

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ ІМЕНІ
АКАДЕМІКА В. ЛАЗАРЯНА

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБКИ
ТРАНЗИТНИХ ВАГОНОПОТОКІВ НА ТЕХНІЧНИХ
СТАНЦІЯХ
МОНОГРАФІЯ

Дніпро
2017

УДК 656.222.3

Б 24

Видавництво ПФ «Стандарт - Сервіс»

Дніпро, 2017

ISBN 978-617-7382-10-1

Рекомендовано до друку рішенням вченої ради
Дніпропетровського національного університету
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна
(протокол № 11 від 15 червня 2017 року)

Рецензенти:

*д-р техн. наук, проф. Є. С. Альошинський, (Український державний університет
залізничного транспорту)*

д-р техн. наук, проф. І. О. Таран, (Національний гірничий університет)

Б 24 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБКИ ТРАНЗИТНИХ ВАГОНОПОТОКІВ НА ТЕХНІЧНИХ СТАНЦІЯХ. Монографія [Текст] / О. О. Бардась, О. О. Мазуренко, А. В. Кудряшов; Дніпропетр. нац. ун-т зал. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпро, Вид-во ПФ «Стандарт - Сервіс», 2017. – 152 с.–ISBN 978-617-7382-10-1

УДК 656.222.3

Монографія присвячена питанням підвищення ефективності поїздоутворення на технічних станціях шляхом вибору черговості розпуску составів та оперативного формування двогрупних поїздів. Для вчених, інженерів, аспірантів, студентів вищих навчальних закладів залізничного транспорту.

Іл. 48, Табл. 19, Бібліограф. 180 найм.

©О.О. Бардась, О.О. Мазуренко,
А.В. Кудряшов, 2017

©Дніпропетровський національний
університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна, 2017

©Видавництво ПФ «Стандарт - Сервіс», 2017

ISBN 978-617-7382-10-1

ЗМІСТ

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ	6
ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1 РОЗВИТОК МЕТОДІВ І ТЕХНОЛОГІЇ ПЛАНУВАННЯ ПОЇЗДОУТВОРЕННЯ	9
1.1. Розвиток теорії та практики планування поїздоутворення на сортувальних станціях	9
1.2. Розвиток теорії та практики оперативного керування залізничними перевезеннями за кордоном	24
1.3. Перспективні напрямки розвитку методів планування поїздоутворення на основі даних АСК ВП УЗ	28
РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ ПРОЦЕСІВ ПОЇЗДОУТВОРЕННЯ І ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПЛАНУВАННЯ ПОЇЗДОУТВОРЕННЯ	31
2.1. Завдання аналізу процесів поїздоутворення на сортувальних станціях	31
2.2. Загальна характеристика об'єкту дослідження.....	33
2.3. Вибір методу прогнозування руху поїздів та дослідження стохастичних характеристик прогнозу прибуття.....	34
2.3.1. Дослідження зв'язків тривалості руху поїздів по ділянкам та умов руху	34
2.3.2. Методика складання прогнозу прибуття поїздів	45
2.3.3. Визначення очікуваної точності прогнозу прибуття поїздів на станцію	53
2.4. Дослідження процесів поїздоутворення на сортувальній станції за допомогою імітаційного моделювання.....	56
2.4.1. Модель фізичних процесів	57
2.4.2. Інформаційна модель роботи станції	60
2.4.3. Модель процесів передачі інформації	60
2.4.4. Модель системи керування черговою розпуску.....	62
2.4.5. Використання методів зниження дисперсії.....	62
2.4.6. Метод загальних випадкових чисел	64
2.4.7. Перевірка адекватності імітаційної моделі сортувальної станції	65
2.5. Дослідження простою составів із замикаючими групами в парку приймання	66
2.6. Дослідження зв'язків параметрів поїздопотоків та черговості розпуску составів	69

2.7. Постановка задачі вибору черговості розпуску составів для транспортної мережі	75
РОЗДІЛ 3 УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ПЛАНУВАННЯ ПОЇЗДОУТВОРЕННЯ НА ОСНОВІ ВИБОРУ ЧЕРГОВОСТІ РОЗПУСКУ СОСТАВІВ	77
3.1. Особливості моделі вибору черговості розпуску составів для транспортної мережі	77
3.2. Удосконалення методів вибору черговості розпуску з використанням двоетапної задачі стохастичного програмування	78
3.3. Дворівнева модель вибору черговості розпуску составів	85
3.4. Удосконалення технології перебору варіантів черговості розпуску за допомогою визначення ідеальної послідовності розпуску	87
3.4.1. Використання критеріїв ІПР в двоетапній моделі вибору черговості розпуску составів.....	91
РОЗДІЛ 4 ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПЛАНУВАННЯ ПОЇЗДОУТВОРЕННЯ	92
4.1. Оцінка ефективності автоматизації методики планування поїздуотворення.....	92
4.2. Модель вибору черговості розпуску составів в умовах диференціації вагонопотоків за вартістю простою.....	94
РОЗДІЛ 5 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОБМІНУ ГРУП ВАГОНІВ У ДВОГРУПНИХ ПОЇЗДАХ НА ТЕХНІЧНИХ СТАНЦІЯХ	98
5.1 Методика визначення ефективності застосування окремого варіанту обслуговування двогрупного поїзда.....	99
5.2 Визначення економії вагоно-годин накопичення вагонів при виконанні обміну груп у двогрупному поїзді	101
5.3 Визначення раціональної величини ядра та причіпної групи вагонів двогрупного поїзда.....	109
5.4 Визначення раціональної технології обміну груп вагонів у двогрупному поїзді	110

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК	121
ДОДАТОК А ПОШУК ЗАЛЕЖНОСТЕЙ ТРИВАЛОСТІ РУХУ ВАНТАЖНОГО ПОЇЗДА ПО ДІЛЯНКАМ ВІД МАСИ СОСТАВУ ПОЇЗДА ТА ПЕРЕВІРКА АДЕКВАТНОСТІ ОТРИМАНИХ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ	136
ДОДАТОК Б ВИЗНАЧЕННЯ ВІДНОСНОЇ ТОЧНОСТІ ПРОГНОЗУ ПРИБУТТЯ ПОЇЗДІВ	140
ДОДАТОК В ВІДОБРАЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ РОБОТИ СТАНЦІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ ТЕОРІЇ СКІНЧЕННИХ АВТОМАТІВ	142
ДОДАТОК Г ПЕРЕВІРКА АДЕКВАТНОСТІ ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ СОРТУВАЛЬНОЇ СТАНЦІЇ НИЖНЬОДНІПРОВСЬК-ВУЗОЛ	147

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

FI-FO	– first in – first out (стратегія вибору черговості обробки об'єктів у порядку їх надходження до системи)
АСК ВП УЗ	– автоматизована система керування вантажними перевезеннями Укрзалізниці
АСК ВП УЗ-Є	– автоматизована система керування вантажними перевезеннями Укрзалізниці – єдина
ВЧРС	– вибір черговості розпуску составів
ДСП	– черговий по станції
ДСПГ	– черговий по сортувальній гірці
ДСПП	– черговий по парку
ДСЦ	– маневровий диспетчер
ДСЦС	– станційний диспетчер
ІМ	– інформаційна модель
ІПР	– ідеальна послідовність розпуску
МВРП	– механізований вагоноремонтний пункт
МЗД	– методи зниження дисперсії
МППІ	– модель процесів передачі інформації
МСКЧР	– модель системи керування черговістю розпуску
МФП	– модель фізичних процесів
ПТО	– пункт технічного обслуговування
СЕМП	– ситуаційно-евристичний метод прогнозування
СМО	– система масового обслуговування
СТЦ	– станційний технологічний центр

ВСТУП

Управління процесами поїздоутворення являється одним із основних завдань оперативного керування, що вирішуються на сортувальних станціях. Якість управління поїздоутворенням в значній мірі визначається оперативним плануванням, яке залежить від значної кількості показників, що враховуються. З розвитком автоматизованих систем керування залізничним транспортом України в цілому зростають можливості щодо розширення інформаційної бази процесів планування поїздоутворення. В цих умовах збільшується значення завдань, що дають можливість скорочення експлуатаційних витрат, пов'язаних із обробкою транзитних вагонопотоків як на окремих технічних станціях, так і на мережі технічних станцій. До таких завдань відносяться різноманітні засоби впливу на процеси поїздоутворення, серед яких слід виділити вибір черговості розпуску составів та оперативне визначення технології обміну груп вагонів у двогрупному поїзді.

Дана робота виконана у відповідності з пріоритетними напрямками розвитку, що визначені у Стратегії розвитку залізничного транспорту до 2020 року [1].

Вибір черговості розпуску составів на сортувальних станціях, як засіб впливу на процес поїздоутворення, є складною оптимізаційною задачею, яка на даний час не отримала свого остаточного вирішення. Відомі моделі вибору черговості розпуску розглядають сортувальну станцію окремо від залізничної мережі та не враховують багатоетапну процедуру переробки вагонопотоків на станціях. У зв'язку з цим тема дисертаційної роботи, що присвячена підвищенню ефективності поїздоутворення за рахунок оптимізації черговості розпуску составів є актуальною.

Наукові та прикладні результати даної роботи щодо підвищення ефективності процесів планування поїздоутворення отримані на основі інформаційного, математичного та імітаційного моделювання, теорії оптимізації, а саме: методи теорії ймовірностей, математичної статистики, регресійного аналізу, RS-аналізу часових рядів, багатомірної лінійної екстраполяції та методи ситуативно-евристичного прогнозування були використанні для аналізу закономірностей процесу пропуску поїздів залізничними ділянками, а також для розробки інформаційного забезпечення задачі вибору черговості розпуску составів; методи імітаційного моделювання, теорія скінченних автоматів, теорія масового обслуговування, методи комбінаторної оптимізації були використані для дослідження закономірностей процесів поїздоутворення на сортувальних станціях та оцінки ефективності запропонованих методик вибору черговості розпуску составів; методи двоетапного стохастичного програмування, декомпозиції комбінаторних задач, оптимізації по критеріям, що застосовуються послідовно, були використані для формування моделі вибору черговості розпуску составів.

