

Український державний університет залізничного транспорту

Кафедра залізничних станцій та вузлів

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ НАЛИВНИХ ВАНТАЖІВ
ЗАЛІЗНИЦЕЮ У МІЖНАРОДНОМУ СПОЛУЧЕННІ

Пояснювальна записка та розрахунки
до кваліфікаційної роботи

ПЕГПНВ.300.00.00.000 ПЗ

Розробив студент групи 215-МКТ-Д22
спеціальності 275 / 275.02 (роботу
виконано самостійно, відповідно до
принципів академічної доброчесності)



(підпис)

Олег ХАРАТІН

Керівник: доцент, канд. техн. наук

Аліна КОЛІСНИК

Рецензент: доцент, канд. техн. наук

Лариса ПАРХОМЕНКО

АНОТАЦІЯ

Дана кваліфікаційна робота включає в себе 14 слайдів презентації, 85 аркушів пояснювальної записки формату А4, що включає 21 рисунок, 4 таблиць, 45 літературних джерел.

Ключові слова: НАЛИВНІ ВАНТАЖІ, МІЖНАРОДНЕ СПОЛУЧЕННЯ, ФЛЕКСІТАНК, ЦИСТЕРНА, РОСЛИННІ ОЛІЇ.

Об'єктом дослідження є процес функціонування системи вантажних перевезень в умовах транспортування наливних вантажів залізницею.

Метою дослідження є підвищення ефективності перевезення наливних вантажів залізницею у міжнародному сполученні при функціонуванні автоматизованої технології для управління вантажопотоками в межах середовища інформаційно-керуючої системи.

В кваліфікаційній роботі проведено дослідження використання технологій транспортування наливних вантажів в Україні та за кордоном. Формалізовано технологію транспортування наливних вантажів залізницею з урахуванням накопичення транспортних одиниць (контейнерів, флексітанків, цистерн) на терміналах «сухий порт» та подальшого їх транспортування залізницею до морського порту.

Удосконалено інформаційно-керуючу систему взаємодії залізничних термінальних, сортувальних станцій та морських портів.

Проведено техніко-економічне обґрунтування запропонованих заходів.

ABSTRACT

This qualification work includes 14 presentation slides, 85 pages of an explanatory note in A4 format, featuring 21 figures, 4 tables, and 45 literature references.

Keywords: LIQUID BULK CARGO, INTERNATIONAL SHIPPING, FLEXITANK, TANKER, VEGETABLE OILS.

The object of the study is the the process of functioning of the freight transportation system in the context of liquid bulk cargo transportation by rail.

The purpose of the research is to increase the efficiency of liquid bulk cargo transportation by rail in international traffic with the operation of automated technology for managing cargo flows within the information and control system environment.

The qualification work proposes a study was conducted on the use of liquid bulk cargo transportation technologies in Ukraine and abroad. The technology of liquid bulk cargo transportation by rail was formalised, taking into account the accumulation of transport units (containers, flexitanks, tanks) at dry port terminals and their further transportation by rail to the seaport.

The information and management system of interaction between railway terminals, marshalling yards and seaports was improved.

A feasibility study of the proposed measures was carried out.

Український державний університет залізничного транспорту

Факультет управління процесами перевезень

Кафедра залізничних станцій та вузлів

Освітній рівень: магістр

Спеціальність 275 Транспортні технології

275.02 Транспортні технології (на залізничному транспорті)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри,
професор, д-р техн. наук

 Олександр ОГАР

« 30 » вересня 2024 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Харатіну Олегу Степановичу

1. Тема проекту (роботи) «Підвищення ефективності перевезення наливних вантажів залізницею у міжнародному сполученні»

керівник Колісник Аліна Володимирівна, канд. техн. наук, доцент

затверджена розпорядженням по факультету управління процесами перевезень від 30 вересня 2024 року № 12 /24.

2. Строк подання студентом роботи 25 грудня 2024 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Правила перевезення наливних вантажів., правила перевезень небезпечних вантажів, статистичні дані обсягів вантажних перевезень залізницею за 2020-2024 роки.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ.

1 Аналіз статистичних даних вантажних перевезень в Україні і за кордоном

2 Закордонний та вітчизняний досвід при транспортуванні наливних вантажів залізницею

3. Формалізація процесу транспортування наливних вантажів у міжнародному сполученні.

