

Український державний університет залізничного транспорту

Кафедра управління експлуатаційною роботою

АВТОМАТИЗАЦІЯ РОЗРАХУНКУ ГРАФІКА РУХУ ПОЇЗДІВ НА
ПРИКОРДОННІЙ ДІЛЬНИЦІ ПРИ НАДАННІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ «ВІКОН»

Пояснювальна записка та розрахунки
до кваліфікаційної роботи

АРГПР.300.00.00.000 ПЗ

Розробив студент групи 216 –ОМП –Д23
спеціальності 275/275.02 – Транспортні
технології (на залізничному транспорті)
(роботу виконано самостійно, відповідно
до принципів академічної доброчесності)

 Олексій СИМУТІН

Керівник: доцент, канд. техн. наук
Галина ПРОХОРЧЕНКО

Рецензент: доцент, канд. техн. наук
Ярослав ЗАПАРА

2024

АНОТАЦІЯ

Дана кваліфікаційна робота включає в себе 14 слайдів презентації, 80 аркушів пояснювальної записки формату А4, що включає 19 рисунків, 4 таблиці, 49 літературних джерел.

Ключові слова: ГРАФІК РУХУ ПОЇЗДІВ, АВТОМАТИЗАЦІЯ, ПРИКОРДОННА ДІЛЬНИЦЯ, ТЕХНОЛОГІЧНЕ ВІКНО

Об'єктом дослідження є процес планування руху поїздопотоків на залізничній прикордонній дільниці.

Метою дослідження є підвищення ефективності пропуску поїздопотоків на залізничних прикордонних переходах на основі удосконалення процесу автоматизації розробки графіку руху поїздів при наданні технологічних «вікон». Це дозволить знайти раціональний розклад руху поїздів з урахуванням технічних, технологічних обмежень та заданих перерв у русі з причини ремонтних робіт на залізничній інфраструктурі.

В межах даної кваліфікаційної магістерської роботи удосконалено процес розробки графіку руху поїздів при наданні технологічних «вікон» на прикордонних дільницях для проведення ремонтних робіт на основі автоматизації розрахунків. На основі проведених досліджень удосконалено процедуру автоматизованої побудови графіку руху поїздів при наданні технологічних «вікон» на залізничних прикордонних переходах на основі математичної оптимізаційної моделі, що на відміну від існуючих, дозволяє отримати раціональний розклад руху поїздів на дільниці при заданих вхідних параметрах та обмеженнях з мінімізацією сумарних витрат простою всіх поїздів на дільниці, витрат на зупинку поїзда та вартості штрафу за невиконання директивних строків прослідування поїзду через дільницю

Також удосконалено комплекс функціональних задач системи АСК ВП УЗ-Є на основі формування автоматизованої системи розрахунку графіка руху поїздів для підвищення оперативності та точності розробки графіку руху поїздів на прикордонних дільницях при наданні технологічних «вікон» для проведення ремонтних робіт.

ABSTRACT

This qualification work includes 14 presentation slides, 80 pages of explanatory notes in A4 format, featuring 19 figures, 4 tables, and 49 references.

Keywords: TRAIN SCHEDULE, AUTOMATION, BORDER SECTION, TECHNOLOGICAL WINDOW

The object of the study is the process of planning train flows on a railway border section.

The purpose of the study is to enhance the efficiency of train flow throughput at railway border crossings by improving the automation process for train schedule development, particularly during the allocation of technological "windows." This will allow for the creation of a rational train schedule that takes into account technical and technological constraints, as well as scheduled interruptions due to infrastructure maintenance.

Within the framework of this master's qualification work, the process of developing train schedules with the allocation of technological "windows" for maintenance on border sections has been improved through the automation of calculations. Based on the conducted research, the procedure for automated train schedule development during technological "windows" at railway border crossings has been enhanced. This improvement is grounded in an optimization mathematical model, which, unlike existing approaches, enables the creation of a rational train schedule for the section based on given input parameters and constraints, minimizing the total downtime costs of all trains on the section, the costs associated with train stops, and penalties for failing to meet the directive timeframes for train passage through the section.

Additionally, the set of functional tasks of the ASU VP UZ-E system has been improved by developing an automated system for calculating train schedules. This system increases the efficiency and accuracy of train schedule planning on border sections during the allocation of technological "windows" for maintenance.

