по черзі з кожної колії цього парку на допоміжну двосторонню сортувальну гірку для їх розформування на колії ГрП2.

Якщо і після цього формування груп вагонів составу не закінчене, виконується насув вагонів з кожної колії ГрП2 на допоміжну двосторонню сортувальну гірку у зворотному напрямку з розформуванням на колії ГрП1. Вказані операції повторюються до закінчення формування составу.

З метою забезпечення максимальної ефективності процесу формування багатогрупних составів на вказаному пристрої була розроблена методика оптимізації поздовжнього профілю ГМП. Поздовжній профіль гірки повинен забезпечувати розрахункову висоту гірки $H_p^{ГрПР}$, що забезпечує докочування відчепів до розрахункової точки. При цьому прийнято, що параметри профілю повинні вибиратися таким чином, щоб забезпечити найкращі умови розділення відчепів, які можна охарактеризувати величиною інтервалу δt . Задача оптимізації поздовжнього профілю вирішувалась для розрахункової групи з 3-х відчепів: при цьо-

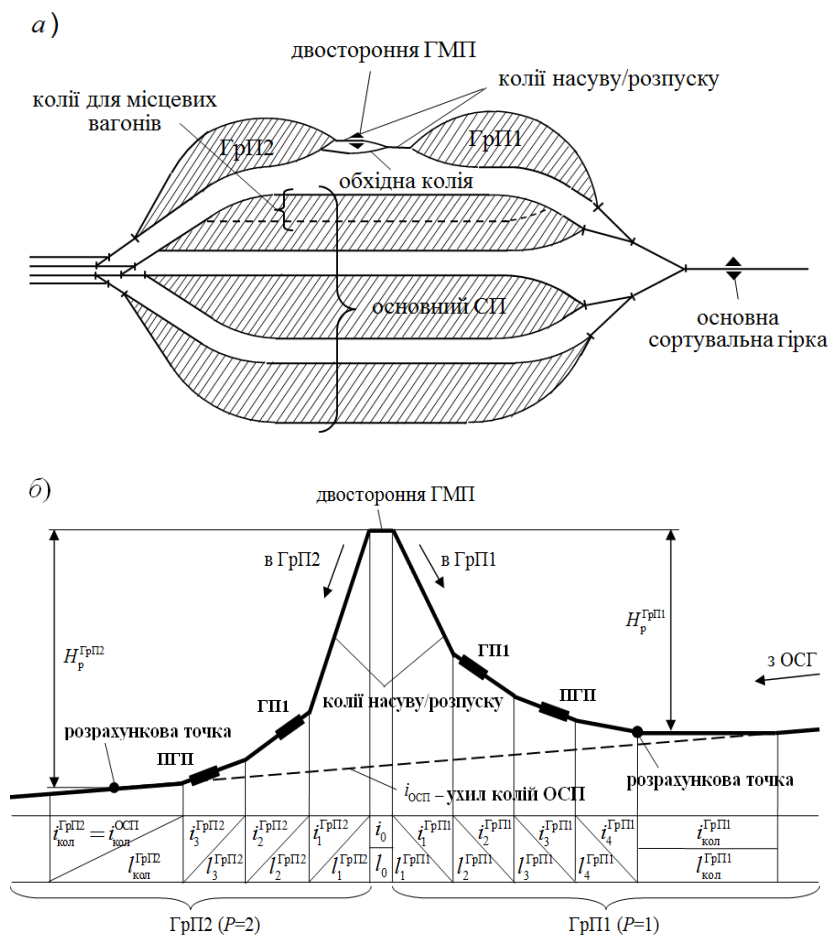


Рисунок 6 – Конструкція спеціалізованого сортувального пристрою: а) план, б) профіль

