

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ ІМ. АКАДЕМИКА В. ЛАЗАРЯНА

**ДЖЕНЧАКО ВАДИМ ГЕОРГІЙОВИЧ**



УДК 656.073 (043.3)

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ТРАНСПОРТНО-  
ВАНТАЖНОГО КОМПЛЕКСУ ПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА З  
ВИВАНТАЖЕННЯ МАСОВОЇ СИРОВИНИ У ЗИМОВИЙ ПЕРІОД**

Спеціальність 05.22.12 – промисловий транспорт  
27 – транспорт

**АВТОРЕФЕРАТ**  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Дніпро – 2017

Дисертацією є рукопис

Робота виконана на кафедрі транспортних технологій підприємств у Державному вищому навчальному закладі «Приазовський державний технічний університет» Міністерства освіти і науки України.

**Науковий керівник:** доктор технічних наук, професор  
**Парунакян Ваагн Емільович**, професор кафедри транспортних технологій підприємств (ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Маріуполь)

**Офіційні опоненти:** доктор технічних наук, доцент  
**Турпак Сергій Миколайович**, професор кафедри транспортних технологій (Запорізький національний технічний університет, м. Запоріжжя)

кандидат технічних наук, доцент  
**Сістук Володимир Олександрович**, доцент кафедри автомобільного транспорту (ДВНЗ «Криворізький національний університет», м. Кривий Ріг)

Захист відбудеться « 29 » червня 2017 р. о 14.30 на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.820.01 при Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна за адресою: 49010, м. Дніпро, вул. Лазаряна 2, ауд. 314.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна або на сайті університету <http://diit.edu.ua/> (Наука - Захисти у раді Д 08.820.01).

Автореферат розісланий « 27 » травня 2017 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради Д 08.820.01,  
доктор технічних наук, професор



А.М. Муха

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Промислові підприємства, і в першу чергу металургійні, що мають у своїй структурі аглофабрику з досить високою продуктивністю до 12 млн. тонн агломерату на рік, приймають щодоби з магістральної мережі 400-500 вагонів залізвмісної сировини.

У зимовий період при істотному зниженні температури довкілля тривалість розморожування значно збільшується і змінюється у широкому діапазоні від 6 до 21 години. При цьому збільшується простій вагонів зовнішньої мережі з 13-14 до 35-36 годин, а пропускна спроможність гаражів розморожування (ПС ГР) знижується до 200-250 вагонів на добу і не відповідає потрібній переробній спроможності транспортно-вантажного комплексу (ПС ТВК), яка становить до 430 вагонів на добу. Дане положення призводить до зростання транспортних витрат, підвищеної витрати теплоносія і, як наслідок, до значних виробничих втрат. Визначальним фактором даного стану є відсутність ефективного методу і моделі визначення тривалості розморожування сировини у вагонах, а також недоліки конструкції і розташування гаражів значно ускладнюючих їх транспортне обслуговування.

Протягом тривалого часу в основу вирішення проблеми підготовки змерзлої сировини у вагонах до вивантаження були покладені теоретичні дослідження і лабораторні експерименти з використання теплових способів відновлення сипучості, засновані на вкрай обмеженому числі факторів. Так в процесі досліджень недостатньо враховувалися фізико-механічні властивості сировини, температурні і часові показники транспортного процесу та ін., що не дозволило отримати досить точних результатів на практиці. У зв'язку з цим, до теперішнього часу, проблема забезпечення стабільної роботи підприємств у зимовий період не знайшла ефективного рішення. Тому в роботі досліджуються методи і моделі, які забезпечують скорочення міжопераційних простоїв вагонів і тривалості підготовки сировини до вивантаження і як наслідок збільшення ПС ГР.

Таким чином, тема дисертаційної роботи, що спрямована на вирішення проблеми забезпечення ефективної роботи транспортно-вантажного комплексу з вивантаження масової сировини у зимовий період, є актуальною для промислового транспорту і потребує наукового вирішення.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Основні результати дисертаційної роботи отримані при виконанні науково-дослідних робіт ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»: «Вдосконалення транспортного процесу на зовнішніх і технологічних перевезеннях металургійних підприємств» (ДР № 0112U005784), «Підвищення ефективності транспортних технологій при обслуговуванні виробничих цехів і транспортно-вантажних комплексів металургійних підприємств» (ДР № 0115U004946)

**Мета і завдання дослідження.** Метою дисертаційної роботи є підвищення ефективності роботи транспортно-вантажного комплексу промислового підприємства з вивантаження масової сировини у зимовий період на основі розробки методу та моделі визначення тривалості розморожування сировини, що забезпечують переробну спроможність комплексу, зниження транспортних витрат і витрати теплоносія.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

1. Дослідити та оцінити роботу транспортно-вантажного комплексу.