Український державний університет залізничного транспорту

Факультет управління процесами перевезень

Кафедра управління експлуатаційною роботою

Освітній рівень: магістр

Спеціальність 275 Транспортні технології

275.02 Транспортні технології (на залізничному транспорті)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри,
професор, д-р техн. наук



Буцько Т.В.

« 30 » грудня _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Симутіну Олексію Юрійовичу

1. Тема проекту

(роботи) Автоматизація розрахунку графіка руху поїздів на прикордонній дільниці при наданні технологічних «вікон»
_____ Прохорченко Галина Олегівна, канд. техн. наук, доцент

затверджена розпорядженням по факультету управління процесами перевезень «30» вересня 2024 р. № 12/24.

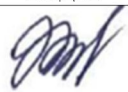

2 Строк подання студентом 30 грудня 2024 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Експлуатаційні показники роботи АТ «Укрзалізниця» та регіональної філії «П»; статистичні дані щодо обсягів перевезень, вантажообігу, дані щодо виконання нормативного графіку руху поїздів на регіональних філіях АТ «Укрзалізниця».

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. 1 Аналіз експлуатаційної роботи залізничного транспорту України в діючих умовах. 2 Аналіз наукових досліджень, пов'язаних з проблемами пропуску поїздів при проведенні робіт з капітального ремонту колії. 3 Аналіз технології надання і використання вікон у графіку руху поїздів для ремонтних і будівельних робіт на залізницях України. 4 Формування математичної моделі автоматизованого розрахунку графіка руху поїздів на прикордонній дільниці при наданні технологічних «вікон». 5 Формування автоматизованої системи розрахунку графіка руху поїздів з урахуванням надання технологічних «вікон» 6 Економічне обґрунтування від автоматизації розрахунку графіка руху поїздів на прикордонній дільниці при наданні технологічних «вікон». Висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Діаграми часток різних видів транспорту в загальному вантажообороті, Загальні обсяги експортних перевезень за 2020-2024 рр., Динаміка експортних перевезень у напрямку сухопутних переходів та морських портів у пер.іод 2022-2024 рр, Діаграма кількості заявлених вікон по регіональній філії «П» за 8 місяців 2021 року. Діаграма загальної тривалості «вікон» використаних за 8 місяців по регіональній філії «П». Схема взаємодії автоматизованих робочих місць в системі АСПО. АРМ «Заявки на вікна»


6 Консультанти окремих розділів

Розділ	Прізвище, ініціали, посада та науковий ступінь консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Економічне обґрунтування запропонованого проектного рішення	Наталія ГРИЦЕНКО, доцентр, к.е.н		

7 Дата видачі завдання 26 вересня 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН






Назва етапів	Строк виконання етапів	Примітка
Вступ. 1.Аналіз експлуатаційної роботи залізничного транспорту України в діючих умовах	07.09.2024	
2 Аналіз наукових досліджень, пов'язаних з проблемами пропуску поїздів при проведенні робіт з капітального ремонту колії.	14.10.2024	
3 Аналіз технології надання і використання вікон у графіку руху поїздів для ремонтних і будівельних робіт на залізницях України.	04.11.2024	
4 Формування математичної моделі автоматизованого розрахунку графіка руху поїздів на прикордонній дільниці при наданні технологічних «вікон».	30.11.2024	
5 Формування автоматизованої системи розрахунку графіка руху поїздів з урахуванням надання технологічних «вікон»	16.12.2024	
6 Економічне обґрунтування від автоматизації розрахунку графіка руху поїздів на прикордонній дільниці при наданні технологічних «вікон». Висновки	30.12.2024	

Студент  Олексій СИМУТІН

Керівник  Галина ПРОХОРЧЕНКО

Зміст

Вступ	8
1 Аналіз експлуатаційної роботи залізничного транспорту України в діючих умовах	11
1.1 Умови організації вантажних перевезень на залізничному транспорті	11
1.2 Принципи планування вантажних перевезень на АТ Укрзалізниця	17
2 Аналіз наукових досліджень, пов'язаних з проблемами пропуску поїздів при проведенні робіт з капітального ремонту колії	23
3 Аналіз технології надання і використання вікон у графіку руху поїздів для ремонтних і будівельних робіт на залізницях України	25
3.1 Аналіз експлуатаційної роботи регіональної філії «П» при наданні технологічних вікон в діючих умовах	25
3.2 Аналіз технології надання технологічних «вікон» в АТ «Укрзалізниця»	28
4 Формування математичної моделі автоматизованого розрахунку графіка руху поїздів на прикордонній ділянці при наданні технологічних «вікон».	39
4.1 Розробка математичної моделі автоматизованого складання графіка руху поїздів з розрахунком надання технологічних «вікон».	
4.2 Застосування методу генетичного алгоритму для розв'язання оптимізаційної математичної моделі побудови графіка руху поїздів	45