У даній роботі вирішено нове завдання щодо планування поїздоутворення на сортувальних станціях залізничної мережі. Сформульовано завдання і розроблені математичні моделі вибору черговості розпуску составів для мережі сортувальних станцій. Сформовано новий критерій ефективності черговості розпуску составів на основі показника якості структури поїздів свого формування. Він дозволяє зменшити експлуатаційні витрати на послідовності технічних станцій. Сформульовано завдання вибору черговості розпуску составів у стохастичній постановці та запропоновано метод її вирішення на основі двоетапної моделі стохастичного програмування, що дозволяє врахувати стохастичну природу прогнозу прибуття поїздів на сортувальну станцію та зменшити обсяги розрахунків, пов'язаних із аналізом варіантів черговості розпуску. Удосконалено метод аналізу варіантів черговості розпуску составів за рахунок введення та використання критерію ідеальної послідовності розпуску, що дозволяє зменшити обсяги розрахунків, пов'язаних із вибором варіантів черговості розпуску.

Наукові результати, моделі та методи із підвищення ефективності поїздоутворення на мережі сортувальних станцій, отримані в даній роботі, можуть бути використані при розробці автоматизованої системи підтримки прийняття рішень оперативного персоналу сортувальних станцій. Розроблене математичне та програмне забезпечення може бути використане для складання прогнозу прибуття поїздів на сортувальні станції та видачі рекомендацій щодо раціональної черговості розпуску составів.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Стратегія розвитку залізничного транспорту на період до 2020 року. Схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 16 грудня 2009 р. № 155-р.
2. Фролов, А. Н. Общие соображения о простое вагонов на сортировочных станциях [Текст] / А. Н. Фролов // XX Совещательный съезд инженеров службы пути русских железных дорог 1902 г. Протоколы заседаний и труды. – 1903. – С. 157-165.
3. Васильев, И. И. Графики и расчеты по организации железнодорожных перевозок [Текст] / И. И. Васильев. – М.: Трансжелдориздат, 1941. – 321 с.
4. Бернгард, К. А. Групповые поезда: труды ЦНИИ МПС [Текст] / К. А. Бернгард. – М.: Трансжелдориздат, 1953. – Вып. 76. – 167 с.
5. Бернгард, К. А. Сборник примеров по маневровой работе [Текст] / К. А. Бернгард. – М.: Трансжелдориздат, 1941. – 140 с.
6. Соколов, П. С. Организованный подвод групп вагонов к сортировочным станциям [Текст]: дис. на соискание ученой степени к.т.н. / П. С. Соколов. – МИИТ, 1949. – 172 с.
7. Петров, А. П. Исследование времени накопления вагонов при формировании поездов на технических станциях [Текст] / А. П. Петров // Вопросы эксплуатации железных дорог: труды Москов. ин-т. инж. тр-та. – 1949. – Вып. 72. – С. 19-51.
8. Петров, А. П. План формирования поездов [Текст] / А. П. Петров. – М.: Трансжелдориздат, 1950. – 483 с.
9. Сотников, Е. А. Определение простоя вагонов под накоплением [Текст] / Е. А. Сотников // Вопросы эксплуатации железных дорог: труды Ленинград. ин-т. инж. жел.-дор. тр-та. – 1962. – Вып. 189. – С. 114-139.
10. Акулиничев, В. М. Организация вагонопотоков и маршрутизация перевозок [Текст] / В. М. Акулиничев, О. С. Кирьянова, Н. Е. Боровой. – М.: Транспорт, 1970. – 320 с.
11. Балокин, Г. А. Исследование задержек вагонов под накоплением при допуске отклонения веса грузовых поездов от установленной нормы [Текст] / Г. А. Балокин, А. В. Дмитренко // Труды Новосибирского ин-т. инж. жел.-дор. тр-та. – 1971. – Вып. 131. – С. 19-36.
12. Платонов, А. И. Метод сокращения простоя вагонов под накоплением [Текст] / А. И. Платонов. – Л.: ДорНИТО Окт. ж.д., 1946. – 23 с.
13. Платонов, А. И. Организация работы сортировочных станций [Текст] / А. И. Платонов. – М.: Трансжелдориздат, 1941. – 160 с.

14. Платонов, А. И. Взаимодействие процессов на сортировочных станциях [Текст] / А. И. Платонов. – М.: Трансжелдориздат, 1955. – 105 с.
15. Бернгард, К. А. Техническая маршрутизация железнодорожных перевозок: труды ЦНИИ МПС [Текст] / К. А. Бернгард. – М.: Трансжелдориздат, 1956. – Вып. 119. – 243 с.
16. Тихомиров, И. Г. Основы технологии работы участковых и сортировочных станций [Текст] / И. Г. Тихомиров. – М.: Трансжелдориздат, 1958. – 184 с.
17. Тихомиров, И. Г. Основы технологического процесса работы сортировочных станций [Текст] / И. Г. Тихомиров. – М.: Трансжелдориздат, 1952. – 216 с.
18. Плугач, Б. А. Передовые методы расформирования и формирования поездов [Текст] / под ред. Б. А. Плугача. – М.: Трансжелдориздат, 1954. – 110 с.
19. Грунтов, П. С. Ускорение процесса накопления вагонов на сортировочных станциях при неравномерном поступлении поездов в расформирование [Текст] / П. С. Грунтов // Труды Белор. ин-т. инж. жел.-дор. тр-та. – 1966. – Вып. 44-бд. – С. 24-30.
20. Ряшко, Б. В. Совершенствование эксплуатационной работы. (Опыт Пермского отделения) [Текст] / Б. В. Ряшко, Г. Г. Трегубов, И. В. Харланович. – М.: Транспорт, 1971. – 96 с.
21. Скумбин, М. К. Научная организация труда у пермских железнодорожников [Текст] / М. К. Скумбин. – Пермь: Пермское книжное издательство, 1969. – 148 с.
21. Иловайский, Н. Д. Расчеты плана отправления поездов с сортировочной станции на ЭЦВМ [Текст]: В кн. Совершенствование методов эксплуатационной работы железных дорог / Н. Д. Иловайский. – Свердловск, 1964. – 241 с.
22. Иловайский, Н. Д. О выборе оптимального решения работы сортировочной станции [Текст] / Н. Д. Иловайский // Вестник ЦНИИ МПС. – 1963. – № 2. – С. 4-7.
23. Бернгард, К. А. Автоматизация текущего планирования поездной работы в крупных узлах [Текст] / К. А. Бернгард, М. А. Бикчентай // Вестник ЦНИИ МПС. – 1961. – № 7. – С. 63-67.
24. Иловайский, Н. Д. Алгоритмизация управления производственным процессом на сортировочных станциях [Текст] / Н. Д. Иловайский // Труды ЦНИИ МПС. – 1963. – Вып. 258. – 94 с.
25. Иловайский, Н. Д. Расчет поездообразования на сортировочных станциях с обеспечением минимального простоя вагонов [Текст]: в кн. Управле-

ние перевозочным процессом с применением электронных машин / под ред. проф. Л. П. Петрова. – М.: Трансжелдориздат, – 1963. – С. 137-152.

26. Грунтов, П. С. Алгоритм поездобразования на односторонней сортировочной станции [Текст] / П. С. Грунтов, И. В. Харланович // Вопросы эксплуатации железных дорог: труды Белор. ин-т. инж. жел.-дор. тр-та. – 1968. – Вып. 68. – С. 73-87.

27. Арис, Р. Дискретное динамическое программирование [Текст] / Р. Арис. – М.: Мир, 1969. – 171 с.

28. Иловайский, Н. Д. Методика планирования поездобразования на сортировочных станциях [Текст] / Н. Д. Иловайский // В сб. Совершенствование методов эксплуатации железных дорог. – Свердловск. – 1965. – С. 151-175.

29. Иловайский, Н. Д. Структура и опыт эксплуатации автоматизированной системы текущего планирования работы сортировочных станций [Текст] / Н. Д. Иловайский, А. И. Кириченко, И. П. Никулин // Вычислительная техника (ЦНИИТЭИ МПС). – 1972. – Вып. 5(19). – С. 1-32.

30. Горянский, В. М. Оперативное планирование работы сортировочной станции [Текст] / В. М. Горянский, Ш. Н. Норматов // Труды Ташкент. ин-т. инж. жел.-дор. тр-та. – 1972. – Вып. 89. – С. 50-55.

31. Грунтов, П. С. Исследование технологии сортировочных станций методом сетевого моделирования [Текст] / П. С. Грунтов, Ф. П. Пищик // Труды Белор. ин-т. инж. жел.-дор. тр-та. – 1970. – Вып. 78. – С. 162-75.

32. Конарев, Н. С. Сетевое планирование и управление поездобразованием [Текст] / Н. С. Конарев, А. И. Шутов, Н. Д. Иловайский // Железнодорожный транспорт. – 1967. – № 8. – С. 43-46.

33. Иловайский, Н. Д. Управление поездобразованием по сетевому графику [Текст] / Н. Д. Иловайский // Вопросы эксплуатации железных дорог: труды Харьк. ин-т. инж. жел.-дор. тр-та имени С. М. Кирова. – 1970. – Вып. 114. – С. 15-24.

34. Иловайский, Н. Д. Опыт использования ЭВМ и математических методов в оперативном управлении грузовыми перевозками на юго-западной дороге [Текст] / Н. Д. Иловайский и др. // Труды Моск. ин-т инж. тр-та. – 1973. – Вып. 449. – С. 13-16.