2. Розробити метод визначення тривалості розморожування сировини у вагонах з проведенням промислового експерименту.

3. Розвинути метод математичного моделювання, змоделювати процес і розробити модель визначення тривалості розморожування сировини у вагонах.

4. Розробити метод і моделі підвищення ефективності роботи транспортно-вантажного комплексу.

**Об'єкт дослідження** – процес вивантаження масової сировини на транспортно-вантажному комплексі.

**Предмет дослідження** – закономірності і технологічні параметри вивантаження масової сировини на транспортно-вантажному комплексі.

**Методи дослідження.** При проведенні досліджень використовувалися наступні методи: планування експерименту - для отримання багатовимірного, різнохарактерного масиву даних, теорії ймовірності та математичної статистики - для обробки даних, отримання кореляційних і регресійних залежностей при аналізі і оцінці впливу основних факторів на процес підготовки змерзлої сировини до вивантаження; комп'ютерного моделювання і технології глибокого розвідувального аналізу даних (ГРАД) «Data mining» для дослідження закономірностей процесу та розроблення моделі визначення технологічного параметра.

### **Наукова новизна одержаних результатів.**

Вперше:

- розроблено метод визначення тривалості розморожування сировини у вагонах, у якого: в якості вихідного показника процесу приймається фактична маса залишків сировини у вагоні після вивантаження; на основі оцінки кореляційних зв'язків вихідного показника з найбільш значимими факторами, що впливають на процес в якості інтегрального, вхідного показника приймається - стан змерзлої сировини, а основний технологічний показник - тривалість розморожування визначається на основі математичного моделювання усього процесу з встановленням її залежності від найбільш впливових факторів, що в підсумку забезпечує планову переробну спроможність і ритмічну роботу транспортно-вантажного комплексу, скорочення простою вагонів і тривалості експлуатації локомотивів.

- розроблена модель визначення витрати теплоносія при підготовці змерзлої сировини у вагонах до вивантаження, на основі встановлення стадій, температурних і часових діапазонів використання акумульованого тепла, яка забезпечує економію теплоносія, збільшення пропускної спроможності гаражів розморожування і фактичної переробної спроможності транспортно-вантажного комплексу.

Отримали подальший розвиток:

- метод математичного моделювання процесу підготовки змерзлої сировини у вагонах до вивантаження з доповненням технологією глибокого розвідувального аналізу даних «Data mining», який на відміну від існуючих, дозволив дослідити багатовимірний різнохарактерний масив експериментальних даних і встановити приховані закономірні внутрішні зв'язки між великою кількістю діючих факторів;

- метод розрахунку пропускної спроможності гаражів розморожування, який на відміну від існуючого, дозволяє встановлювати кількість секцій гаражів відповідно до необхідної переробної спроможності транспортно-вантажного комплексу.

### **Практичне значення отриманих результатів.**

1. Отримані результати дозволяють в комплексі підвищити ефективність роботи транспортно-вантажного комплексу у зимовий період за рахунок:

- методу і моделі визначення тривалості розморожування сировини у вагонах;
- моделі визначення витрати теплоносія при підготовці сировини у вагонах до вивантаження з використанням акумульованого тепла;
- потокової системи роботи з застосуванням розроблених технічних рішень;
- методу оцінки стану змерзлої сировини у вагоні.

2. Основні результати досліджень використовуються в ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет» при підготовці бакалаврів, спеціалістів і магістрів за напрямом «Транспортні технології».

3. Практичну цінність результатів дослідження підтверджено відповідними документами, що приведені у додатку до дисертації.