3.1 Побудова математичної моделі способу транспортування олії

соняшникової залізничним транспортом в системі інтермодальних перевезень



4 Удосконалення елементів системи підтримки прийняття рішень для впровадження їх на АРМи працівників

5 Визначення економічної ефективності від запропонованої технології

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Мета та завдання дослідження 2. Об'єкт, предмет дослідження, елементи наукової новизни 3. Аналіз статистичних даних вантажних перевезень в Україні 4.. Дослідження технологій транспортування наливних вантажів в Україні та за кордоном. 6. Модель управління процесом транспортування наливних вантажів залізницею 7. Оптимізація моделі 8. Структура інформаційно-керуючої системи 9. Розрахунки економічної ефективності запропонованої технології.10 Висновки

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 доцент, канд.екон.наук		

7. Дата видачі завдання 14 жовтня 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1 Обґрунтування розвитку та стану дослідження контейнерних перевезень в Україні	24.10.2024	виконано
2 Аналіз існуючої технології роботи сортувальної станції	04.11.2024	виконано
3 Розрахунок показників роботи сортувальної станції	17.11.2024	виконано
4 Розробка моделі управління процесом переробки контейнеропотоків на сортувальній станції	20.11.2024	виконано
5 Удосконалення структури інформаційно-керуючої системи перевізного процесу	30.11.2024	виконано
6 Визначення економічної ефективності від впровадження автоматизованої технології	15.12.2024	виконано
Оформлення роботи	20.12.2024	виконано

Студент



Олег ХАРАТИН

Керівник



Аліна КОЛІСНИК

Зміст

Вступ	8
1 Аналіз статистичних даних вантажних перевезень в Україні і за кордоном	11
1.1 Показники статистичних даних вантажних перевезень залізницею	11
1.2 Огляд наукових досліджень в області транспортування наливних вантажів	18
1.3 Аналіз статистичних даних щодо обсягів виробництва та експорту олії соняшникової в Україні	22
2 Закордонний та вітчизняний досвід при транспортуванні наливних вантажів залізницею	27
2.1 Характеристика рухомого складу для транспортування наливних вантажів	27
2.2 Дослідження способів транспортування небезпечних наливних вантажів	38
3 Формалізація процесу транспортування наливних вантажів у міжнародному сполученні	46
3.1 Побудова математичної моделі способу транспортування олії соняшникової залізничним транспортом в системі інтермодальних перевезень	46
3.2 Вибір способу отримання рішення оптимізаційної задачі	50
3.3 Оптимізація задачі	52
4. Удосконалення елементів системи підтримки прийняття рішень для впровадження їх на армі працівників	55
4.1 Основні відомості про автоматизовану систему керування вантажними перевезеннями, що функціонує на мережі залізниць України.	55
4.2 Впровадження нових елементів в існуючу систему підтримки прийняття рішень на АРМи працівників	57

ПЕПНВ.300.00.00.000 ПЗ									
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Підвищення ефективності перевезення наливних вантажів залізницею у міжнародному сполученні	Літ.	Арк.	Акрушіє	
		Розроб.	Харатін О.С.					6	85
		Перевір.	Колісник А.В.						
		Н. Контр.	Шаповал Г.В.						
		Затверд.	Огар О.М.						УкрДУЗТ

5 Економічна доцільність впровадження технології транспортування наливних вантажів залізницею у міжнародному сполученні	61
5.1 Визначення вартості на перевезення олії з використанням флексітанків різними видами транспорту	61
5.2 Поняття економічної доцільності від інноваційних проектів на транспорті та шляхи її підвищення	66
5.3 Визначення економічної доцільності транспортування олії з використання флексітанків	70
5.4 Економічна доцільність удосконалення автоматизованої технології при впровадженні нових елементів ДО СППР на АРМі інтермодальних операторів АСКВПУЗ-Є	73
Висновки	71
Список використаних джерел	81

						ПЕПНВ.300.00.00.000 ПЗ	Арк
							7
Зм.	Арк	№ документа	Підпис	Дата			

Вступ

Актуальність теми. Наливні вантажі займають важливе місце в міжнародних перевезеннях, зокрема нафтопродукти, хімічні речовини та інші рідкі вантажі, що є критичними для економіки багатьох країн. Ефективність їх транспортування визначає стабільність роботи ключових галузей, таких як енергетика, хімічна промисловість і сільське господарство.