35. Годович, Ю. И. Научная эксплуатация работы железных дорог [Текст] / под ред. Ю. И. Годовича. – М.: Транспорт, 1976. – 208 с.

36. Москалев, П. И. Методика оптимизации технологии работы сортировочной станции [Текст] / П. И. Москалев, П. Р. Потапов // Труды Новосибирского ин-т. инж. жел.-дор. тр-та. – 1971. – Вып. 131. – С. 50-62.

37. Тиличенко, А. Г. Оперативное планирование эксплуатационной работы с применением вычислительной техники [Текст] / Под ред. А. Г. Тиличенко // Труды Хабар. ин-т. инж. жел.-дор. тр-та. – 1965. – Вып. 20. – С. 5-14.

38. Попсуев, А. В. Основы расчета плана формирования поездов с учетом стоимости перевозимых грузов [Текст] / А. В. Попсуев // Труды Хабар. ин-т инж. жел.-дор. тр-та. – 1961. – Вып. 12. – С. 12-19.

39. Тиличенко, А. Г. Оптимальное управление очередностью технологических операций при оперативном планировании эксплуатационной работы [Текст] / А. Г. Тиличенко, В. С. Рицнер // Вопросы эксплуатации железнодорожного транспорта: труды Новосибирского ин-т. инж. жел.-дор. тр-та. – 1979. – Вып. 203/16. – С. 3-15.

40. Конвей, Р. В. Теория расписаний [Текст] / Р. В. Конвей, В. Л. Максвелл, Л. В. Миллер. Пер. с англ. В. А. Кокотушкина и Д. Г. Михалева. Под ред. Г. П. Башарина. – М.: Наука, 1975. – 360 с.

41. Smith, M. L. Flowshop sequencing problem with order processing time matrices [Текст] / Smith M. L., Panwalker S. S., Dulek R. A. – Manag. Sci. – 1975. – № 21. – P. 549-554.

42. Тиличенко, А. Г. Задача о сортировке [Текст] / А. Г. Тиличенко, В. С. Рицнер – В кн.: Исследование работы клееных деревянных конструкций, 1975. – С. 179-185.

43. Шкурба, В. В. Задача трех станков [Текст] / В. В. Шкурба. – М.: Наука, 1976. – 96 с.

44. Скоробогатько, В. В. К вопросу о комплексном применении методов станционной регулировки [Текст] / В. В. Скоробогатько // Труды Белор. ин-т. инж. жел.-дор. тр-та. – 1968. – Вып. 68. – С. 126-131.

45. Буянов, В. А. Автоматизированные информационные системы на железнодорожном транспорте [Текст] / В. А. Буянов, Г. С. Ратин. – М.: Транспорт, 1984. – 240 с.

46. Крюков, Н. Д. Совершенствование оперативного планирования в современных условиях [Текст] / Н. Д. Крюков // Автоматизация управления и совершенствование эксплуатационной работы железных дорог: труды Урал. эл.-мех. ин-т. инж. жел.-дор. тр-та. – 1969. – Вып. 13. – С. 54-59.

47. Харланович, И. В. Основные требования к созданию системы оптимального планирования перевозками и роль в этом вычислительных центров на дорогах [Текст] / И. В. Харланович // Автоматизация управления и совершенствование эксплуатационной работы железных дорог: труды Урал. эл.-мех. ин-т. инж. жел.-дор. тр-та. – 1969. – Вып. 13. – С. 7-11.

48. Тулупов, Л. П. Оперативное планирование эксплуатационной работы: труды ВНИИЖТа [Текст] / под ред. Л. П. Тулупова. – М.: Транспорт, 1977. – Вып. 571. – 207 с.
49. Тулупов, Л. П. Многофакторное оперативное нормирование времени выполнения технологических процессов [Текст] / Л. П. Тулупов, Ян Юйлиан // Вестник ВНИИЖТа. – 1997. – № 5. – С. 20-24.
50. Тулупов, Л. П. Многофакторное оперативное нормирование дифференцированных перегонных времен хода грузовых поездов [Текст] / Л. П. Тулупов, А. В. Харитонов // Вестник Всероссийск. науч.-исслед. ин-т. жел.-дор. тр-та. – 1999. – № 1. – С. 37-41.
51. Тулупов, Л. П. Применение ситуационно-эвристических методов в оперативном планировании поездной и грузовой работы [Текст] / Л. П. Тулупов // Железнодорожный транспорт. – 2006. – № 3. – С. 71-74.
52. Тулупов, Л. П. Оптимизация управления перевозками на линейном уровне [Текст] / Л. П. Тулупов // Железнодорожный транспорт. – 2002. – № 6. – С. 34-36.
53. Тулупов, Л. П. Текущее планирование поездной работы технических станций [Текст] / Л. П. Тулупов, Ян Юйлиан // Железнодорожный транспорт. – 1997. – № 6. – С. 28-31.
54. Тулупов, Л. П. Автоматизированные системы управления перевозочными процессами на железных дорогах [Текст] / Л. П. Тулупов, Е. М. Жуковский, А. М. Гусятинер. – М.: Транспорт, 1991. – 208 с.
55. Бодюл, В. И. Прогнозирование поездного положения на двухпутных линиях в реальном времени [Текст] / В. И. Бодюл, А. М. Лизунов // Вестник Всероссийск. науч.-исслед. ин-т. жел.-дор. тр-та. – 1993. – № 7. – С. 22-26.
56. Лизунов, А. И. Прогнозирование поездных ситуаций [Текст] / А. И. Лизунов // Железнодорожный транспорт. – 2000. – № 7. – С. 12-16.
57. Стуров, С. В. Подготовка станции к внедрению АСУСС второй очереди [Текст] / С. В. Стуров // Железнодорожный транспорт. – 2004. – № 5. – С. 51-52.
58. Тищенко, С. А. Оперативное планирование пропуска поездов по диспетчерским участкам [Текст] / С. А. Тищенко // Вестник Всероссийск. науч.-исслед. ин-т. жел.-дор. тр-та. – 2001. – № 5. – С. 40-43.
59. Нейман, Дж. Фон. Теория самовоспроизводящихся автоматов [Текст] / Дж. Фон Нейман. – М.: Мир, 1971. – 430 с.
60. Рио, Б. дел Информационно-планирующая система железнодорожных узлов [Текст] / Б. дел Рио. – М.: Транспорт, 1972. – 208 с.

61. Рио, Б. дел. Автоматизация диспетчерского управления (применительно к железнодорожному транспорту) [Текст] / Б. дел Рио. – К.: Научная мысль, 1965. – 172 с.
62. Пархоменко, Н. В. Случайный поиск и эвристическое программирование в планировании работы сортировочной станции [Текст] / Н. В. Пархоменко // Вестник ЦНИИ МПС. – 1967. – № 8. – С. 51-54.
63. Сотников, Е. А. Закономерности составаобразования на сортировочных станциях [Текст] / Е. А. Сотников // Вестник Всероссийск. науч.-исслед. ин-т. жел.-дор. тр-та. – 1968. – № 6. – С. 27-29.
64. Иванков, Н. М. Исследование процесса накопления составов с помощью ЭЦВМ [Текст] / Н. М. Иванков // Вопросы механизации и автоматизации сортировочного процесса на станциях: труды Днепропетр. ин-т. инж. тр-та. – 1969. – Вып. 90/6. – С. 90-96.
65. Быкадоров, А. В. Исследование процесса поездообразования в сортировочном парке [Текст] / А. В. Быкадоров, А. М. Макуха, П. Р. Потапов // Труды Новосибирского ин-т. инж. жел.-дор. тр-та. – 1971. – Вып. 131. – С. 3-18.
66. Быкадоров, А. В. Исследование процессов в сортировочном парке [Текст] / А. В. Быкадоров, П. Р. Потапов // Труды Новосибирского ин-т. инж. жел.-дор. тр-та. – 1974. – Вып. 158. С. 27-49.
67. Бодюл, В. И. Исследование времени накопления состава [Текст] / В. И. Бодюл // Оптимальная эксплуатация железных дорог: труды Моск. ин-т. инж. тр-та. – 1973. – Вып. 420. – С. 82-93.
68. Гнеденко, Б. В. Математические методы в теории надежности [Текст] / Б. В. Гнеденко, Ю. К. Беляев, А. Д. Соловьев. – М.: Наука, 1965. – 524 с.
69. Кокс, Д. Теория восстановления [Текст] / Д. Кокс, В. Смит. – М.: Советское радио, 1967. – 300 с.
70. Федотов, Н. И. Путьевое развитие сортировочных парков [Текст] / Н. И. Федотов // Труды Новосибирского ин-т. инж. жел.-дор. тр-та. – 1967. – Вып. 65. – С. 3-18.
71. Бодюл, В. И. Исследование некоторых вопросов взаимодействия элементов сортировочного комплекса станций [Текст] / В. И. Бодюл // Труды Моск. ин-т. инж. тр-та. – 1971. – Вып. 362, – С. 95-99.
72. Тихомиров, И. Г. Технология работы участковых и сортировочных станций [Текст] / И. Г. Тихомиров, П. С. Грунтов и др. – М.: Транспорт, 1973. – 272 с.
73. Лебедева, Т. Н. Расчет времени нахождения вагонов на сортировочных и участковых станциях: труды ЦНИИ МПС [Текст] / под ред. Т. Н. Лебедевой // М.: Транспорт, 1973. – Вып. 481. – 184 с.

74. Брайко, О. В. Методика расчета времени окончания накопления составов [Текст]. / О. В. Брайко, А. А. Скопин, Н. Г. Семиренко // Труды Ростов.ин-т. инж. жел.-дор. тр-та. – 1984. – Вып. 177. – С. 29-34.