					АРГРП 300.00.00 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Автоматизація розрахунку графіка руху поїздів на прикордонній ділянці при наданні технологічних «вікон»	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Симутін О.				6	93	
Перевір.		Прохорченко Г.О.						
Реценз.								
Н. Контр.		Прохорченко Г.						
Затверд.		Буцько Т.В.						

5 Формування автоматизованої системи розрахунку графіка руху поїздів з урахуванням надання технологічних «вікон»	54
6 Економічне обґрунтування від автоматизації розрахунку графіка руху поїздів на прикордонній ділянці при наданні технологічних «вікон».	65
Висновки	71
Список використаних джерел	74

					АРГРП.300.00.00 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вступ

В умовах військової агресії та повномасштабного вторгнення російської федерації питання підвищення ефективності функціонування залізничної мережі України набуває особливої актуальності. Для клієнтів залізниці ключовим фактором є точність часу доставки вантажів, особливо на прикордонних дільницях при здійсненні експортно-імпортних перевезень. Водночас об'єкти залізничної інфраструктури постійно зазнають обстрілів і пошкоджень, усунення яких вимагає виділення технологічних «вікон». На прикордонних залізничних дільницях також існують додакові проблеми, пов'язані з проведенням митних операцій та затримок з цієї причини. Тому розробка технології перевезень, заснованої на плануванні експлуатаційної роботи за чітким розкладом руху поїздів із урахуванням часу для ремонтних робіт на прикордонних дільницях, є критично важливою. Такий підхід сприятиме збільшенню прибутковості операційної діяльності компанії, що управляє залізничною інфраструктурою.

Реалізація цієї технології передбачає удосконалення організації руху поїздопотоків на залізничній мережі з урахуванням технологічних «вікон» для ремонтів у межах напрямку. Нинішня методика розробки графіку руху поїздів (ГРП) в Україні базується на експертному підході, який виконується вручну, що потребує значних витрат часу. Такий метод не дозволяє сформувати оптимальний графік руху поїздів на прикордонній дільниці, також під час планування технологічних «вікон» такий підхід призводить до додаткового простою поїздів на станціях.

Для створення оптимального графіка руху поїздів на прикордонній дільниці із урахуванням ремонтних робіт необхідно адаптувати існуючий метод побудови ГРП до реальних експлуатаційних умов залізничної мережі. Автоматизація цього процесу дозволить забезпечити високу точність і якість графіку руху поїздів, враховуючи максимальні розміри руху на кожній

дільниці, категорії поїздів, їх технічні характеристики, обмеження інфраструктури та необхідну кількість технологічних «вікон» для ремонтів.

Результати досліджень у сфері автоматизації розрахунку нормативного графіка руху поїздів дозволять сформуванню раціонального графіка руху на прикордонній дільниці з урахуванням заданих параметрів і потрібної кількості технологічних «вікон». Це сприятиме мінімізації загальних витрат простою поїздів на дільницях, витрат на їх зупинку та забезпечить ефективну організацію перевезень.

Мета і задачі дослідження. Метою кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності пропуску поїздопотоків на залізничних прикордонних переходах на основі удосконалення процесу автоматизації розробки графіку руху поїздів при наданні технологічних «вікон». Це дозволить знайти раціональний розклад руху поїздів з урахуванням технічних, технологічних обмежень та заданих перерв у русі з причини ремонтних робіт на залізничній інфраструктурі.

Реалізація цієї мети потребує постановки та вирішення наступних задач дослідження:

- провести аналіз умов функціонування залізничного транспорту України при діючій системі виконання графіку руху поїздів;
- провести аналіз існуючої процедури складання графіку руху поїздів на прикордонних залізничних дільницях;
- провести аналіз теоретичних і практичних досліджень щодо автоматизації розрахунку графіку руху поїздів при наданні технологічних «вікон»;
- формалізувати процедуру складання графіку руху поїздів для проведення автоматизованих розрахунків з урахуванням ремонтних робіт;
- удосконалити процедуру автоматизованого складання графіку руху поїздів на залізничній дільниці;

- сформувані вимоги до автоматизованої системи розрахунку графіка руху поїздів;
- провести економічне обґрунтування від встановлення раціональної межі завантаження залізничної дільниці на основі автоматизації побудови графіку руху поїздів при наданні технологічних «вікон».