**Особистий внесок здобувача.** Особисто автором опубліковано 16 робіт [6-21]. В роботах, опублікованих у співавторстві, Дженчако В. Г. належить: [1] - поелементний аналіз роботи вантажної станції металургійного комбінату у зимовий період з встановленням факторів, що впливають на простій вагонів; [2] - дослідження процесу підготовки сировини у вагонах до вивантаження; [3] - розробка методу визначення тривалості розморожування сировини у вагонах; [4] - дослідження впливу факторів на масу залишків сировини у вагонах з використанням ГРАД «Data mining»; [5] - побудова дерева класифікації і регресії, розробка регресійної моделі, що характеризує якість розморожування; [22] - розробка способу розморожування з використанням акумульованого тепла.

**Апробація результатів дисертації.** Матеріали дисертаційної роботи доповідалися, обговорювалися і були схвалені на наступних науково-технічних конференціях: Міжнародній науково-технічній конференції КДГМК «Криворіжсталь» (м. Кривий Ріг 2003 р); Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» (ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ, 2006 р.); Міжнародній науково-технічній конференції ВАТ «ММК ім. Ілліча» (м. Маріуполь, 2007 р); Міжнародній науково-технічній конференції «Метінвест-2011» (м. Маріуполь, 2011 р); Міжнародних науково-технічних конференціях ПАТ «Запоріжсталь» (м. Запоріжжя, 2008, 2010, 2015 р.р.); Міжнародних науково-технічних конференціях «Університетська наука» (ПДТУ, м. Маріуполь, 2005, 2009, 2013, 2015, 2016 рр.); Всеукраїнській науково-практичній конференції молодих науковців «Проблеми енергоресурсозбереження в промисловому регіоні. Наука і практика» (ПДТУ, м. Маріуполь, 2016 р.).

Результати дисертації повністю заслухано і схвалено на науковому семінарі Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна (30.06.2016 р.) та міжкафедральному семінарі ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет» (10.03.2017 р.).

**Публікації.** У відповідності з темою дисертації опубліковано 22 наукові роботи, у тому числі 6 статей у фахових виданнях, 2 статті у іноземному виданні, 1 патент та 13 тез доповідей. Зокрема, роботи [1 - 6] опубліковані у спеціалізованих виданнях, затверджених МОН України, а роботи [7, 8] - у іноземному виданні.

**Структура і обсяг дисертації.** Дисертаційна робота складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та трьох додатків.

Повний обсяг дисертації складає 191 сторінку, у тому числі: 33 рисунка за текстом, з них 13 на окремих сторінках, 21 таблиця за текстом, з них 4 на окремих сторінках, список використаних джерел з 153 найменувань на 17 сторінках, додатки на 26 сторінках. Основний текст роботи викладено на 131 сторінці.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету і задачі досліджень, відображено наукову новизну і практичне значення отриманих результатів, наведено відомості про апробацію результатів дослідження.

У **першому розділі** проведено аналіз сучасного стану проблеми, визначені мета і завдання дослідження.

Проаналізована технологія і організація роботи транспортно-вантажного комплексу (ТВК) аглофабрики, який щодоби приймає з магістральної мережі до 500 вагонів залізовмісної сировини. ПС ТВК реалізується стаціонарними роторними вагоноперекидачами загальною продуктивністю до 430 вагонів на добу.

У зимовий період при істотному зниженні температури довкілля тривалість розморожування значно збільшується і змінюється у широкому діапазоні від 6 до 21 години. При цьому збільшується простій вагонів зовнішньої мережі з 13-14 до 35-36 годин, а ПС ГР знижується до 200-250 вагонів на добу і не відповідає потрібній ПС ТВК. Зазначене призводить до зростання транспортних витрат, підвищеної витрати теплоносія і, як наслідок, до значних виробничих втрат. Головною причиною даного стану є відсутність достатньо точного методу і моделі визначення тривалості розморожування сировини у вагонах, а також недоліки конструкції гаражів (місткість і кількість секцій) значно ускладнюючих їх транспортне обслуговування.

Специфічною особливістю процесу підготовки сировини до вивантаження є наявність великої кількості факторів, діючих на сировину, які мають різний характер і змінюються в широкому діапазоні. Протягом тривалого часу в основу вирішення зазначеної проблеми були покладені теоретичні дослідження і лабораторні експерименти, засновані на вкрай обмеженому числі факторів (тривалості транспортування і температурі навколишнього середовища в пункті вивантаження). Так в процесі досліджень недостатньо враховувалися фізико-механічні властивості сировини, температурні і часові показники транспортного процесу та ін., що не дозволило отримати досить точних результатів на практиці.