му для інших груп відчепів умови розділення будуть кращими, оскільки розрахункова група має несприятливе сполучення П-Х-П. Для вказаної групи на кожному розділовому елементі отримані по два значення інтервалу: δt_1 для пари П-Х, та δt_2 для пари Х-П. Тоді критерій оптимізації профілю можна записати як

$$\min \{ \delta t_1, \delta t_2 \} \rightarrow \max, \quad (7)$$

з наступними обмеженнями

$$i_j^{\Gamma_{pPP}} > 0, \text{ при } P = 1, 2; j = 1, 2, \dots, k, i_1^{\Gamma_{pP1}} + i_1^{\Gamma_{pP2}} \leq 55\%, i_1^{\Gamma_{pPP}} > i_2^{\Gamma_{pPP}} > \dots > i_k^{\Gamma_{pPP}},$$

$$i_1^{\Gamma_{pPP}} \geq 25\%, i_2^{\Gamma_{pPP}} = i_{2\text{розр}}^{\Gamma_{pPP}}, i_4^{\Gamma_{pPP}} = i_{4\text{норм}}^{\Gamma_{pPP}}, \sum_{j=1}^k l_j^{\Gamma_{pPP}} i_j^{\Gamma_{pPP}} = H_p^{\Gamma_{pPP}},$$

$$\delta t_1(i_j) > \delta t_{\min}, \delta t_2(i_j) > \delta t_{\min}.$$

З метою визначення оптимальних значень ухилів елементів поздовжнього профілю двосторонньої гірки спочатку були виконані дослідження впливу параметрів її поздовжнього профілю на величину інтервалів між відчепами на розділових елементах. Для проведення вказаних досліджень була розроблена імітаційна модель процесу розформування составів на ГМП, базовим елементом якої є модель керованого скочування відчепів з гірки. В цій моделі оптимізація режимів інтервального регулювання швидкості скочування здійснюється за допомогою ітераційного методу, який дозволяє знайти для розрахункової групи відчепів такі режими гальмування, при яких інтервали на розділових стрілках забезпечують виконання умови (7).

Пошук режиму гальмування кожного відчепу здійснюється на межі області допустимих режимів (ОДР) цього відчепу, що забезпечує найкращі умови поділу відчепів составу на розділових стрілках. В роботі вперше були виконані дослідження ОДР на ГМП, обладнаній двома гальмівними позиціями. Для двох гірок розробленого пристрою множина допустимих режимів гальмування відчепів може бути представлена багатокутниками на площині $h'0h''$; дані ОДР наведені на рис. 7.

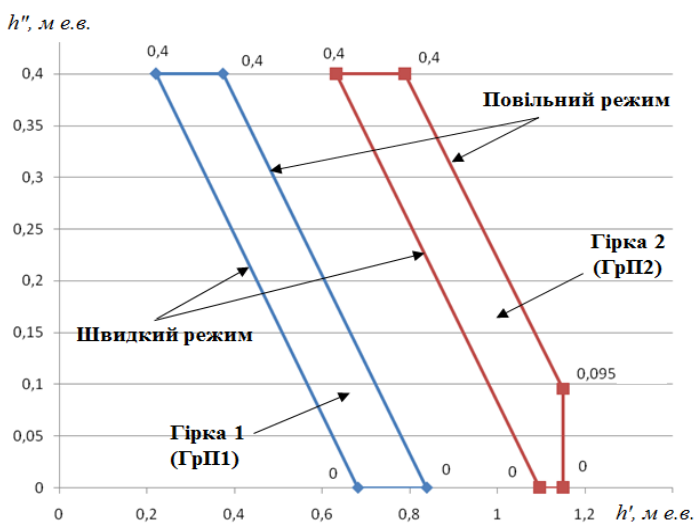


Рисунок 7 – ОДР варіантів гальмування відчепів

При цьому будь-яка точка ОДР $\mathbf{h} = h', h''$ визначає режим гальмування, який забезпечує рух відчепу з допустимою швидкістю на спускній частині гірки, а також його докочування до точки прицілювання з безпечною швидкістю.

Для вирішення задачі оптимізації поздовжнього профілю гірки (7) було виконано аналіз його елементів (рис. 6, б) та прийнято, що ухил першої гальмівної позиції i_2 визначається із умови забезпечення розрахункової висоти гірки $H_p^{\Gamma_{pPP}}$; ухил паркової гальмівної позиції i_4 є нормованим (0,6 ‰). Тоді ухили i_1 та i_3 є невідомими; вони можуть варіюватись у певному діапазоні з урахуван-