Об'єкт дослідження – процес планування руху поїздопотоків на залізничній прикордонній дільниці.

Предмет дослідження – технологія автоматизації складання графіку руху поїздів на прикордонній дільниці при наданні технологічних «вікон» для проведення ремонтних робіт.

Елементи наукової новизни отриманих результатів. В межах даної кваліфікаційної магістерської роботи удосконалено процес розробки графіку руху поїздів при наданні технологічних «вікон» на прикордонних дільницях для проведення ремонтних робіт на основі автоматизації розрахунків:

- удосконалено процедуру автоматизованої побудови графіку руху поїздів при наданні технологічних «вікон» на залізничних прикордонних переходах на основі математичної оптимізаційної моделі, що на відміну від існуючих, дозволяє отримати раціональний розклад руху поїздів на дільниці при заданих вхідних параметрах та обмеженнях з мінімізацією сумарних витрат простою всіх поїздів на дільниці, витрат на зупинку поїзда та вартості штрафу за невиконання директивних строків прослідування поїзду через дільницю;

- удосконалено комплекс функціональних задач системи АСК ВП УЗ-Є на основі формування автоматизованої системи розрахунку графіка руху поїздів для підвищення оперативності та точності розробки графіку руху поїздів на прикордонних дільницях при наданні технологічних «вікон» для проведення ремонтних робіт.

Матеріали кваліфікаційної магістерської роботи опубліковані у фаховому виданні МОН України [1].

Висновки

В межах даної кваліфікаційної магістерської роботи удосконалено процес розробки графіку руху поїздів при наданні технологічних «вікон» на прикордонних дільницях для проведення ремонтних робіт на основі автоматизації розрахунків. На основі проведених досліджень удосконалено процедуру автоматизованої побудови графіку руху поїздів при наданні технологічних «вікон» на залізничних прикордонних переходах на основі математичної оптимізаційної моделі, що на відміну від існуючих, дозволяє отримати раціональний розклад руху поїздів на дільниці при заданих вхідних параметрах та обмеженнях з мінімізацією сумарних витрат простою всіх поїздів на дільниці, витрат на зупинку поїзда та вартості штрафу за невиконання директивних строків прослідування поїзду через дільницю. Основні результати та висновки полягають у наступному:

В роботі проведено аналіз функціонування залізничної системи України в умовах діючої системи планування руху поїздопотоків. В роботі проведено аналіз функціонування залізничної системи України в умовах діючої системи планування руху поїздопотоків. Залізнична система збільшила загальні обсяги перевезень вантажів у порівнянні з 2022 роком, але поки тренд зростання втрачено. На рисунку 2 наведено динаміку експортних перевезень у напрямку сухопутних переходів та морських портів у період 2022-2024 рр. За січень-листопад 2024 року через сухопутні переходи у експортному сполученні перевезено 28 млн. т вантажів, що на 8,9% менше порівнюючи з аналогічним періодом 2023 року. Однак, прикордонні залізничні переходи є ключовим елементом стабільності української логістики, а тому дослідження спрямовані на підвищення їх ефективності роботи є актуальними. Однією із проблем зменшення провізної спроможності прикордонних дільниць є експертне і неузгоджене планування вікон на дільницях.

Проведений аналіз надійності виконання графіку руху поїздів на залізничній мережі в цілому та регіональній філії «П» свідчить про те, що від кількості наданих вікон залежить тривалість в перерв в русі, так по ДН-4 а регіональної філії « П» за 8 місяців 2021 року було надано найбільшу кількість вікон – 320, при цьому перерви в русі поїздів склали 1615,6 год . Зменшити цей вплив від кількості надання технологічних «вікон» можна за рахунок перегляду підходу до складання графіка руху поїздів при наданні технологічних «вікон» для проведення ремонтних робіт.