Таким чином, проблема підвищення ефективності роботи транспортно-вантажного комплексу промислового підприємства (ТВК ПП) є актуальною і потребує свого вирішення. На цій основі сформульована мета дисертаційної роботи.

У відповідності з розробленою робочою гіпотезою дисертації, підвищення ефективності роботи ТВК може бути досягнуто за умови розробки методу та моделі визначення тривалості розморожування на основі отримання багатовимірною різнохарактерного масиву експериментальних даних, обґрунтування і встановлення вхідного і вихідного показників і моделювання усього процесу.

Дослідженням проблем перевезення змерзлої сировини і відновлення її сипучості займалися В. К. Виноградов, Я. М. Куртуков, С. А. Куцел, С. С. Наумов, Ю. А. Носков, О. С. Хоружий, Х. Ялох-Кох та ряд інших вчених.

У роботах В. В. Колесника, В. Н. Орлика, С. М. Турпака, висвітлені питання моделювання процесів розморожування і радіаційного нагріву вантажів.

Моделі визначення тривалості розморожування, засновані на дії обмеженої кількості факторів і лабораторних експериментах, наведено в роботах М. І. Лепнева, С. Ф. Маталасова, Є. П. Севериної та ін.

Дослідженню теплоакуюлюючих властивостей матеріалів присвячено ряд робіт А. Л. Бурки, І. В. Гашенко, Н. Е. Ляшенко.

Аналіз показав, що в зазначених роботах не розкриті закономірності та не ідентифіковані показники процесу підготовки сировини у вагонах до вивантаження, не розроблений метод визначення тривалості розморожування, не розглянуті питання оцінки витрати теплоносія та можливості використання тепла акумульованого сировиною. Подолання протиріч між існуючим станом роботи ТВК ПП і необхідним рівнем її вдосконалення потребує розробки методу та моделі визначення тривалості розморожування, які дозволять забезпечити ефективну роботу ТВК.

На основі зазначеного записана цільова функція дослідження, яка передбачає зниження плати за користування вагонами зовнішньої мережі ( $C_{пл}$ ), витрат на експлуатацію локомотивів ( $C_{л}$ ) і витрат на теплоносії ( $C_m$ ):

$$Z = f(C_{пл}; C_{л}; C_m) \rightarrow \min \quad (1)$$

При обмеженні:  $|P_{ГР} = P_{ТВК}|$

де  $P_{ГР}$  - пропускна спроможність гаражів розморожування, ваг./доб.;

$P_{ТВК}$  - переробна спроможність транспортно-вантажного комплексу, ваг./доб.

На підставі проведеного аналізу сформульовані задачі і визначені методи дослідження.

**У другому розділі** розроблено метод визначення тривалості розморожування сировини у вагонах, з цією метою досліджена та оцінена робота ТВК ПП у зимовий період, проведено промисловий експеримент та ідентифіковано основні фактори процесу.

Оцінка роботи ТВК ПП показала, що при середній тривалості підготовки групи вагонів до вивантаження 24 - 25 годин, на тривалість циклу розморожування доводиться 13 - 14 годин, який характеризується наявністю додаткових операцій (виведення групи вагонів з гаражів розморожування (ГР), контрольна перевірка стану сировини, постановка групи вагонів на додаткове розморожування та ін.) і міжопераційних простоїв, що становлять 4 - 5 годин. Зазначене знижує ПС ГР і обумовлено відсутністю методу визначення тривалості розморожування сировини.

У зв'язку з тим, що існуючий метод розрахунку ПС ГР не враховує контрольні перевірки стану сировини і міжопераційні простої вагонів, він був доповнений зазначеними показниками. Структурна схема методу розрахунку пропускної спроможності гаражів розморожування наведена на рисунку 1.

Проведений розрахунок показав, що при існуючій добовій ПС ГР 220 вагонів, ПС ТВК забезпечується тільки на 50 % (табл. 1). Отже, існуюча організація підготовки змерзлої сировини до вивантаження не відповідає загальним технологічним вимогам ТВК і не забезпечує виробничих потреб у сировині.

Таким чином, основним завданням підвищення ефективності роботи ТВК ПП є розробка методу визначення тривалості розморожування, на основі отримання багатовимірного різнохарактерного масиву даних, обґрунтування і встановлення вхідного і вихідного показників і моделювання усього процесу.