ням обмежень (7) і розглядаються як незалежні фактори, відповідно, X_1 та X_2 . З метою визначення раціональних параметрів X_1 та X_2 виконано повний факторний експеримент (ПФЕ) типу 2^2 . Аналіз результатів обчислювальних експериментів за допомогою імітаційної моделі дозволив для кожної точки ПФЕ визначити величину інтервалу $y = \delta t$ (7), з використанням яких була отримана лінійна залежність $y = 2,554 + 0,276X_1 - 0,161X_2$. За допомогою результатів ПФЕ та уявних дослідів з використанням методу Бокса-Уілсона були визначені оптимальні значення кожного із факторів, що в свою чергу дає змогу отримати поздовжній профіль гірки малої потужності з параметрами $i_1 = 28,0\%$, $i_2 = 8,18\%$, $i_3 = 1,5\%$ та $i_4 = 0,6\%$ (див. рис. 8). Даний профіль дозволяє максимізувати мінімальні інтервали між відчепами ($\min \delta t = 3,08 c$).

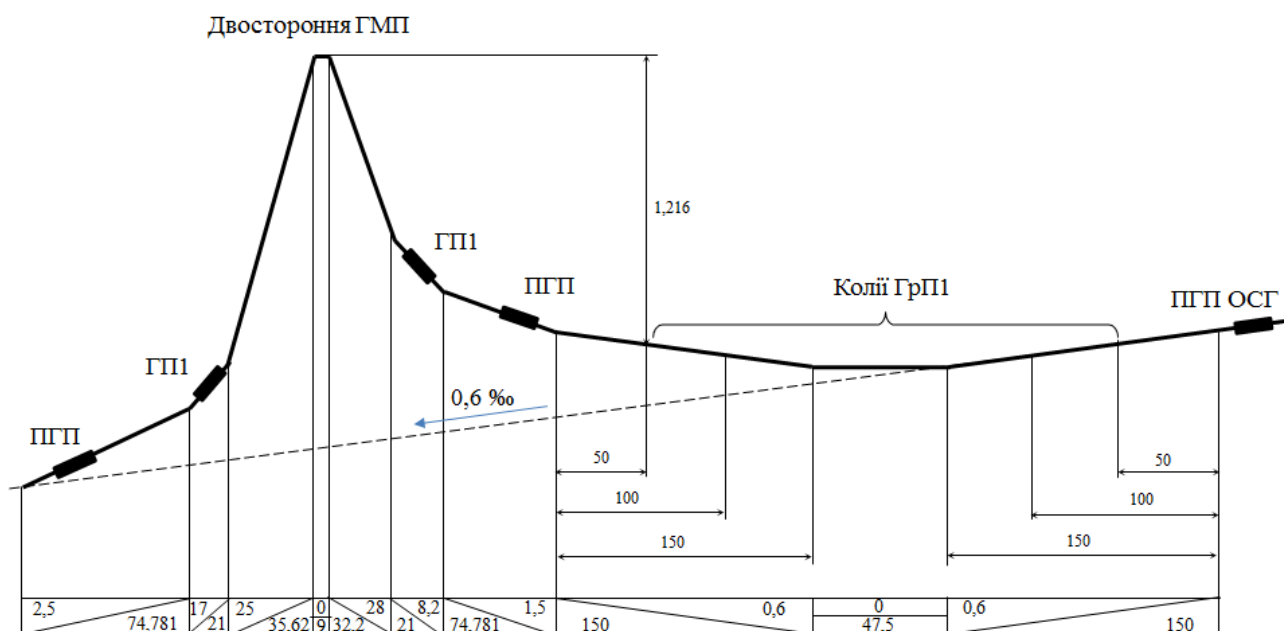


Рисунок 8 – Результат оптимізації поздовжнього профілю ДДСП

З метою ефективного використання ДДСП було складено спеціальний план маневрової роботи, що базується на адаптованих методах формування багатогрупних составів, та сприяє ліквідації операцій витягування та збірки вагонів з колій групувальних парків. Це дозволяє зменшити обсяг та, відповідно, тривалість маневрової роботи; крім того, необхідність насуву груп вагонів з відносно малою сумарною масою на допоміжну гірку забезпечує зниження енергетичних витрат маневрового локомотиву. Аналіз результатів порівняльної оцінки ефективності методів формування на вказаному пристрої дозволив встановити, що адаптований розподільчий метод (РМА) є єдиним ефективним методом, який забезпечує мінімальну тривалість формування для составів з будь-якими параметрами.