75. Аветикян, М. А. Эффективность интенсификации формирования сквозных поездов с использованием двух путей накопления на сортировочных станциях [Текст] / М. А. Аветикян // Совершенствование технологии перевозок и увеличение пропускной способности железных дорог: межвуз. сб. науч. труд. Моск. ин-т. инж. тр-та. – 1983. – Вып. 736. – С. 19-21.

76. Окунь, А. Г. Организация вагонопотоков в поезда, расформируемые в режиме параллельного роспуска [Текст] / А. Г. Окунь // Совершенствование технологии перевозок и увеличение пропускной способности железных дорог: межвуз. сб. науч. труд. Моск. ин-т. инж. тр-та. – 1983. – Вып. 736. – С. 23-25.

77. Сотников, Е. А. Специализация сортировочных путей при параллельном роспуске составов [Текст] / Е. А. Сотников, Е. Г. Атаманенко // Железнодорожный транспорт. - 1981. - № 3. - С. 15-17.

78. Вардосанидзе, Л. Г. Поточная переработка вагонов на горках [Текст] / Л. Г. Вардосанидзе, А. В. Абуладзе // Железнодорожный транспорт. – 1979. – № 2. – С. 11-14.

79. Лерман, В. Д. Совершенствование оперативного управления работой сортировочных станций [Текст] / В. Д. Лерман. – М.: Транспорт, 1982. – 40 с.

80. Волков, В. А. Совершенствование эксплуатации железных дорог [Текст] / В. А. Волков, Д. Ю. Левин, В. Д. Лерман. – М.: Транспорт, 1984. – 208 с.

81. Гершвальд, А. С. Оптимизация оперативного управления процессом грузовых перевозок на железнодорожном транспорте [Текст] / А. С. Гершвальд. – М.: Интекст, 2001. – 240 с.

82. Гершвальд, А. С. Автоматизация функций станционного диспетчера [Текст] / А. С. Гершвальд // Интенсификация перевозок грузов на железнодорожном транспорте: сб. науч. тр. Всесоюз. науч.-исслед. ин-т. жел.-дор. тр-та. – 1989. – С. 77-88.

83. Гершвальд, А. С. Диспетчерское управление перевозками в условиях рынка [Текст] / А. С. Гершвальд // Железнодорожный транспорт. – 2004. – № 2. – С. 70-72.

84. Гершвальд, А. С. Алгоритм оптимального порейсового планирования поездных и маневровых маршрутов в парках станции [Текст] / А. С. Гершвальд, А. Г. Спокойный, О. В. Закопаева // Вопросы совершенствования управления эксплуатационной работой на железнодорожном транс-

порте: межвуз. сб. науч. труд. Моск. ин-т. инж. тр-та. – 1985. – Вып. 770. – С. 70-71.

85. Гершвальд, А. С. Автоматизация управления сортировочной работой станции [Текст] / А. С. Гершвальд // Приборы и системы управления. – 1986. – № 12. – С. 6-7.

86. Юйлиан, Ян. Автоматизированное текущее планирование поездной работы на технических станциях [Текст]: дис. на соискание ученой степени к.т.н. / Ян Юйлиан. – М.: МИИТ, 1999. – 132 с.

87. Левин, Д. Ю. Как повысить эффективность работы дорожных диспетчеров [Текст] / Д. Ю. Левин // Железнодорожный транспорт. – 2006. – № 10. – С. 12-16.

88. Левин, Д. Ю. Как повысить эффективность работы поездного диспетчера [Текст] / Д. Ю. Левин // Железнодорожный транспорт. – 2007. – № 11. – С. 8-13.

89. Левин, Д. Ю. Современные принципы и технология оперативного управления поездной работой [Текст] / Д. Ю. Левин // Железнодорожный транспорт. – 2004. – № 4. – С. 27-33.

90. Левин, Д. Ю. Технология управляющего режима работы диспетчерских центров [Текст] / Д. Ю. Левин // Вестник Всероссийск. науч.-исслед. ин-т. жел.-дор. тр-та. – 2004. – № 5. – С. 22-32.

91. Левин, Д. Ю. Оперативная организация вагонопотоков [Текст] / Д. Ю. Левин // Железнодорожный транспорт. – 2009. – № 2. – С. 12-17.

92. Левин, Д. Ю. Составообразование. Метод планирования и управления [Текст] / Д. Ю. Левин, В. Л. Павлов // Железнодорожный транспорт. – 2001. – № 3. – С. 53-55.

93. Харитонов, А. В. Планирование поездообразования на полигоне [Текст] / А. В. Харитонов // Железнодорожный транспорт. – 2000. – № 7. – С. 17-22.

94. Бородин, А. Ф. "Полигон" - новая автоматизированная система текущего планирования [Текст] / А. Ф. Бородин, А. В. Харитонов, Е. В. Прилепин // Железнодорожный транспорт. – 2002. – № 4. – С. 10-16.

95. Харитонов, А. В. Методы оперативного управления вагонопотоками на полигоне дороги [Текст]: дис. на соискание ученой степени к.т.н. / А. В. Харитонов. – М.: ВНИИАС МПС, – 2005. – 227 с.

96. Борознов, В. О. Построение модели для задачи о порядке роспуска составов на сортировочной железнодорожной станции [Текст] / В. О. Борознов // Вестник Астрахан. гос. техн. ун-та. – 2007. – № 6. – С. 178-182.

97. Борознов, В. О. Некоторые аспекты формирования поездов при решении задачи по определению порядка роспуска составов на сортировочной

железнодорожной станции / В. О. Борознов, Г. А. Попов // Вестник Астрахан. гос. техн. ун-та. Серия: управление, вычислительная техника и информатика. – 2009. – № 2. – С. 13-21.

98. Борознов, В. О. Оценка эффективности метода решения задачи «Определение порядка роспуска составов на сортировочной железнодорожной станции» [Текст] / В. О. Борознов // Вестник Астрахан. гос. техн. ун-та. Серия: управление, вычислительная техника и информатика. – 2009. – № 2. – С. 147-151.

99. Курейчик, В. М. Применение генетических алгоритмов для решения комбинаторно-логических задач оптимизации [Текст] / В. М. Курейчик // Интеллектуальные САПР: Междуведом. темат. науч. сб. – 1995. – Вып. 5. – С. 132-133.

100. Борознов, В. О. Оценка эффективности метода решения задачи «по определению порядка роспуска составов на сортировочной железнодорожной станции» / В. О. Борознов // Вестник Астрахан. гос. техн. ун-та. – 2009. – № 1. – С. 82-87.

101. Борознов, В. О. Некоторые аспекты формирования поездов при решении задачи по определению порядка роспуска составов на сортировочной железнодорожной станции [Текст] / В. О. Борознов // Журнал научных публикаций аспирантов и докторантов. – 2008. – № 4. – С. 194-196.

102. Гершвальд, А. С. Оптимальное управление процессами работы базовой станции опорного центра [Текст] / А. С. Гершвальд // Железные дороги мира. – 2002. – № 6. – С. 28-33.

103. Александров, А. Э. Автоматизированная система прогнозирования поездообразования на сортировочной станции [Текст] / А. Э. Александров, В. Ю. Пермикин, С. С. Шавзис // Информационные технологии на железнодорожном транспорте: Междунар. конф. ИНФОТРАНС-2001. – 2001. – С. 5-6.

104. Александров, А. Э. Автоматизированная система планирования поездообразования на сортировочной станции [Текст] / А. Э. Александров и др. // Труды ВНИИУП МПС России. – 2002. – Вып. 1. – С. 109-118.

105. Шавзис, С. С. Планирование поездообразования: новые подходы и решения [Текст] / С. С. Шавзис // Железнодорожный транспорт. – 2003. – № 5. – С. 43-47.

106. Шавзис, С. С. Автоматизация расчета поездообразования на сортировочных станциях [Текст]: дис. на соискание ученой степени к.т.н. / С. С. Шавзис. – Екатеринбург: УрГУПС МПС РФ, 2003. – 157 с.

107. Козлов, П. А. Гибкая технология как способ интенсификации работы железнодорожного транспорта [Текст] / П. А. Козлов // Гибкая технология

работы железнодорожного транспорта в условиях интенсификации перевозочного процесса: труды Урал. эл.-мех. ин-т. инж. жел.-дор. тр-та. – 1989. – Вып. 81. – С. 4-19.

108. Козлов, П. А. Распределительная динамическая транспортная задача с управляемыми задержками в сетевой постановке [Текст] / П. А. Козлов, С. П. Миловидов // Изв. АН СССР. Техническая кибернетика. – Деп. №1721-В86. – 1986.

109. Миловидов, С. П. Динамическая транспортная задача в сетевой постановке [Текст] / С. П. Миловидов, П. А. Козлов // Изв. АН СССР. Техническая кибернетика. – 1982. – № 1. – С. 211-212.

110. Козлов, П. А. Универсальная имитационная система транспорта ИСТРА [Текст] / П. А. Козлов // Межвуз. сборник Организация работы транспорта промышленных предприятий. – Калинин: Изд-во КГУ. – 1984. – С. 41-53.

111. Козлов, П. А. Моделирование железнодорожных станций с помощью системы ИСТРА: УрГУПС [Текст] / под ред. П. А. Козлова. – Екатеринбург, 2000. – 41 с.

112. Ломотько, Д. В. Метод оцінки та відбору нечіткої інформації при формуванні систем підтримки прийняття рішень у підрозділах залізницях / Д. В. Ломотько // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2007. – №2. – С.3-9.

113. Ломотько, Д. В. Формування нечіткої бази знань та систем підтримки прийняття рішення у підрозділах залізницях / Д. В. Ломотько // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2006. – №2. – С.52-57.

114. Белов, В. В. Управление железнодорожным транспортом на основе автоматической идентификации подвижного состава [Текст] / В. В. Белов, В. А. Буянов // Вестник Всероссийск. науч.-исслед. ин-т. жел.-дор. тр-та. – 2003. – № 1. – С. 3-11.