З огляду на зростання обсягів міжнародної торгівлі та ускладнення логістичних ланцюгів, підвищення ефективності перевезень наливних вантажів залізницею стає все більш актуальним. Використання залізничного транспорту для таких перевезень забезпечує значні переваги: високу вантажопідйомність, безпеку і зниження екологічного навантаження. Однак у сучасних умовах виникає необхідність подолання низки проблем, серед яких:

- нестача спеціалізованих вагонів-цистерн;
- нерівномірність завантаження транспортних коридорів;
- недостатня автоматизація процесів управління вантажопотоками;
- тривалі простої на прикордонних станціях через технічні чи митні процедури.

Актуальність теми обумовлена потребою впровадження сучасних технологій управління перевезеннями, зокрема автоматизованих систем для планування, контролю й оптимізації маршрутів. Особливого значення набуває інтеграція цифрових рішень, які дозволяють знизити експлуатаційні витрати, підвищити швидкість доставки вантажів і забезпечити більш ефективну взаємодію між учасниками міжнародного транспортного процесу.

Дослідження у цій сфері спрямовані на вдосконалення технологій перевезень, забезпечення їхньої економічної доцільності та екологічної безпеки, що робить тему надзвичайно важливою в контексті сучасних викликів міжнародної логістики.

В умовах війни питання транспортування вантажів у міжнародному сполученні набуває особливої актуальності, оскільки українські морські порти переважно припинили свою діяльність через дії країни-агресора. У цій ситуації залізничний транспорт стає ключовою альтернативою, оскільки дозволяє забезпечити перевезення великих обсягів вантажів на значні відстані з мінімальними витратами.

Номенклатура вантажів, що транспортуються залізницею, є досить широкою, серед них значну частину займають наливні вантажі, зокрема нафтопродукти, спирт, олія соняшникова тощо. Україна є провідним експортером соняшникової олії, що робить удосконалення технологій транспортування наливних вантажів у міжнародному сполученні стратегічно важливим напрямком для збереження економічної стабільності та забезпечення міжнародних партнерів необхідними ресурсами.

Удосконалення технології перевезень наливних вантажів залізницею сприятиме підвищенню ефективності транспортної системи, скороченню часу доставки та зниженню логістичних витрат. Крім того, це дозволить зменшити залежність від морських портів і забезпечити безперебійний експорт стратегічно важливих товарів.

Таким чином, розвиток технологій транспортування наливних вантажів залізницею є пріоритетним завданням для сучасної України, спрямованим на адаптацію до нових умов міжнародної логістики.

Для транспортування рідких вантажів залізницею можуть використовуватись цистерни, танк-контейнери, флексі-танки, контейнери. Набуває популярності використання флексі-танків, які мають ряд переваг в порівнянні з іншими способами, а саме більша місткість, легкість в навантаженні та вивантаженні, зручний спосіб перевантаження флексі-танків з одного виду транспорту на інший, за рахунок чого скорочується час доставки.

Об'єктом дослідження є процес функціонування системи вантажних перевезень в умовах транспортування наливних вантажів залізницею.

Предмет дослідження – технологія транспортування наливних вантажів.

Враховуючи вищенаведене, тема магістерської кваліфікаційної роботи є актуальною і зорієнтованою на підвищення ефективності надання транспортних послуг та покращення фінансово-економічних показників роботи залізничного транспорту при взаємодії з іншими видами транспорту. [1].

Метою магістерської кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності перевезення наливних вантажів залізницею у міжнародному сполученні при функціонуванні автоматизованої технології для управління вантажопотоками в межах середовища інформаційно-керуючої системи.

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити наступні *завдання*:

- провести аналіз статистичних показників вантажних перевезень залізницею, зокрема обсягів транспортування наливних вантажів ;
- провести дослідження використання технологій транспортування наливних вантажів в Україні та за кордоном;
- формалізувати технологію транспортування наливних вантажів залізницею з урахуванням накопичення транспортних одиниць (контейнерів, флексітанків, цистерн) на терміналах «сухий порт» та подальшого їх транспортування залізницею до морського порту;
- удосконалити інформаційно-керуючу систему взаємодії залізничних термінальних, сортувальних станцій та морських портів;
- провести техніко-економічне обґрунтування запропонованих заходів.