Крім цього, формування составів методом РМА за допомогою ДДСП забезпечить скорочення тривалості до 40 % у порівнянні з одностороннім РМ та використанням основної сортувальної гірки; час формування у порівнянні з аналогічними показниками процесу формування на витяжній колії скорочується у 2,4 рази.

У п'ятому розділі було виконано визначення порівняльної економічної ефективності розглянутих методів формування на різних сортувальних пристроях.

В результаті виконаних розрахунків для односторонніх сортувальних пристроїв встановлено, що у випадку реалізації запропонованих рекомендацій можна отримати суттєву економію експлуатаційних витрат на маневрову роботу з формування багатогрупних составів; розмір цієї економії залежить від параметрів составів, що формуються, у розрахунку на 1 состав може сягати 1068 грн. при формуванні на витяжній колії та до 466 грн. при формуванні составу на основній сортувальній гірці.

Для двостороннього допоміжного сортувального пристрою встановлено умови його економічної переваги над іншими сортувальними пристроями. Так, економічний ефект від використання двостороннього сортувального пристрою в розрахунку на 1 состав може сягати 9020 грн. у порівнянні з формуванням на витяжній колії, та 1487 грн. – у порівнянні з використанням основної сортувальної гірки. Крім цього в дисертаційній роботі було визначено рівень граничних капітальних вкладень, за яких спорудження ДДСП буде ефективним.

ВИСНОВКИ

В дисертаційній роботі отримане нове вирішення актуальної науково-практичної задачі удосконалення технології та технічних засобів формування багатогрупних составів на станціях. Запропоновані заходи забезпечують зниження обсягів виконуваної маневрової роботи, скорочення її тривалості та витрат енергоресурсів.

Основні наукові результати і висновки дисертації полягають у наступному:

1. Аналіз наукових робіт, присвячених інтенсифікації формування багатогрупних составів показав, що пошук раціональної технології формування є складною оптимізаційною задачею, яка в даний час остаточно не вирішена. У зв'язку з цим були проаналізовані різноманітні технологічні та реконструкційні заходи з підвищення ефективності процесу формування багатогрупних составів на станціях та сформульована постановка задач дисертаційного дослідження.

2. В результаті аналізу та формалізації методів та схем формування багатогрупних составів встановлено аналітичні залежності між показниками процесу формування та параметрами составів і технічних засобів. Встановлено, що кількість можливих схем формування составу залежить від кількості груп вагонів та кількості сортувальних колій. При цьому для кожного методу та будь-якої кількості колій існує критична кількість груп, при якій схема формування є єдиною.

3. З метою визначення раціональної технології формування багатогрупних составів була розроблена функціональна модель, яка імітує усі елементи вказаного процесу на різних технічних засобах та дозволяє отримати оцінку його тривалості для конкретного составу. Також була виконана ідентифікація моделі та доведена її адекватність за допомогою критерію Уїлкоксона.

4. Встановлено, що врахування початкової впорядкованості груп вагонів у составі дозволяє знизити обсяг маневрової роботи на 40–50 %. Виявлено, що не існує однозначно кращого методу формування багатогрупних составів на різних технічних засобах, а отже доцільно для кожного багатогрупного составу

визначати тривалість його формування усіма методами, і з отриманих значень вибрати мінімальне. Також встановлено, що суттєвий ефект дає генерування множини схем формування багатогрупних составів та пошук серед них раціональної. При цьому доведено, що розширення початкової множини схем дозволяє знайти раціональну схему зі значно меншою тривалістю формування у порівнянні з кращою схемою початкової множини. Підвищено якість вибору схеми за допомогою статистичного методу. В цілому реалізація усіх запропонованих рекомендацій щодо пошуку раціональної технології формування составів дозволяє зменшити витрати часу на формування багатогрупних составів на 29-37 % при формуванні на витяжній колії, та на 13-25 % при використанні сортувальної гірки.