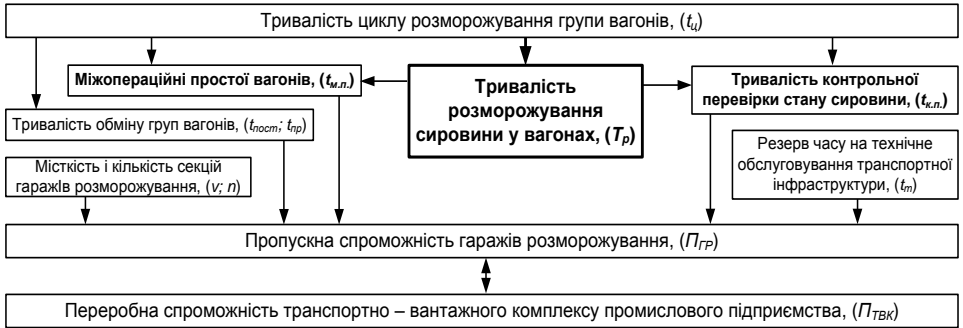


Рисунок 1 - Структурна схема методу розрахунку пропускної спроможності гаражів

Таблиця 1 - Результати розрахунку пропускної спроможності гаражів

№, п/п	Найменування показника	Величина показника
1.	Тривалість підготовки групи вагонів зі змерзлою сировиною до вивантаження, годин	24,85
2.	Тривалість циклу розморожування групи вагонів, годин у тому числі:	13,88
2.1	- тривалість постановки групи вагонів у секцію ГР, годин	0,77
2.2	- розморожування групи вагонів з сировиною, годин	6
2.3	- виведення групи вагонів з секції ГР і контрольна перевірка стану сировини, годин	0,67
2.4	- додаткове розморожування групи вагонів з сировиною, годин	2
2.5	- тривалість прибирання групи вагонів з секції ГР, годин	0,69
2.6	- міжопераційні простой вагонів, годин	3,75
3.	Кількість циклів розморожування однією секцією ГР, циклів/добу	1,7
4.	Пропускна спроможність ГР, вагонів/добу	220
5.	Переробна спроможність ТВК, вагонів/добу	430

Багаторічною практикою, при вивантаженні сировини, в якості результуючого показника процесу розморожування, приймається маса залишків сировини у вагоні після вивантаження на вагоноперекидачі, яка об'єктивно показує коректність і достовірність прийнятого показника. Тому в якості вихідного показника при проведенні експерименту прийнята маса залишків сировини у вагоні.

В якості попереднього вхідного показника прийнято стан змерзлої сировини, який визначається орієнтовно глибиною входження металевго стрижня. Для підвищення точності оцінки стану змерзлої сировини у виробничих умовах, існуючий метод удосконалено за рахунок додаткового виведення вагонів з сировиною на контрольну перевірку з використанням найпростішого способу вимірювання металевим стрижнем величини розмороженого шару.



Для отримання масиву даних сплановано і проведено промисловий експеримент в умовах ТВК ІІІ, який приймає і переробляє масову сировину. Метод експерименту ставив метою формування системної характеристики процесу з визначенням факторів, що впливають на нього і їх взаємозв'язки, а також встановленням вхідного і вихідного показників.

Масив даних для подальших досліджень отримано за результатами підготовки і вивантаження 4700 вагонів з масовою сировиною, які прибули з різних родовищ. У процесі експерименту були враховані наступні групи факторів, які впливають на процес підготовки сировини у вагонах до вивантаження і діапазони їх варіювання: стан змерзлої сировини,  $h$  (1 - 60 см); фізико – механічні властивості сировини,  $W$  (вологість (8 - 14 %), гранулометричний склад (0,07 - 0,3 мм) та ін.); температурні показники,  $c$  - температура навколишнього середовища при транспортуванні (0 - - 24 °С) та ін.; часові показники,  $t$  (тривалість навантаження маршруту сировини (4 - 12 год.), тривалість транспортування (21 - 89 год.) та ін.); міжопераційні прості,  $\Pi$  - простий маршруту з сировиною в очікуванні відправлення (0,5 - 11,5 год.); основні характеристики процесу розморожування,  $Q$  (тривалість (1 - 21 год.), температура (68 - 110 °С), витрата теплоносія на розморожування 22 вагонів (620 - 1440 м<sup>3</sup>/год.) та ін.); характеристика якості відновлення сипучості сировини,  $m$  - маса залишків сировини у вагоні після вивантаження (10 - 450 кг).