Елементи наукової новизни. Математичні моделі надходження та накопичення вантажопотоків до терміналів «сухий порт» та процес транспортування залізницею до морських портів у міжнародному сполученні при взаємодії залізничних термінальних, сортувальних станцій та морських портів.

Висновки

Дослідження статистичних даних демонструє тенденцію збільшення обсягів експорту з України вантажів, таких як соняшникова олія та зернові культури. У зв'язку з цим вимагається вдосконалення існуючих технологій транспортування наливних вантажів у міжнародному сполученні із залученням залізничного транспорту, зокрема рослинних олій.

В першому розділі проведено аналіз статистичних даних вантажних перевезень в Україні та за кордоном. Виявлено, що одним із найбільш розповсюдженим вантажем, що експортується є рослинні олії. Україна залишається провідним світовим експортером соняшникової олії, компанія Kernel є лідером ринку, найбільшим виробником рослинної олії в Україні. Обсяг виробництва складають 3 000 тис. тонн на рік. Розглянуто різні способи транспортування наливних вантажів, а саме: технології використання флексітанків, танк-контейнерів, цистерн.

В другому розділі розглянуто закордонний та вітчизняний досвід при транспортуванні наливних вантажів залізницею, наведена характеристика рухомого складу для транспортування наливних вантажів. В роботі проаналізовано різні варіанти перевезення наливних вантажів залізницею, виявлено основні переваги та недоліки. При порівнянні використання різних технологій для транспортування олії в системі інтермодальних перевезень за участю залізниць, було розраховано вартість транспортування залізницею з використанням різних способів перевезення, а саме, контейнерів з флексітанками, контейнерів з бочками, а також використання залізничних цистерн. Визначено, що при мінімальних витратах для транспортування 10000 т до порту Одеса, найвигіднішим є варіант використання контейнерів з флексітанками. Вищенаведені результати показали, що найвигіднішим варіантом транспортування соняшникової олії за участю залізниці є використання флексітанків з контейнерами.

Була запропонована математична модель удосконаленої технології, яка дозволить обрати оптимальний варіант транспортування олії соняшникової або

іншого виду безпечного наливного вантажу з урахуванням способу перевезення, дальності перевезення та мінімізувати непродуктивні простой під час транспортування вантажу залізницею.

На основі математичної моделі пропонується удосконалити АСКВПУЗ-Є шляхом інтегрування нового елемента СППР на АРМ інтермодального оператора, що дозволить обрати оптимальний час накопичення та вид відправки наливного вантажу з мінімальними витратами та часом транспортування. Сумарний економічний ефект, який складається з економічної вигоди для вантажовідправника та залізниці з урахуванням поточних та капітальних витрат від використання запропонованої автоматизованої технології протягом 10 років становитиме 102,59 млн. грн.

Список використаних джерел

1. Харатін О., Немченко О. Перспективи розвитку вантажних перевезень залізницею. Тези 84 студентської наукової-технічної конференції (11 - 12 грудня 2024 р.). URL: <https://kart.edu.ua/wp-content/uploads/2024/12/tezi-sntk-84.pdf>
2. Ukraine agri-exports decline on the month. URL: <https://www.argusmedia.com/en/news-and-insights/latest-market-news/2634327-ukraine-agri-exports-decline-on-the-month>
3. Crude oil imports and prices: changes in 2022. URL: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/w/DDN-20230328-1>
4. The history of oil transportation logistics: the experience of interaction between water and rail transport. URL: https://www.researchgate.net/publication/356499156_The_history_of_oil_transportation_logistics_the_experience_of_interaction_between_water_and_rail_transport
5. Moving Crude Oil by Rail. URL: https://www.energy.gov/sites/prod/files/2014/08/f18/chicago_qermeeting_gray_statement.pdf
6. Сучасний стан, проблеми та перспективи розвитку вантажних залізничних перевезень в Україні. URL: <http://ppeu.stu.cn.ua/article/view/205304>
7. Environmental risk analysis of hazardous material rail transportation. URL: https://www.researchgate.net/publication/258634733_Environmental_risk_analysis_of_hazardous_material_rail_transportation
8. Optimizing Railroad Tank Car Safety Design to Reduce Dangerous Goods Transportation Risk. URL: https://www.researchgate.net/publication/265986626_Optimizing_Railroad_Tank_Car_Safety_Design_to_Reduce_Dangerous_Goods_Transportation_Risk
9. Модель доставки соняшникової олії в контейнерах в напрямку європейських країн. URL:

<https://api.dspace.khadi.kharkov.ua/server/api/core/bitstreams/2f62026c-00c8-4c36-9325-bff39c8ab434/content>

10. Вантажні перевезення на залізничному транспорті: Підручник / О.В. Лаврухін та ін. – Харків: УкрДУЗТ, 2016. – Ч. 2. – 278 с.