5. В результаті аналізу конструкції та технології роботи існуючих сортувальних пристроїв для формування багатогрупних составів було запропоновано двосторонній допоміжний сортувальний пристрій, розроблено конструкцію його плану та профілю, виконано оптимізацію параметрів профілю гірки малої потужності методом Бокса-Уілсона. З використанням методу імітаційного моделювання розпуску составів на ГММ встановлено, що отриманий профіль гірки забезпечує максимальні інтервали між відчепами на стрілках, що забезпечує їх надійне розділення в процесі розпуску.

6. Формалізовано технологію формування составів на запропонованому пристрої за рахунок адаптації розглянутих методів формування до двостороннього сортування; встановлено, що однозначно кращим методом формування на даному пристрої є розподільчий метод. У результаті виконаного аналізу встановлено, що використання спеціалізованого двостороннього пристрою дозволяє отримати економію часу до 79 % у порівнянні з формуванням багатогрупних составів на витяжній колії та до 38 % – на основній сортувальній гірці.

7. Визначено, що економічний ефект від реалізації запропонованих заходів суттєво залежить від параметрів багатогрупних составів та технічних засобів формування. Вказаний ефект від реалізації запропонованих рекомендацій в розрахунку на 1 состав може складати 1068 грн. при формуванні на витяжній колії та до 466 грн. – на основній сортувальній гірці. Економічний ефект від використання двостороннього сортувального пристрою в розрахунку на 1 состав може складати 9020 грн. у порівнянні з формуванням на витяжній колії, та 1487 грн. – у порівнянні з використанням основної сортувальної гірки. Також в дисертаційній роботі було визначено рівень граничних капітальних вкладень, за яких спорудження двостороннього сортувального пристрою буде ефективним.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Основні праці:

1. Бобровский, В. И. Совершенствование технологии формирования многогруппных составов [текст] / В. И. Бобровский, И. Я. Сковрон // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. — Вип. 19 — Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. — 2007. — с. 88—93.

2. Сковрон, И. Я. Оптимизация выбора схемы формирования многогруппных составов [текст] / И. Я. Сковрон // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2012. — № 1/3 (55). — С. 20—26.

3. Бобровский, В. И. Совершенствование методики выбора рациональной технологии формирования многогруппного состава [текст] / В. И. Бобровский, И. Я. Сковрон // Зб. наук. пр. УкрДАЗТ. — Х., 2012. — Вип. 131. — С. 162—171.

4. Бобровский, В. И. Двустороннее сортировочное устройство для интенсификации процесса формирования многогруппных составов [Текст] / В. И. Бобровский, И. Я. Сковрон // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения — Ростов-на-Дону: РГУПС, 2013. — Вып. 2(23) — С. 7—12.

5. Сковрон, И. Я. Совершенствование методики оценки продолжительности формирования многогруппных составов [Текст] : зб. наук. праць / И. Я. Сковрон // «Транспортні системи та технології перевезень» Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. — Вип. 8 — Д.: ДНУЗТ, 2014. — С.134—138.

6. Пристрій для формування багатогрупних составів : пат. 56315 України. ДНУЗТ, 2011. — 4 с.

Додаткові праці:

7. Спосіб формування багатогрупних составів на основному та допоміжному сортувальних пристроях [Текст] : пат. 55826 України. ДНУЗТ, 2010. — 4 с.

8. Пристрій для закріплення вагонів на коліях [Текст] : пат. 80281 України. ДНУЗТ, 2013. — 4 с.

9. Бобровский, В. И. Совершенствование технологии формирования многогруппных составов [Текст] / В. И. Бобровский, И. Я. Сковрон // Тези доповідей 5-ї міжнародної наукової конференції “Проблеми економіки транспорту”. — Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2003. — С. 146.

10. Бобровський, В. І. Удосконалення методів формування составів [Текст] / В. І. Бобровський, І. Я. Сковрон // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. — 2003. — № 5. — С. 3.

11. Бобровский, В. И. Автоматизация поиска рациональной технологии формирования многогруппных составов [Текст] / В. И. Бобровский, И. Я. Сковрон // Проблемы и перспективы развития ж.д. транспорта: Тезисы 65-й междунар. научно-практ. конф. — Д.: ДИИТ, 2005. — С. 97.

12. Бобровский, В. И. Техничко-економічна оцінка ефективності технічних засобів та технології формування многогруппных составов [Текст] / В. И. Бобровский, И. Я. Сковрон // Проблемы и перспективы развития ж. д. транспорта: Тезисы 67-й междунар. научно-практ. конф. — Д.: ДИИТ, 2007. — с 121.