Аналіз наукових досліджень щодо автоматизації складання графіка руху поїздів довів, що вченими та практиками розглядалися різні підходи щодо вирішення даного завдання. Однак не було сформовано комплексного підходу щодо технології складання ГРП, не було розроблено теоретичні аспекти складання та етапів впровадження автоматизованого складання графіка руху поїздів для всієї мережі залізничного транспорту, відсутні вимоги до єдиних баз даних залізничної мережі, спостерігається ідеалізація моделі руху поїздів та її невідповідність реальним умовам експлуатації. Тому необхідним є розробити процедуру автоматизованого складання ГРП із застосуванням сучасних комп'ютерних методів.

Було оцінено обчислювальну складність задачі складання нормативного графіка руху поїздів для двоколісної дільниці. Доведено, що задача розрахунку ГРП є NP-повною відносно кількості конфліктів у розкладі, точне вирішення задачі побудови ГРП для реального залізничного полігону неможливе, потрібно розглянути можливість застосування евристичних алгоритмів.

Для формування автоматизованої технології складання нормативного графіка руху поїздів на двоколісній дільниці розроблено оптимізаційну математичну модель на основі мінімізації сумарних витрат простою всіх поїздів та рівня штрафу за невиконання директивних строків прибуття поїздів на станцію призначення, яка дозволяє отримати раціональний розклад руху на двоколісній дільниці для забезпечення залізничних перевезень з

відповідною системою обмежень, що враховує технічні та технологічні параметри інфраструктури.

Сформовано вимоги до автоматизованої системи складання графіка руху поїздів у межах функціональних задач системи АСК ВП УЗ-Є для підвищення оперативності та точності розробки графіка руху поїздів на прикордонних ділянках.

Економічне обґрунтування запропонованих заходів доводить, що від проведених досліджень показників роботи залізничної дільниці в умовах надання технологічних «вікон» на основі автоматизації розрахунку графіку руху поїздів та впровадження варіанту із раціональним використання пропускної спроможності економічна ефективність з наростаючим підсумком за період п'яти років близько 42 млн.грн.

Список використаної літератури

- 1 Прохорченко Г.О., Симутін О.Ю., Пасторова В.В. Автоматизація розрахунку графіка руху поїздів на прикордонній дільниці при наданні технологічних «вікон». Тези доповідей 5-та міжнародної науково-технічної конференції «Інтелектуальні транспортні технології», Україна. Харків. УкрДУЗТ. С.110-112.
- 2 Минко Л. М. Залізничний транспорт України. Основи розвитку. / Л. М. Минко //– 2017. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.economy.nauka.com.ua/?op=1&z=5399>. – Назва з екрана.
- 3 Стратегія розвитку високотехнологічних галузей до 2025 2016 року схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 11 травня 2016року – Режим доступу до ресурсу: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/NT2352.html – Назва з екрана.
- 4 План УЗ відновити сполучення Режим доступу до ресурсу: <https://www.epravda.com.ua/news/2019/06/21/648976/>. – Назва з екрана.
- 5 УЗ оптимізує роботу завдяки єдиній системі контролю перевезень.27.07.2023 року – Режим доступу до ресурсу: <https://www.unian.ua/economics/transport/678188-uz-optimizue-robotu-zavdyaki-ediniy-sistemi-kontrolyu-perevezen.html>. – Назва з екрана.
- 6 Бистрицька О.А. Грузоперевозки по железной дороге в 2018 году. Итоги] / О. А. Бистрицька //– 2019. – Режим доступу до ресурсу: https://cfts.org.ua/articles/itogi_gruzoperevozok_po_zheleznoy_doroge_v_2018_godu_1504/106439. – Назва з екрана.
- 7 Порядок направления вагонопотоков и организации их в грузовые поезда на 2018-2019 гг. (План формирования поездов) . Затверджено рішенням Правління АТ «Укрзалізниця»від 07.12.2018 року – Режим доступу до ресурсу: https://www.uz.gov.ua/cargo_transportation/. – Назва з екрана.

8 Козлов, В.Е. Эффективность диспетчерской централизации на однопутных и двухпутных линиях. /В.Е. Козлов//Труды ЦНИИМПС. 1959. С151 -167.

9 Климов, М.Ф. Исследование методов организации движения поездов при производстве капитальных путевых работ на двухпутных линиях. : дис... канд.тех.наук: 05.22.08/ Климов Михаил Федорович. М., 1962. 151с.

10 Богачёв, А.И. Исследование «окон» в графике движения поездов и их использование при производстве путевых работ. : дис... канд.тех.наук: 05.22.08/Богачёв Александр Иванович. М., 1945. — 180с.