115. Шапкин, И. Н. Информационные технологии в организации перевозок [Текст] / И. Н. Шапкин // Железные дороги мира. – 2003. – № 4. – С. 5-14.

116. Яновський, П. О. Техніко-економічне обґрунтування стабілізації руху вантажних поїздів / П. О. Яновський // Залізничний транспорт України. – 2001. – №6. – 31-34.

117. Селецький, В. С. Про пристрої обслуговування заявок [Текст] / В. С. Селецький, Я. А. Федак // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2001. – № 5. – С. 31-34.

118. Селецький, В. С. Система обслуговування з пріоритетами [Текст] / В. С. Селецький // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2002. – № 3, – С. 71-72.

119. Луханін, М. І. Нестабільність роботи підсистеми розформування [Текст] / М. І. Луханін, В. С. Селецький // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2000. – № 2. – С. 74-77.
120. Луханін, М. І. Застосування методу декомпозиції для моделювання підсистеми розформування на сортувальній станції Львів [Текст] / М. І. Луханін, В. С. Селецький // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2001. – № 4. – С. 16-19.
121. Луханін, М. І. Удосконалена модель підсистеми розформування поїздів на сортувальній станції [Текст] / М. І. Луханін, В. С. Селецький // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2000. – № 6. – С. 71-74.
122. Кривошей, Б. А. Технологическая модель составообразования местных поездов [Текст] / Б. А. Кривошей, Е. А. Лавриненко // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 1999. – № 2. – С. 62-65.
123. Гейнрих. Учение об эксплуатации железных дорог [Текст] / Гейнрих. – ОГИЗ, Гострансиздат, 1931. – 312 с.
124. Хей, Вильям В. Основы организации транспорта США [Текст] / Вильям В. Хей. – М.: Трансжелдориздат, 1963. – 234 с.
125. G. Potthoff. Neue Anwendungen mathematischer Methoden im Eisenbahnbetrieb – “D. Eisenbahntechnik”. Н. 4, 1962.
126. Лауэр, К. Б. Американские железные дороги и их эксплуатация [Текст] / К. Б. Лауэр. – М.: Трансжелдориздат, 1936. – 167 с.
127. Аксенов, И. Я. Регулирование перевозок на зарубежных железных дорогах [Текст] / И. Я. Аксенов. – М.: Трансжелдориздат, 1958. – 179 с.
128. Израилимский-Марут, Е. С. Организация движения на зарубежных железных дорогах [Текст] / Израилимский-Марут Е. С. – М.: Транспорт, 1964. – 189 с.
129. Петров, А. П. Управление перевозочным процессом с применением электронных цифровых вычислительных машин [Текст] / под ред. А. П. Петрова. – М.: Трансжелдориздат, 1963. – 207 с.
130. Петров, А. П. Системы дистанционной передачи информации в железнодорожные вычислительные центры США [Текст] / А. П. Петров // Железнодорожный транспорт. – 1962. – № 2. – С. 23-34.
131. C 8c NW Has System Wide Car Reporting – «Railway Signalling and Communications». – September. – 1959. – № 2.
132. Planning the C 8c0' s CLic-The Economics of Data Communications – «Railway Signalling Communications». – July. – 1960.
133. Сортировочные станции и эффективность перевозок [Текст] // Железные дороги мира. – 1999. – № 2. – С. 8-12.

134. Бородин, А. Ф. Организация вагонопотоков на железных дорогах Польши [Текст] / А. Ф. Бородин // Железнодорожный транспорт. – 1998. – № 1. – С. 74-77.
135. Бородин, А. Ф. Новая система организации грузового движения на железных дорогах Польши [Текст] / А. Ф. Бородин, Е. Жук // Железнодорожный транспорт. – Сер. Организация движения и пассажирские перевозки: ЭИ/ЦНИИТЭИ. – 1997. – Вып. 4. – С. 27-34.
136. Король, В. А. Эффект современных информационных технологий [Текст] / В. А. Король, В. А. Буянов // Железнодорожный транспорт. – 1996. – № 1. – С. 73-77.
137. Сотников, Е. А. Эксплуатационная работа на железных дорогах мира [Текст] / Е. А. Сотников, И. Н. Шапкин // Железнодорожный транспорт. – 2009. – №1. – С. 72-77.
138. Сотников, Е. А. Эксплуатационная работа на железных дорогах мира [Текст] / Е. А. Сотников, И. Н. Шапкин // Железнодорожный транспорт. – 2009. – №2. – С. 72-77.
139. Модернизация сортировочной станции Антверпен-Северный [Текст] // Железные дороги мира. – 1999. – №2. – С. 5-8.
140. M. Peschel. Rail Engineerig International. – 1998. – № 1. – P. 6-9.
141. K. Kube. Progressive Railroading. – 2002. – № 7. – P. 50-52.
142. Буянов, В. А. Автоматизация оперативного планирования работы станций [Текст] / под ред. В. А. Буянова. – М.: Транспорт, 1971. – 240 с.
143. Журавель, В. В. Точність гальмування, кількість вагонів у відчепі та показники роботи сортувальної гірки [Текст] / В. В. Журавель // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту зал. тр-ту ім. ак. В. Лазаряна. – 2009. – Вип. 28. – С.133-136.
144. Типовий технологічний процес роботи сортувальних станцій [Текст] / – К.: Транспорт України, 1999. – 240 с.
145. Львовский, Е. Н. Статистические методы построения эмпирических формул [Текст]: учеб. пособие / Е. Н. Львовский. – М.: Высш шк., 1982. – 224 с.
146. Бородич, С. А. Эконометрика [Текст] / С. А. Бородич. – Минск.: Новое знание, 2001. – 408 с.
147. Шарапов, О. Д. Економічна кібернетика [Текст] / О. Д. Шарапов, В. Д. Дербенцев, Д. Є. Семьонов. – К.: КНЕУ, 2004. – 231 с.
148. Яновський, П. О. Дослідження впливу факторів на час перебування поїздів на дільницях / П. О. Яновський // Залізничний транспорт України. – 2008. – №3. – 25-29.

149. Кельтон, В. Имитационное моделирование [Текст] / В. Кельтон, А. Лоу. – СПб.: Питер; К.: Издат. группа ВНУ, 2004. – 847 с.
150. Мартин, Ф. Моделирование на вычислительных машинах [Текст] / Ф. Мартин. – М.: Сов. Радио, 1972. – 288 с.
151. Томашевський, В. М. Моделювання систем [Текст] / В. М. Томашевський. – К.: Видавнича група ВНУ, 2005. – 352 с.
152. Технологический процесс работы станции Нижнеднепровск-Узел / – Д., 2010. – 202 с.
153. Гилл, А. Введение в теорию конечных автоматов [Текст] / А. Гилл. – М.: Наука, 1966. – 272 с.
154. Кобзарь, А. И. Прикладная математическая статистика [Текст] / А. И. Кобзарь. – М.: Физматлит, 2006. – 816 с.
155. Пищик, Ф. П. Анализ простоя поездов с замыкающими группами в парке прибытия сортировочных станций [Текст] / Ф. П. Пищик // Труды Белор. ин-т. инж. жел.-дор. тр-та. – 1972. – Вып. 108. – С. 62-66.
156. Методичні вказівки з розрахунку норм часу на маневрові роботи, які виконуються на залізничному транспорті [Текст] Затв.: Наказ Укрзалізниці 25.03.03. № 0-72/ ЦЗ / Мін-во транспорту України. – Київ, – 2003. – 81 с.
157. Бардась, О. О. Аналіз ефективності формування поїздопотоків при автоматизованому управлінні черговістю розпуску [Текст] / О. О. Бардась // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту зал. тр-ту ім. ак. В. Лазаряна. – 2010. – Вип. 35. – С. 35-38.
158. Бардась, О. О. Оцінка залежності ефективності формування від параметрів структури составів [Текст] / О. О. Бардась // Проблеми економіки транспорту. IX Міжнар. науково-практична конф., 22-23 квітня 2010 р.: тези доп. – Д.: Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2010. – С. 24.
159. Бардась, О. О. Розвиток багаторівневої моделі управління поїздоутворенням на основі планування черговості розпуску составів [Текст] / О. О. Бардась // Сучасні інформаційні технології на транспорті, в промисловості та освіті. Міжнар. науково-практична конф., 13-14 травня 2010 р.: тези доп. – Д.: Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2010. – С. 5-6.
160. Бардась, О. О. Дослідження ефективності формування від параметрів структури составів, що накопичуються [Текст] / О. О. Бардась // Інтеграція України в міжнародну транспортну систему. 2 Міжнар. науково-практична конф., 27-28 травня 2010.: тези доп. – Д.: Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2010. – С. 5-6.

161. Скалозуб, В. В. О приближенной декомпозиции NP-полных задач управления сложными процессами [Текст] / В. В. Скалозуб, А. А. Бардась, М. В. Скалозуб // Системні технології. Регіональний міжвуз. збір. наук. праць. – 2011. – №4(75). – С. 174-184.

162. Ермольев, Ю. М. Математические методы исследования операций [Текст] / под ред Ю. М. Ермольева. – Киев, 1979. – 302 с.

163. Електронний ресурс <http://ru.wikipedia.org/wiki/Декомпозиция>.

164. Бардась, О. О. Підвищення економічної ефективності автоматизованих систем управління сортувальних станцій [Текст] / О. О. Бардась // Проблеми економіки транспорту. VII Міжнар. науково-практична конф., 24-25 квітня 2008 р.: тези доп. – Д.: Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2008. – С. 152.

165. Бардась, О. О. Удосконалення планування розпуску составів на сортувальних станціях на основі оперативних даних автоматизованих систем управління вантажними перевезеннями [Текст] / О. О. Бардась // Сучасні інформаційні технології на транспорті, в промисловості та освіті. Міжнар. науково-практична конф., 15-16 травня 2008 р.: тези доп. – Д.: Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2008. – С. 3.