13. Бобровский, В.И. Оптимизация технологии формирования многогруппных составов [Текст] / В. И. Бобровский, И. Я. Сковрон // Проблемы и перспективы развития ж. д. транспорта: Тезисы 69-й междунар. научно-практ. конф. — Д.: ДИИТ, 2009. — с. 67-68.

14. Бобровський, В. І. Технологія формування багатогрупних составів на спеціалізованому сортувальному пристрої [Текст] / В. І. Бобровський, І. Я. Сковрон // Тези доповідей 73-ї міжнародної науково-технічної конференції. Харків.: УкрДАЗТ, 2011.

15. Бобровский, В.И. Формування багатогрупних составів за допомогою двосторонньої гірки малої потужності [Текст] / В. И. Бобровский, И. Я. Сков-

рон // Проблемы и перспективы развития ж. д. транспорта: Тезисы 71-й междунар. научно-практ. конф. — Д.: ДИИТ, 2011. — с. 126—127.

16. Бобровский, В. И. Системный подход к интенсификации работы с многогруппными составами [Текст] / В. И. Бобровский, И. Я. Сковрон // Интеграция Украины в международную транспортную систему (17.11-18.11.2011): тезисы III международной научно-практической конференции / М-во инфраструктуры Украины, Днепрпетр. нац. ун-т ж.-д. тр-та им. акад. В. Лазаряна. — Днепрпетровск : ДНУЖТ, 2011. — С. 14—16

17. Сковрон, И. Я. Совершенствование технологии расформирования-формирования передаточных поездов на станциях промышленных предприятий [Текст] / И. Я. Сковрон // Перспективы взаимодействия железных дорог и промышленных предприятий: Тезисы междунар. научно-практ. конф. — Моршин: ДНУЖТ, 2012. — с. 79-81.

18. Бобровский, В. И. Метод предварительного отбора схем формирования многогруппных составов [Текст] / В. И. Бобровский, И. Я. Сковрон // Проблемы та перспективи розвитку залізничного транспорту (19.04 - 20.04.2012): тези доповідей 72 Міжнародної науково-практичної конференції / М-во інфраструктури України, Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. — Д., 2012. — С. 109—110.

19. Сковрон, И. Я. Повышение эффективности маневровой работы на станциях промышленных предприятий [Текст] / И. Я. Сковрон, Е. Б. Демченко, Е. Б. Кузьменко // Перспективы взаимодействия железных дорог и промышленных предприятий: Тезисы 2-й междунар. научно-практ. конф. — Кострино, 2013. — с. 85—86.

20. Сковрон, И. Я. Підвищення ефективності функціонування залізничних станцій, що обслуговують морські порти [Текст] / І. Я. Сковрон, Є. Б. Демченко // Проблемы и перспективы развития железнодорожного транспорта: Тезисы 73-й Международной научно-практической конференции (Днепрпетровск, 23-24 мая 2013 г.) — Д.: ДИИТ, 2013. — С. 171—172.

21. Бобровський, В.І. Удосконалення технології формування подач місцевих вагонів на станціях [Текст] / В.І. Бобровський, І. Я. Сковрон // 76-а міжнародна науково-технічна конференція. Харків —УкрДАЗТ, 2014.

22. Бобровский, В. И. Интенсификация формирования многогруппных составов [Текст] / В. И. Бобровский, И. Я. Сковрон // Сборник трудов Международной научно-технической конференции «Современные проблемы развития железнодорожного транспорта и управления перевозочным процессом», посвященной 90-летию кафедр "ЖДСУ" и "УЭРиБТ" - М.: МИИТ, 16-17 октября 2014.

23. Бобровский, В. И. Эффективное формирование многогруппных составов с помощью двустороннего сортировочного устройства [Текст] / В. И. Бобровский, И. Я. Сковрон // Сборник трудов Международной научно-технической конференции «Современные проблемы развития железнодорожного транспорта и управления перевозочным процессом», посвященной 90-летию кафедр "ЖДСУ" и "УЭРиБТ" — М.: МИИТ, 16-17 октября 2014.