11. Організація перевезення небезпечних вантажів: Навч. посібник / С. В. Панченко та ін. – Харків: УкрДУЗТ, 2019. – Ч. 2. – 215 с.

12. Правила перевезення наливних вантажів. URL: <https://raido.org.ua/files/030.pdf>

13. Транспортування нафти, нафтопродуктів і газу: навч. посіб. / Л.Н. Ширін, О.В. Денищенко, С.Є. Барташевський, Є.А. Коровяка, В.О. Расцветаєв ; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Дніпро: НТУ «ДП», 2019. – 203 с.

14. Andrea Galieriková1, Jarmila Sosedová1, Andrej Dávid1 and Miroslav Bariak1 Transport of dangerous goods by rail. URL: https://www.matec-conferences.org/articles/matecconf/pdf/2018/94/matecconf_hort2018_00004.pdf

15. Vasyl Gaba , Tetiana Hrushevska, Oleg Strelko , Anna Kyrychenko , Marina Rudyuk , and Ievgen Gusar1 Improvement of international rail transportation of benzene between Ukraine and the European Union countries https://www.matec-conferences.org/articles/matecconf/pdf/2019/43/matecconf_eot18_04010.pdf

16. Mathematical model of the logistics chain for the delivery of bulk cargo by rail transport. URL: https://www.academia.edu/74638608/Mathematical_model_of_the_logistics_chain_for_the_delivery_of_bulk_cargo_by_rail_transport

17. Improvement of the soft containers use in transportation of the bulk cargo. URL: https://www.researchgate.net/publication/372423330_Improvement_of_the_Soft_Containers_Use_in_Transportation_of_the_Bulk_Cargo

18. Shipping oil by rail is booming. Technology can make it safer. URL: <https://theconversation.com/shipping-oil-by-rail-is-booming-technology-can-make-it-safer-39165>

19. Обґрунтування доцільності транспортування соняшникової олії з використанням флексітанків у системі інтермодальних перевезень. URL: <http://jiks.kart.edu.ua/article/view/283309>
20. U.S. Rail Transportation of Crude Oil: Background and Issues for Congress. URL: <https://sgp.fas.org/crs/misc/R43390.pdf>
21. Олія соняшникова. Технічні умови. URL: <https://ses-help.org.ua/dstu/%D0%94%D0%A1%D0%A2%D0%A3%204492-2005%20%D0%BE%D0%BB%D1%96%D1%8F-1.pdf>
22. Multicriterial mathematical model for creating vehicle routes to transport goods. URL: <https://journals.vilniustech.lt/index.php/Transport/article/view/5593/4854>
23. Стройко Т.В. Експортна логістика олійно-жирової галузі України та необхідність її державної підтримки. Економіка і регіон.- №6 (49), 2014 – ПолтНТУ.- С. 3-8.
24. Логістичні рішення та особливості доставки рослинних олій за допомогою флексітанків. URL: <https://logist.fm/publications/logistichni-rishennya-ta-osoblivosti-dostavki-roslinnih-olii-za-dopomogoyu-fleksitankiv>
25. Прокудін Г.С., Підвищення ефективності організації міжнародних вантажних перевезень соняшникової олії. / Ю.А. Редіч, Я.В. Єрко // Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки. - Том 32 (71), Ч. 2, № 2, 2021.- С.212-215.
26. Вантажні перевезення на залізничному транспорті: Підручник / О.В. Лаврухін та ін. – Харків: УкрДУЗТ, 2015. – Ч. 1. – 260 с
27. Flexitank. Перевезення наливних вантажів - експорт, імпорт. URL: <https://seaandair.com.ua/transport/sea/flexitank/>
28. У березні експорт соняшникової олії з України склав 524 тис т, що є найбільшим за час війни обсягом. URL: <https://ukragroconsult.com/news/u-berezni-eksport-sonyashnykovoyi-olii-z-ukrayiny-sklav-524-tys-t-shho-ye-najbilshym-za-chas-vijny-obsyagom/>