166. Скалозуб, В. В. Дослідження економічного змісту задачі планування послідовності розпуску составів [Текст] / В. В. Скалозуб, О. О. Бардась // Проблеми економіки транспорту. VIII Міжнар. науково-практична конф., 16-17 квітня 2009 р.: тези доп. – Д.: Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2009. – С. 146.

167. Бардась, О. О. Удосконалення автоматизованих систем планування розпуску составів [Текст] / О. О. Бардась // Сучасні інформаційні технології на транспорті, в промисловості та освіті. Міжнар. науково-практична конф., 14-15 травня 2009 р.: тези доп. – Д.: Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2009. – С. 5-6.

168. Данциг, Дж. Лінійне програмування, його застосування та узагальнення [Текст] / Дж. Данциг. – М.: Прогрес, 1964. – 600 с.

169. Ермольев, Ю. М. Методы стохастического программирования [Текст] / Ю. М. Ермольев. – М.: Наука, 1976, – 240 с.

170. Подиновский, В. В. Оптимизация по последовательно применяемым критериям [Текст] / В. В. Подиновский. – М.: Советское Радио, 1975. – 146 с.

171. Бардась, О. О. Про підвищення ефективності формування поїздопотоків в залізничних транспортних системах [Текст] / О. О. Бардась // Проблеми та перспективи розвитку транспорту. 71 Міжнар. науково-практична конф., 14-15 квітня 2011 р.: тези доп. – Д.: Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2011. – С. 7.

172. Бардась, О. О. Розвиток методів вибору черговості розпуску составів на сортувальній станції [Текст] / О. О. Бардась // Сучасні інформаційні технології на транспорті, в промисловості та освіті. Міжнар. науково-практична конф., 12-13 травня 2011 р.: тези доп. – Д.: Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2011. – С. 122-123.

173. Бардась, О. О. Удосконалення управління залізничними транспортними системами за рахунок вибору черговості розпуску составів [Текст] / О. О. Бардась // Інтеграція України в міжнародну транспортну систему. 3 Міжнар. науково-практична конф., 17-18 листопада 2011.: тези доп. – Д.: Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2011. – С. 7-8.

174. Бардась, А. А. Усовершенствование планирования процессов формирования составов с учетом оперативных данных автоматизированных систем управления грузовыми перевозками [Текст] / А. А. Бардась // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту зал. тр-ту ім. ак. В. Лазаряна. – 2008. – Вип. 24. – С. 150-152.

175. Скалозуб, В. В. Удосконалення методів вибору черговості розпуску составів на сортувальній станції [Текст] / В. В. Скалозуб, О. О. Бардась // Збір. наук. праць Донецьк. ін-т. зал. тр-ту Укр. держ. акад. зал. тр-ту. – 2010. – Вип. 24. – С. 46-52.

176. Bardas, O. Influence research of traffic prediction accuracy on effective management of the trains breaking-up order [Текст] / O. Bardas, I. Skovron, Y. Demchenko and others // Transport Problems. International scientific journal. 2017, Volume 12, Issue 1. – Gliwice, 2017. – P. 151 – 158.

177. Практичні рекомендації щодо складання технологічного процесу роботи сортувальної станції / Міністерство транспорту України, Укрзалізниця. – Київ. – 2009. – 229 с.

178. Ковалев В.И. Многокритериальная оптимизация плана формирования поездов / В.И. Ковалев, Н.Н. Куценко, А.Т. Осьминин, И.И. Осьминина // Железнодорожный транспорт. – 2004. – №4.– С.25-26.

179. Мазуренко О.О. Визначення ефекту від оперативного формування двогрупних поїздів на базі одnogрупних призначень / О.О. Мазуренко // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2011. – №6/3(54). – С.23-28.

180. Сотников И.Б. Взаимодействие станций и участков железных дорог [Текст] / И.Б. Сотников – М.: Транспорт, 1976, - 271 с.

ДОДАТОК А

ПОШУК ЗАЛЕЖНОСТЕЙ ТРИВАЛОСТІ РУХУ ВАНТАЖНОГО ПОЇЗДА ПО ДІЛЯНКАМ ВІД МАСИ СОСТАВУ ПОЇЗДА ТА ПЕРЕВІРКА АДЕКВАТНОСТІ ОТРИМАНИХ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ

1.) Ділянка Синельникове II – Нижньодніпровськ-Вузол.

а.) Залежність виду $y = b_0 + b_1 \cdot x + b_2 \cdot x^2$.

$$b_0 = 51,7538506191, b_1 = 0,0000001992, b_2 = 0,0000006931,$$

$$D_{зал} = 339,04811092.$$

б.) Залежність виду $y = b_0 + \frac{b_1}{x}$.

$$b_0 = 65,0331165613, b_1 = -977,5959618367, D_{зал} = 355,797431.$$

в.) Залежність виду $y = \frac{1}{\left(b_0 + \frac{b_1}{x}\right)}$.

$$b_0 = 0,0163838178, b_1 = 0,1010275560, D_{зал} = 370,452158.$$

г.) Залежність виду $y = b_0 + b_1 \cdot \ln(x)$.

$$b_0 = 23,6246194866, b_1 = 4,9491746565, D_{зал} = 351,797279.$$

д.) Залежність виду $y = \frac{1}{b_0 + b_1 \cdot \sqrt{x}}$.

$$b_0 = 0,0201481305, b_1 = -0,0000578263, D_{зал} = 362,431214.$$

е.) Залежність виду $y = b_0 \cdot e^{\frac{b_1}{x}}$.

$$b_0 = 62,8090747952, b_1 = -10,3527570967, D_{зал} = 360,333509.$$

є.) Залежність виду $y = b_0 + b_1 \cdot \sqrt{x}$.

$$b_0 = 41,8984001946, b_1 = 0,3535552511, D_{зал} = 347,272663.$$

ж.) Залежність виду $y = e^{b_0 + b_1 \cdot \ln(x)}$.

$$b_0 = 3,6400215731, b_1 = 0,0598277688, D_{зал} = 356,252516.$$

з.) Залежність виду $y = b_0 + (1 + x)^{b_1}$.

$$b_0 = 38,0411550774, b_1 = 0,0599883590, D_{зал} = 356,243389.$$

2.) Ділянка Новомосковськ – Нижньодніпровськ-Вузол.

а.) Залежність виду $y = b_0 + b_1 \cdot x + b_2 \cdot x^2$.

$$b_0 = 42,7871646810, b_1 = 0,00245077494, b_2 = 0,0000000000000014,$$

$$D_{зал} = 106,830434.$$

б.) Залежність виду $y = b_0 + \frac{b_1}{x}$.

$$b_0 = 52,3758806268, b_1 = -905,8830243639, D_{\text{зал}} = 121,000263.$$

в.) Залежність виду $y = \frac{1}{\left(b_0 + \frac{b_1}{x}\right)}$.

$$b_0 = 0,0199637575, b_1 = 0,3843346423, D_{\text{зал}} = 125,704671.$$

г.) Залежність виду $y = b_0 + b_1 \cdot \ln(x) + b_2 \cdot \ln(x)^2$.

$$b_0 = 102,9195233665, b_1 = -20,6868799041, b_2 = 1,7676440168, \\ D_{\text{зал}} = 107,234681.$$

д.) Залежність виду $y = b_0 + b_1 \cdot \ln(x)$.

$$b_0 = 21,0977637892, b_1 = 3,8460990495, D_{\text{зал}} = 111,879115.$$

е.) Залежність виду $y = \frac{1}{b_0 + b_1 \cdot \sqrt{x}}$.

$$b_0 = 0,0254242824, b_1 = -0,0000896638, D_{\text{зал}} = 111,899515.$$

є.) Залежність виду $y = b_0 \cdot e^{\frac{b_1}{x}}$.

$$b_0 = 51,2182870361, b_1 = -18,3169431397, D_{\text{зал}} = 122,072967.$$

ж.) Залежність виду $y = b_0 + b_1 \cdot \sqrt{x}$.

$$b_0 = 38,5113974767, b_1 = 0,2286412769, D_{\text{зал}} = 108,169151.$$

з.) Залежність виду $y = e^{b_0 + b_1 \cdot \ln(x) + b_2 \cdot \ln(x)^2}$.

$$b_0 = 4,8239405087, b_1 = -0,3750148832, b_2 = 0,0324646551, \\ D_{\text{зал}} = 108,132327.$$

и.) Залежність виду $y = e^{b_0 + b_1 \cdot \ln(x)}$.

$$b_0 = 3,3211972073, b_1 = 0,0755592669, D_{\text{зал}} = 112,406740.$$

і.) Залежність виду $y = b_0 + (1+x)^{b_1}$.

$$b_0 = 27,6506908032, b_1 = 0,0757463140, D_{\text{зал}} = 112,390940.$$

к.) Залежність виду $y = \frac{1}{b_0 + b_1 \cdot \ln(x) + b_2 \cdot \ln(x)^2}$.

$$b_0 = 0,0038985805, b_1 = 0,0070396629, b_2 = -0,0006183070 \\ D_{\text{зал}} = 111,210748.$$

3.) Перевірка адекватності рівнянь регресії.

3.1.) Ділянка Синельникове II – Нижньодніпровськ-Вузол.

а.) Перевірка випадковості елементів залишкового ряду.

Кількість поворотних точок $p = 105$.

Кількість дослідів $n = 158$.

$$105 > \left[\frac{2 \cdot (158 - 2)}{3} - 2 \cdot \sqrt{\frac{16 \cdot 158 - 29}{90}} \right] = 93.$$

Отже значення елементів залишкового ряду є випадковими.

б.) Перевірка незалежності значень елементів залишкового ряду.