24. Сковрон, И. Я. Формирование подач местных вагонов с помощью нового специализированного сортировочного устройства [Текст] / И. Я. Сковрон

// Тези 7-ї міжнародної науково-практичної конференції «Транселектро-2014» (Одеса-Дніпропетровськ, 23-26 жовтня 2014 р) — Д.: ДНУЗТ, 2014. — С. 90.

25. Сковрон, І. Я. Підвищення ефективності формування багатогрупних составів [Текст] / І. Я. Сковрон // Тези науково-практичної конференції «Розвиток теорії та практики функціонування залізничних станцій та вузлів» (Дніпропетровськ, 11-12 грудня 2014 р.) — Д.: ДНУЗТ, 2014. — 92 с. — С. 77—78.

26. Бобровский, В. И. Двусторонняя горка малой мощности для формирования многогруппных составов [Текст] / В. И. Бобровский, И. Я. Сковрон // Тези 7-ї міжнародної науково-технічної конференції «Розвиток наукової та інноваційної діяльності на транспорті», м. Харків — УкрДАЗТ, 2015.

АНОТАЦІЯ

Сковрон І. Я. Удосконалення технології та технічних засобів формування багатогрупних составів. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту. Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, Дніпропетровськ, 2015.

Дисертація присвячена питанням удосконалення технології та технічних засобів формування багатогрупних составів для підвищення ефективності роботи станцій з місцевими вагонопотоками. Розроблена методика пошуку раціональних схеми і методу формування конкретного составу на реальній станції забезпечує мінімізацію обсягів маневрової роботи при формуванні багатогрупних составів, сприяє зменшенню її тривалості та дозволяє знизити енергетичні витрати маневрових локомотивів.

Виконано дослідження та оптимізацію конструкції запропонованого спеціалізованого сортувального пристрою для формування багатогрупних составів, що включає двосторонню гірку малої потужності з двома групувальними парками. Для ефективного використання сортувального пристрою розроблено спеціальну технологію формування багатогрупних составів.

Наукові результати, отримані у дисертаційній роботі, а також розроблені моделі та методи можуть бути використані при створенні автоматизованої системи керування процесом формування багатогрупних составів на станціях.

Ключові слова: формування составів, багатогрупний состав, метод формування, схема формування, моделювання процесу формування, моделювання процесу розпуску, допоміжний сортувальний пристрій, оптимізація профіля гірки.

АННОТАЦИЯ

Сковрон И. Я. Совершенствование технологии и технических средств формирования многогруппных составов. - Рукопись

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.20 - эксплуатация и ремонт средств транспорта. Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, Днепропетровск, 2015.

Диссертация посвящена вопросам совершенствования технологии и технических средств формирования многогруппных составов для повышения эффек-

тивности работы станций с местными вагонопотоками. Разработанная методика поиска рациональных схемы и метода формирования конкретного состава на реальной станции обеспечивает минимизацию объемов соответствующей маневровой работы, способствует уменьшению ее продолжительности и позволяет снизить энергетические затраты маневровых локомотивов.

Выполнен анализ публикаций по проблеме многогруппных составов, в результате которого установлено что формирование составов, в особенности многогруппных, является одним из наиболее трудоемких элементов процесса переработки вагонов на станциях, и поэтому оказывает значительное влияние на показатели работы станций. Эффективным средством улучшения указанных показателей является совершенствование технических средств и технологии формирования, позволяющее уменьшить объем маневровой работы за счет ликвидации непроизводительных перемещений вагонов.

Для решения данной задачи были исследованы наиболее распространенные методы формирования многогруппных составов, для которых была выполнена формализация схем формирования, а также разработана имитационная модель. Указанная модель позволяет найти рациональную схему формирования состава для заданного метода и определить минимальное время формирования. Модель имитирует все элементы процесса формирования составов как на вытяжных путях, так и на горках; она позволяет определять продолжительность формирования составов и соответствующие эксплуатационные расходы. Разработанная модель может быть использована также для оперативного управления процессом формирования многогруппных составов на станциях и позволяет найти для каждого конкретного состава рациональный метод и схему формирования с учетом имеющихся технических средств. Для этого ее необходимо включить в качестве программного модуля в систему поддержки принятия решений диспетчерского персонала. Это даст возможность в реальных условиях сократить время нахождения вагонов на станциях и уменьшить объем маневровой работы, что приведет, в конечном счете, к уменьшению эксплуатационных расходов станций.