11 Богачёв, А.И. Организация движения в условиях выполнения путевых работ. /А.И. Богачёв// М.: Транспорт, 1955.— 240с.

12 Богачёв, А.И. Увеличение пропускной способности двухпутных участков и станций при ремонте и реконструкции. /А.И. Богачёв// Труды РИИЖТа, 1961, С 144-172.

13 Богачёв, А.И. Экономически выгодная продолжительность «окна» на двухпутных участках при выполнении капитального ремонта пути. /А.И. Богачёв// Труды РИИЖТа. 1964 47с.

14 Богачёв, А.И. Расчёт оптимальной продолжительности «окон» в графике движения поездов на двухпутных участках с помощью ЭВМ. /А.И. Богачёв// Труды РИИЖТа. 1977. С 22-34.

15 Макарошкин, А.М. Оптимизация развития пропускной способности железнодорожных линий и полигонов. : дис... канд.тех.наук: 05.22.08//Макарошкин Анатолий Игоревич // МИИТ, 1970. С 340.

16 Альбрехт В.Г. Методика выбора оптимального «окна» и сравнение вариантов организации работ при реконструкции и капитальном ремонте пути. Рукопись МИИТа, 1955. 145с.

17 Мельник А.П. Организация движения поездов на двухпутных линиях в период выполнения путевых работ. Дисс. к.т.н. ЦНТМПС, 1956. - 215с.

18 5. Дьяков Ю.В. Повышение уровня использования и комплексное развитие пропускной способности железнодорожных направлений. Дисс. д.т.н. МИИТ, 1984.-475с.

19 6 Алгоритмизация процессов оценки пропускной способности железнодорожных участков в условиях предоставления окон Текст научной статьи по специальности «Строительство и архитектура» Тимченко В.С.С ВУ9177

20 О.А. Немовча Удосконалення техноогії планування вікону графіку руху поїздів для ремонтно-колійних робітз використанням автоматизованих систем Організація перевезень і управління на транспортіЗбірник наукових праць УкрДАЗТ, 2012, вип. 131

21 Szafrński Z. (2009) „Zarządzanie przepustowością infrastruktury kolejowej.” Wydawnictwa Politechniki Warszawskiej, Warszawa.

22 Артемьев Н.И. Исследование неравномерности перевозок грузов и пути её снижения. Дисс. канд. тех. наук. М.: 1967.-258с.

23 Szafrński Z. (2009) „Zarządzanie przepustowością infrastruktury kolejowej.” Wydawnictwa Politechniki Warszawskiej, Warszawa.

24 Кострома, Т.В. Исследование принципов построения и эффективности системы интервального регулирования, предназначенных для применения в период ремонтно-восстановительных работ на железнодорожном транспорте. : дис... канд.тех.наук: 05.22.08/Кострома Татьяна Васильевна// .М.,1980.-199с.

25 Мельник, А.П. Организация движения поездов на двухпутных линиях в период выполнения путевых работ. : дис... канд.тех.наук: 05.22.08//Мельник Анатолий Петрович// ЦНТМПС, 1956. - 215с.

26 Антонов, Ю.А., Печугин, Д.А. Пути сокращения эксплуатационных потерь при предоставлении «окон» на грузонапряжённых линиях. . /Ю.А. Антонов; Д.А. Печугин// Труды НИИЖТа., 1965. С 13-27.

27 Дьяков, Ю.В. Повышение уровня использования и комплексное развитие пропускной способности железнодорожных направлений. : дис... канд.тех.наук: 05.22.08/Дьяков Юрий Викторович// МИИТ, 1984 С 475.

28 Яхимович, В.В. Повышение эффективности эксплуатационной работы железных дорог путем оптимизации технологии капитального ремонта пути на полигоне В. Сиб. Региона : дис... канд.тех.наук: 05.22.08/Яхимович Владимир Викторович//, М., 2004. – С 24.

29 Мельник, А.П. Организация движения поездов на двухпутных линиях в период выполнения путевых работ. : дис... канд.тех.наук: 05.22.08/Мельник Алексей Павлович//ЦНТМПС, 1956. 215с.

30 Климов, М.Ф. Исследование методов организации движения поездов при производстве капитальных путевых работ на двухпутных линиях. : дис... канд.тех.наук: 05.22.08/Климов Михаил Федорович// М., 1962. С 151.