Розраховуємо значення d-критерію:

$$d = \frac{107225,29}{53569,60} = 2,002,$$

$$d' = 4 - 2,002 = 1,998.$$

Критичні значення критерію Дарбіна-Уотсона при кількості дослідів $n = 200$, рівні значимості $\alpha = 0,05$ та кількості змінних рівняння регресії $m = 1$ становлять $d_1 = 1,758$, $d_2 = 1,778$. Оскільки $2 > d' > d_2$, то автокореляція відсутня. Отже значення елементів залишкового ряду є взаємозалежні.

в.) Перевірка залишкового ряду на відповідність нормальному розподілу.

Таблиця А.1 – Розрахунок критерію згоди Пірсона для залишкового ряду залежності $Tr=f(Q)$ ділянки Синельникове II – Нижньодніпровськ-Вузол.

№ розр. j	Межі розрядів		Кількість спост. m_j	$\frac{t_j - m_i^*}{s_i}$	$\frac{t_{j+1} - m_i^*}{s_i}$	$F(t_{j+1})$	$F(t_j)$	p_j	np_j	$\frac{(m_j - np_j)^2}{np_j}$
	нижня	верхня								
1	-25,68	-10,68	41	-	-0,58	0	0,28096	0,28096	44,392	0,25918
2	-10,68	4,32	75	-0,58	0,2	0,28096	0,57926	0,29830	47,131	16,4792
3	4,32	19,32	26	0,2	0,99	0,57926	0,83891	0,25965	41,025	5,50276
4	19,32	34,32	3	0,99	1,78	0,83891	0,96246	0,12355	19,521	13,982
5	34,32	49,32	8	1,78	2,57	0,96246	0,99492	0,03246	5,129	1,60707
6	49,32	64,32	5	2,57	3,35	0,99492	1	0,00508	0,803	21,9363
Итого			158					1,00000		59,76650

Значення критерію Пірсона становить $\chi^2 = 59,77$. Критичне значення критерію Пірсона при числі ступенів свободи $\nu = 3$ та рівні значимості $p = 0,05$ становить $\chi_{кр}^2 = 7,82$. Оскільки, $\chi^2 > \chi_{кр}^2$, то гіпотезу про нормальний закон розподілу відкидаємо.

3.2.) Ділянка Новомосковськ – Нижньодніпровськ-Вузол.

а.) Перевірка випадковості елементів залишкового ряду.

Кількість поворотних точок $p = 94$.

Кількість дослідів $n = 144$.

$$94 > \left[\frac{2 \cdot (144 - 2)}{3} - 2 \cdot \sqrt{\frac{16 \cdot 144 - 29}{90}} \right] = 84.$$

Отже значення елементів залишкового ряду є випадковими.

б.) Перевірка незалежності значень елементів залишкового ряду.

Розраховуємо значення d-критерію:

$$d = \frac{32812,30}{15383,58} = 2,133,$$

$$d' = 4 - 2,133 = 1,867.$$

Критичні значення критерію Дарбіна-Уотсона при кількості дослідів $n=150$, рівні значимості $\alpha=0,05$ та кількості змінних рівняння регресії $m=1$ становлять $d_1=1,720$, $d_2=1,746$. Оскільки $2 > d' > d_2$, то автокореляція відсутня. Отже значення елементів залишкового ряду є взаємозалежні.

в.) Перевірка залишкового ряду на відповідність нормальному розподілу.

Таблиця А.2 – Розрахунок критерію згоди Пірсона для залишкового ряду залежності $Tr=f(Q)$ ділянки Новомосковськ – Нижньодніпровськ-Вузол.

№ розр. j	Межі розрядів		Кількість спост. m_j	$\frac{t_j - m_j^*}{s_j}$	$\frac{t_{j+1} - m_j^*}{s_j}$	$F(t_{j+1})$	$F(t_j)$	p_j	np_j	$\frac{(m_j - np_j)^2}{np_j}$
	нижня	верхня								
1	-20,34	-14,34	10	-	-1,46	0	0,07214	0,07214	10,46	0,02023
2	-14,34	-8,34	24	-1,46	-0,85	0,07214	0,19766	0,12552	18,2	1,84835
3	-8,34	-2,34	31	-0,85	-0,24	0,19766	0,40517	0,20751	30,089	0,02758
4	-2,34	3,66	43	-0,24	0,37	0,40517	0,64431	0,23914	34,675	1,99872
5	3,66	9,66	21	0,37	0,98	0,64431	0,83646	0,19215	27,862	1,69001
6	9,66	15,66	16	0,98	1,59	0,83646	0,94408	0,10762	15,605	0,01
7	15,66	21,66	13	1,59	2,2	0,94408	1	0,05592	8,108	2,95161
Итого			145					0,94408		8,54650

Значення критерію Пірсона становить $\chi^2 = 8,54$. Критичне значення критерію Пірсона при числі ступенів свободи $\nu = 4$ та рівні значимості $p = 0,05$ становить $\chi_{кр}^2 = 9,49$. Оскільки, $\chi^2 < \chi_{кр}^2$, то гіпотеза про нормальний закон розподілу підтверджується.

4.) Визначення точності отриманих моделей регресії.

4.1.) Ділянка Синельникове II – Нижньодніпровськ-Вузол.

Загальна сума відносних похибок становить:

$$\sum_{i=1}^n \frac{|e_i|}{y_i} = 29,421.$$

Відносна точність моделі регресії становить:

$$E = \frac{29,421}{158} \cdot 100\% = 18,62.$$

4.2.) Ділянка Новомосковськ – Нижньодніпровськ-Вузол.

Загальна сума відносних похибок становить:

$$\sum_{i=1}^n \frac{|e_i|}{y_i} = 24,708.$$

Відносна точність моделі регресії становить:

$$E = \frac{24,708}{144} \cdot 100\% = 17,16.$$

ДОДАТОК В

ВІДОБРАЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ РОБОТИ СТАНЦІ ЗА ДОПОМОГОЮ ТЕОРІЇ СКІНЧЕННИХ АВТОМАТІВ

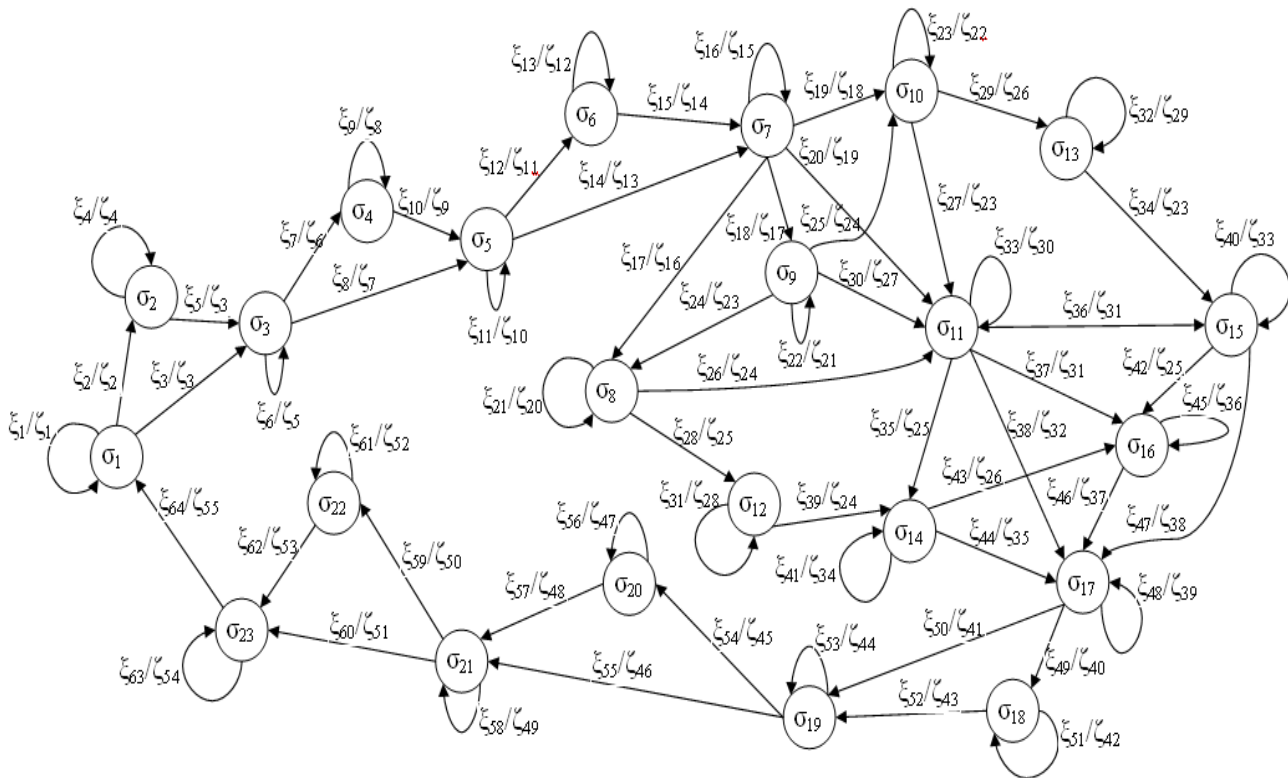


Рисунок В.1 – Граф переходів скінченного автомату „Поїзд у розформування”

Таблиця В.1. Множина можливих станів скінченного автомату „Поїзд у розформування”

Можливі стани поїзду в розформування			
σ_1	На підході до станції	σ_{13}	ТО виконано, очікування КО
σ_2	Очікування прийому	σ_{14}	КО виконано, виконання ТО
σ_3	Прийом	σ_{15}	ТО виконано, виконання КО
σ_4	Очікування закріплення	σ_{16}	Очікування подачі гір. локомотиву
σ_5	Закріплення	σ_{17}	Подача гіркового локомотиву
σ_6	Очікування прибирання локомотиву	σ_{18}	Очікування прибирання башмаків
σ_7	Прибирання локомотиву	σ_{19}	Прибирання башмаків
σ_8	Очікування ТО, виконання КО	σ_{20}	Очікування насуву на гірку
σ_9	Очікування ТО та КО	σ_{21}	Насув на гірку
σ_{10}	Очікування КО, виконання ТО	σ_{22}	Очікування розпуску
σ_{11}	Виконання ТО та КО	σ_{23}	Розпуск
σ_{12}	КО виконано, очікування ТО		