В работе получила дальнейшее развитие методика определения рациональной схемы формирования многогруппного состава. С этой целью была усовершенствована процедура генерирования и анализа множества возможных схем формирования конкретного состава, позволяющая выбрать рациональную схему, которая обеспечивает минимальное время формирования. Кроме того, впервые исследована возможность управляемого выбора схем, имеющих лучшие характеристики; использование указанных схем позволяет существенно сократить продолжительность формирования составов.

Предложено специализированное сортировочное устройство для формирования многогруппных составов, включающее двустороннюю горку малой мощности с двумя путями роспуска, которая располагается между двумя группировочными парками и позволяет выполнять сортировку в двух направлениях. Для эффективного использования указанного сортировочного устройства разработана специальная технология формирования многогруппных составов.

Для повышения эффективности работы двусторонней горки была определена рациональная конструкция ее продольного профиля. С этой целью был выполнен анализ влияния параметров продольного профиля горки на величину ин-

тервалов между отцепами на разделительных элементах. Для проведения указанных исследований была разработана имитационная модель процесса расформирования составов на горках малой мощности, базовым элементом которой является модель управляемого скатывания отцепов. В данной модели оптимизация режимов регулирования скорости скатывания отцепов осуществляется с помощью итерационного метода. По результатам выполненного анализа с помощью указанной модели была выполнена оптимизация параметров продольного профиля горки малой мощности с использованием метода Бокса-Уилсона.

С использованием разработанной конструкции горки были выполнены исследования процесса формирования многогруппных составов с применением различных методов. В результате исследований установлено, что на двусторонней ГММ целесообразно использование адаптированного распределительного метода, позволяющего исключить сборку вагонов с путей группировочного парка и минимизировать передвижение групп вагонов. Это позволяет существенно сократить время формирования, а также расход энергоресурсов.

Научные результаты, полученные в диссертационной работе, а также разработанные модели и методы могут быть использованы при создании автоматизированной системы управления процессом формирования многогруппных составов на станциях, а также для определения рациональной конструкции сортировочных устройств для работы с местными вагонопотоками.

Ключевые слова: формирование составов, многогруппный состав, метод формирования, схема формирования, моделирование процесса формирования, моделирование процесса роспуска, вспомогательное сортировочное устройство, оптимизация профиля горки.

THE SUMMARY

Skovron I. Ya. Improvement of the technology and technical devices of multi-group trains making-up. - Manuscript.

Thesis for Ph.D. degree in the specialty 05.22.20 - maintenance and repair of transport facilities. Dnepropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Dnepropetrovsk, 2015.

The thesis is devoted to solving the scientific problem of the improvement of the technology and technical devices of multi-group trains making-up for the effectiveness increase of local car flows processing at the stations.

Developed method of finding the rational scheme and method of multi-group trains making-up at the real station ensures the minimization of multi-group trains making-up shunting volume, reduces duration of its operations and shunting locomotives energy consumptions.

The research and optimization of proposed construction of the specialized sorting device for multi-group trains making-up, which consists of the double-sides low power hump and two grouping parks were done. For the purpose of the sorting device efficient utilization the specialized multi-group trains making-up technology was developed.

Work scientific results and developed models and methods can be used to create station automated control system of multi-group trains making-up.

Keywords: train making-up, multi-group train, making-up method, making-up scheme, making-up process simulation, breaking-up process simulation, auxiliary sorting device, hump profile optimization.

СКОВРОН ІГОР ЯРОСЛАВОВИЧ

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ
ФОРМУВАННЯ БАГАТОГРУПНИХ СОСТАВІВ**

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом автора

Підписано до друку 17.09.2015 р.
Формат 60x84 1/16. Ум. др. арк. 0,9. Обл.-вид. л.1,0.

Тираж 100 прим. Замовлення № _____.

Дніпропетровський національний університет
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Свідоцтво суб'єкта видавничої діяльності ДК №1315 від 31.03.03

Адреса видавця і дільниці оперативної поліграфії:
вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, 49010.