29. Експорт соняшникової олії сягнув рекордного показника - 6,9 млн тонн на суму 5,3 млрд дол. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-economy/3196114-ukraina-torik-eksportovala-rekordnij-obsag-sonasnikovoi-olii.html>
30. У 2022 році найбільше української олії закупила Польща. URL: <https://agravery.com/uk/posts/show/u-2022-roci-najbilse-ukrainskoi-olii-zakupila-polsa>
31. Transportation of Oil and Gas. URL: [GroupLM_OilGasMovement_Proj1.pdf \(uvic.ca\)](#)
32. Flexitanks Market by Application and Geography - Forecast and Analysis 2021-2025. URL: <https://www.technavio.com/report/flexitanks-market-industry-analysis>
33. Логістичні рішення та особливості доставки рослинних олій за допомогою флекситанків: URL: <https://logist.fm/publications/logistichni-rishennya-ta-osoblivosti-dostavki-roslinnih-olii-za-dopomogoyu-fleksitankiv>
34. Методичні рекомендації начальнику станції щодо організації перевізного процесу [Текст]. затв. Наказом Укрзалізниці від 17.12.2008 № 543-Ц.-К.:Укрзалізниця, 2009.- 623с.
35. Балака Є.І., Зоріна О.І., Колесникова Н.М., Писаревський І.М.Оцінка економічної доцільності інвестицій в інноваційні проекти на транспорті. Навч.посіб.- Харків: УкрДАЗТ,2005.- 210с.
36. Удосконалення технології перевезення наливних вантажів. URL: <http://lib.kart.edu.ua/bitstream/123456789/12677/1/%d0%9f%d1%80%d0%be%d0%b4%d0%b0%d1%89%d1%83%d0%ba.pdf>
37. Удосконалення технології перевезення наливних вантажів залізницями України.URL:<http://lib.kart.edu.ua/bitstream/123456789/12951/1/%d0%a4%d0%b0%d1%94%d0%b2%d1%81%d1%8c%d0%ba%d0%b0.pdf>
38. Оцінка вимог інтероперабельності до українських вагонівцистерн, які призначені для перевезення небезпечних вантажів залізничним транспортом.URL:<https://journals.indexcopernicus.com/api/file/viewById/1761695>
39. Тарифне керівництво №4 залізниць України . URL: https://uz.gov.ua/cargo_transportation/legal_documents/tk4/

40. Збірник тарифів на перевезення вантажів у межах України та пов'язані з ними послуги. URL: https://uz.gov.ua/cargo_transportation/tariff_conditions/transportation_in_ukraine/collection_rates/
41. Вантажні перевезення. Управління вантажною і комерційною роботою: Підручник / С.В. Панченко, А.О. Каграманян, В.С. Блиндюк та ін. – Харків: УкрДУЗТ, 2016. – Ч. 2. – 462 с., рис. 179, табл. 20.
42. Колісник А. В. Формування автоматизованої технології транспортування контейнерів залізницею на основі теорії випадкових потоків : дис. ...канд. техн. наук : 05.22.01 – транспортні системи ; 27–Транспорт / Аліна Володимирівна Колісник ; наук. керівник Бутько Т. В. ; Укр. держ. ун-т залізн. трансп. - Харків, 2020. - 225 с.- Бібліогр. : с. 159-173.
43. Давідіч Ю. О. Конспект лекцій з дисципліни «Моделювання транспортних систем» (для магістрів усіх форм навчання спеціальності 275 – Транспортні технології) / Ю. О. Давідіч, Г. І. Фалецька; Харків. нац. ун-т. міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 71 с
44. Kirkpatrick, S.; Gelatt Jr, C. D.; Vecchi, M. P. (1983). "Optimization by Simulated Annealing". *Science*. 220 (4598): 671–680. URL: Bibcode:1983Sci...220..671K. CiteSeerX 10.1.1.123.7607. doi:10.1126/science.220.4598.671. JSTOR 1690046. PMID 17813860. S2CID 205939.
45. Khachaturyan, A.; Semenovskaya, S.; Vainshtein, B. (1979). "Statistical-Thermodynamic Approach to Determination of Structure Amplitude Phases". *Sov.Phys. Crystallography*. 24 (5): 519–524.
46. Розрахунок залізничного тарифу: URL:<http://tmkarta.com/ru/index/index.php>