Вхідний алфавіт скінченого автомату „Поїзд у розформування”:

- ξ_1 – поїзд ще не підійшов до станції;
- ξ_2 – поїзд підійшов до станції; прийом неможливий;
- ξ_3 – поїзд підійшов до станції; прийом поїзда можливий;
- ξ_4 – прийом неможливий;
- ξ_5 – прийом можливий;
- ξ_6 – прийом поїзда не завершено;
- ξ_7 – прийом поїзда завершено; вільного сигналіста немає;
- ξ_8 – прийом поїзда завершено; є вільний сигналіст;
- ξ_9 – немає вільного сигналіста;
- ξ_{10} – є вільний сигналіст;
- ξ_{11} – закріплення не завершено;
- ξ_{12} – закріплення завершено; прибирання локомотива неможливе;
- ξ_{13} – прибирання локомотива неможливе;
- ξ_{14} – закріплення завершено; прибирання локомотива можливе;
- ξ_{15} – прибирання локомотива можливе;
- ξ_{16} – прибирання локомотива не завершено;
- ξ_{17} – прибирання локомотиву завершено; ТО неможливий, КО можливий;
- ξ_{18} – прибирання локомотиву завершено; ТО та КО неможливі;
- ξ_{19} – прибирання локомотиву завершено; ТО можливий, КО неможливий;
- ξ_{20} – прибирання локомотиву завершено; ТО та КО можливі;
- ξ_{21} – КО не завершено; ТО неможливий;
- ξ_{22} – КО та ТО неможливі;
- ξ_{23} – ТО не завершено; КО неможливий;
- ξ_{24} – КО можливий; ТО неможливий;
- ξ_{25} – КО неможливий; ТО можливий;
- ξ_{26} – ТО можливий; КО не завершено;
- ξ_{27} – КО можливий; ТО не завершено;
- ξ_{28} – КО завершено; ТО неможливий;
- ξ_{29} – ТО завершено; КО неможливий;
- ξ_{30} – ТО та КО можливі;
- ξ_{31} – ТО неможливий;
- ξ_{32} – КО неможливий;
- ξ_{33} – КО та ТО не завершено;
- ξ_{34} – КО можливий;
- ξ_{35} – КО завершено; ТО не завершено;
- ξ_{36} – КО не завершено; ТО завершено;
- ξ_{37} – КО та ТО завершено; подача гіркового локомотива неможлива;
- ξ_{38} – КО та ТО завершено; подача гіркового локомотива можлива;

- ξ₃₉ – ТО можливий;
- ξ₄₀ – КО не завершено;
- ξ₄₁ – ТО не завершено;
- ξ₄₂ – КО завершено; подача гіркового локомотива неможлива;
- ξ₄₃ – ТО завершено; подача гіркового локомотива неможлива;
- ξ₄₄ – ТО завершено; подача гіркового локомотива можлива;
- ξ₄₅ – подача гіркового локомотива неможлива;
- ξ₄₆ – подача гіркового локомотива можлива;
- ξ₄₇ – КО завершено; подача гіркового локомотива можлива;
- ξ₄₈ – подача гіркового локомотива не завершена;
- ξ₄₉ – подача гіркового локомотива завершена; вільного сигналіста немає;
- ξ₅₀ – подача гіркового локомотива завершена; є вільний сигналіст;
- ξ₅₁ – вільного сигналіста немає;
- ξ₅₂ – є вільний сигналіст;
- ξ₅₃ – прибирання гальмівних башмаків не завершено;
- ξ₅₄ – прибирання гальмівних башмаків завершено; насув составу на гірку неможливий;
- ξ₅₅ – прибирання гальмівних башмаків завершено; насув составу на гірку можливий;
- ξ₅₆ – насув составу на гірку неможливий;
- ξ₅₇ – насув составу на гірку можливий;
- ξ₅₈ – насув не завершено;
- ξ₅₉ – насув завершено; розпуск неможливий;
- ξ₆₀ – насув завершено; розпуск можливий;
- ξ₆₁ – розпуск неможливий;
- ξ₆₂ – розпуск можливий;
- ξ₆₃ – розпуск не завершено;
- ξ₆₄ – розпуск завершено; місце розформованого составу займає наступний.

Вихідний алфавіт скінченого автомату „Поїзд у розформування”

- ζ₁ – поїзд обробки не потребує;
- ζ₂ – поїзд очікує прийому;
- ζ₃ – стрілочні зони та колію для прийому поїзда зайнято;
- ζ₄ – поїзд очікує прийому;
- ζ₅ – триває прийом;
- ζ₆ – стрілочні зони вільні для прийому поїзда вільні;
- ζ₇ – стрілочні зони для прийому поїзда вільні; сигналіст зайнятий;
- ζ₈ – триває очікування закріплення;
- ζ₉ – сигналіст зайнятий;
- ζ₁₀ – триває закріплення;

- ζ₁₁ – сигналіст вільний;
- ζ₁₂ – триває очікування прибирання локомотиву;
- ζ₁₃ – сигналіст вільний; стрілочні зони для прибирання локомотиву зайняті;
- ζ₁₄ – стрілочні зони для прибирання локомотиву зайняті;
- ζ₁₅ – триває прибирання локомотиву;
- ζ₁₆ – стрілочні зони для прибирання локомотиву вільні; бригада ПКО зайнята;
- ζ₁₇ – стрілочні зони для прибирання локомотиву вільні;
- ζ₁₈ – стрілочні зони для прибирання локомотиву вільні; бригада ПТО зайнята;
- ζ₁₉ – стрілочні зони для прибирання локомотиву вільні; бригади ПТО та ПКО зайняті;
- ζ₂₀ – триває виконання КО та очікування ТО;
- ζ₂₁ – триває очікування ТО та КО;
- ζ₂₂ – триває очікування КО та виконання ТО;
- ζ₂₃ – бригада ПКО зайнята;
- ζ₂₄ – бригада ПТО зайнята;
- ζ₂₅ – бригада ПКО вільна;
- ζ₂₆ – бригада ПТО вільна;
- ζ₂₇ – бригади ПТО та ПКО зайняті;
- ζ₂₈ – триває очікування ТО;
- ζ₂₉ – триває очікування КО;
- ζ₃₀ – триває виконання ТО та КО;
- ζ₃₁ – бригади ПТО та ПКО вільні;
- ζ₃₂ – бригади ПТО та ПКО вільні; гірковий локомотив зайнято, стрілочні зони зайнято;
- ζ₃₃ – триває виконання КО;
- ζ₃₄ – триває виконання ТО;
- ζ₃₅ – бригада ПТО вільна; гірковий локомотив зайнято; стрілочні зони зайняті;
- ζ₃₆ – триває очікування гіркового локомотива;
- ζ₃₇ – гірковий локомотив зайнято; стрілочні зони для подачі гіркового локомотива зайняті;
- ζ₃₈ – бригада ПКО вільна; гірковий локомотив зайнятий; стрілочні зони для подачі гіркового локомотива зайняті;
- ζ₃₉ – триває подача гіркового локомотива;
- ζ₄₀ – стрілочні зони для подачі гіркового локомотива вільні;
- ζ₄₁ – стрілочні зони для подачі гіркового локомотива вільні; сигналіст зайнятий;
- ζ₄₂ – триває очікування прибирання башмаків;
- ζ₄₃ – сигналіст зайнятий;

- ζ₄₄ – триває прибирання гальмівних башмаків;
- ζ₄₅ – сигналіст вільний;
- ζ₄₆ – сигналіст вільний; стрілочні зони для насуву зайняті;
- ζ₄₇ – триває очікування насуву;
- ζ₄₈ – стрілочні зони для насуву зайняті;
- ζ₄₉ – триває насув составу на гірку;
- ζ₅₀ – стрілочні зони для насуву составу на гірку вільні;
- ζ₅₁ – стрілочні зони для насуву составу на гірку вільні; гірка зайнята;
- ζ₅₂ – триває очікування розпуску;
- ζ₅₃ – гірка зайнята;
- ζ₅₄ – триває розпуск;
- ζ₅₅ – гірковий локомотив вільний; колія парку прийома вільна; гірка вільна.

Наукове видання

О. О. Бардась, О. О. Мазуренко, А. В. Кудряшов

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБКИ
ТРАНЗИТНИХ ВАГОНОПОТОКІВ НА ТЕХНІЧНИХ СТАНЦІЯХ**

*Монографія
(українською мовою)*

Редактор О.О. Мазуренко
Комп'ютерна верстка А.В. Кудряшов
Дизайн обкладинки О.В. Горбова

Видавництво ПФ «Стандарт - Сервіс»
Свідоцтво ДК № 3197 від 28.05.2008р.
с.м.т. Ювілейне, вул. Радгоспна 68 кв. 65, Дніпропетровський район,
Дніпропетровська область, Україна.

Надруковано:
Видавництво ПФ «Стандарт - Сервіс»
Свідоцтво ДК № 3197 від 28.05.2008р.
с.м.т. Ювілейне, вул. Радгоспна 68 кв. 65, Дніпропетровський район,
Дніпропетровська область, Україна.
Здано до друку 11.10.2017р. Формат 29,7x42¹/₄. Папір офсетний.
Спосіб друку – різнограф. Умов. друк. арк. 8,78.
Тираж 300 прим. Заказ № 46 від 18.10.2017р.

ISBN 978-617-7382-10-1