31 Дьяков, Ю.В. Повышение уровня использования и комплексное развитие пропускной способности железнодорожных направлений. : дис... канд.тех.наук: 05.22.08/Дьяков Юрий Викторович//МИИТ, 1984. С 475.

32 Прохорченко Г.О. Автоматизація розрахування графіка руху поїздів при наданні технологічних «вікон» для проведення ремонтних робіт / Г.О.Прохорченко, А.О. Лісняк , М.С. Василюк, А.О. Любіна// Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. –2019. –№ 4. – С. 99.

33 Краснов, О.Г. Повышение эффективности глубокой очистки балласта железнодорожного пути совершенствованием щебнеочистительных устройств. : дис... канд.тех.наук: 05.22.08/Краснов Олег Георгиевич//СПб., 2002. 160с.

34 Болобонкин ,В.С. Производственники одобряют. Путь и путевое хозяйство №2, / В.С. Болобонкин// 2004 С 1-32.

35 Путь и путевое хозяйство №12. Новая технология капитального ремонта пути. М. 2000, — с25-26.

36 Толмачёв, В.Н. Анализ вариантов схем участков ремонтно-путевых работ. Транспорт, наука, техника, управление, / В.Н. Толмачёв// 2003 №5. С 36.

37 Інструкція про порядок надання та використання вікон у графіку руху поїздів для ремонтних і будівельних робіт на залізницях України (ЦД-ЦП-ЦШ-ЦЕ-0083), затверджена наказом Укрзалізниці від 16.06.2011 № 290-Ц: навч.-метод. посіб./ О.Ф. Вергун, Н.В. Липовець// –К.: Транспорт України, 2011. – С 109.

38 Інструкція з забезпечення безпеки руху поїздів при виконанні колійних робіт на залізницях України. (ЦП 0273), затверджена наказом Міністерства інфраструктури України від 02 квітня 2012 р. № 204: навч.-метод. посіб./ Татуревич А.П., Рибкін В.В., Бабенко А.І., Губар О.В., . Верхняцький О.А., Уманов М.І., Андреев В.С.// , –К.: Транспорт України, 2012. – С 99.

39 Інструкція з руху поїздів та маневрової роботи на залізницях України (ЦД-0058) затверджена наказом Міністерства інфраструктури України від 31.05.2005 № 507: навч.-метод. посіб./, –К.: Транспорт України, 2005. – С 462.

40 Інструкція з сигналізації на залізницях України (ЦШ-001) затверджена наказом Міністерства інфраструктури України від 23.06.2008 №747 : навч.-метод. посіб./, –К.: Транспорт України, 2008. – С 159.

41 Правила технічної експлуатації залізниць України затверджена наказом Міністерства транспорту України від 20.12.1996 №411 : навч.-метод. посіб./, –К.: Транспорт України, 1996. – С 132 .

42 Gonzalez T Flowshop and jobshop schedules: complexity and approximation / T.Gonzalez, S.Sahni// European Journal of Operational Research. –1978. – №26(1). –Р. 36–52.

43 Гэри ,М. Вычислительные машины и труднорешаемые задачи:пер.с англ. / М.Гэри, Д.Джонсон.//– Москва: Мир, 1982. – 416 с.

44 Генетические алгоритмы, искусственные нейронные сети и проблемы виртуальной реальности /Г.К.Вороновский, К.В.Махотило, С.Н.Петрашев, С.А.Сергеев – Харьков: Основа, 1997. – С 112 .

45 Ярушкина, Н.Г. Основы теории нечетких и гибридных систем: Учеб. пособие. / Н.Г.Ярушкина.// – М.,2004.- 320 с.

46 Ikotun A.M. The effectiveness of genetic algorithm in solving simultaneous equations /A.M/Ikotun, N.O.Lawal, P.A.Adelokun// International journal of computer applications. –2011. –№8. –38-41 p.

47 Basima H. Evaluating the effectiveness of mutation operators on the behavior of genetic algorithm to non-deterministic polynomial problems/ H.Basima, S.Moutaz// Infomatica. –2011. –№35. –513-58 p.

48 Cengis K. An application of effective genetic algorithm for solving hybrid flow shop scheduling problems / K.Cengis// International journal of computation intelligence system. –2018. –№2. –134-147 p.

49 Praveen P. Effective information retrieval using genetic algorithms based matching functions adaptation / P.Praveen, G.Michael//System Sciences. – 2000. –№4. –14-17 p.