У загальному вигляді постановку промислового експерименту можна представити у вигляді кортежу:

$$F = \{ h; W; c; t; \Pi; Q; m \} \quad (2)$$

З метою оцінки впливу основних факторів на вихідний показник процесу - масу залишків сировини у вагоні і встановлення вхідного показника для дослідження закономірностей процесу у відповідності з методом планування експерименту, проведено комплексний кореляційний аналіз експериментальних парних статистичних залежностей, результати якого наведені у таблиці 2.

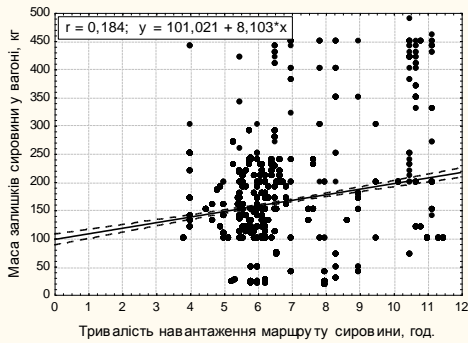
Таблиця 2 - Результуючі парні статистичні залежності вихідного показника (маси залишків сировини у вагоні після вивантаження) від основних факторів

Групи факторів	Перелік факторів	Середнє значення	Коефіцієнт кореляції	Параметри рівняння регресії $y = a + b \cdot x$	
				а	в
Фізико-механічні властивості сировини	Вологість сировини, %	10,78	0,272	-55,792	19,899
Температурні показники транспортного процесу	Температура навколишнього середовища в пункті відправлення, °С	-10,39	0,171	182,396	1,894
Часові показники транспортного процесу	Тривалість навантаження маршруту сировини, год.	6,59	0,184	101,021	8,103
Основні показники процесу розморожування	Температура розморожування, °С	89,94	0,279	-75,141	2,656
	Тривалість розморожування, год.	8,07	0,382	128,619	4,019
Характеристика змерзлої сировини	Стан змерзлої сировини, см	12,37	-0,364	191,217	-1,628

Проведений аналіз показав, що серед зазначених показників стан змерзлої сировини є найбільш об'єктивним показником. Тому, для отримання достовірних результатів в якості інтегрального вхідного показника, який комплексно відображає і враховує вплив усіх факторів, прийнято стан змерзлої сировини, після удосконалення методу з його кількісною оцінкою. На основі проведених досліджень отримано багатовимірний масив даних, визначено вихідний показник, вибраний і встановлений вхідний показник. Таким чином, розроблено принципіві основи для формування методу визначення тривалості розморожування сировини у вагонах на базі яких здійснюється математичне моделювання процесу з встановленням залежності тривалості розморожування від найбільш впливових факторів.

У **третьому розділі** отримав розвиток метод математичного моделювання, змодельовано процес та розроблено модель визначення тривалості розморожування сировини у вагонах.

Аналіз ряду спеціальних робіт показав, що традиційні методи статистичного аналізу мають вкрай низьку ефективність при безпосередньому використанні для досліджень багатовимірною різнохарактерного масиву експериментальних даних. В якості ілюстрації на рисунку 2 приведені діаграми розсіювання, що характеризують вплив тривалості навантаження маршруту сировини та простою маршруту в очікуванні відправлення на масу залишків сировини у вагоні і результати регресійного аналізу. Як видно, коефіцієнти кореляції є статистично значущими, але мають низьке значення, а основна маса точок знаходиться за межами 95 % довірчих інтервалів, що свідчить про невідповідний характер спостережуваного розкиду і пов'язане з неврахованим впливом додаткових факторів.



а)



б)

Рисунок 2 - Експериментальні діаграми розсіювання, що характеризують вплив тривалості навантаження маршруту сировини (а) та простою маршруту сировини в очікуванні відправлення (б) на масу залишків сировини у вагоні

Тому для моделювання застосована сучасна технологія ГРАД «Data mining», яка дозволила встановити приховані закономірні внутрішні зв'язки між великою кількістю факторів процесу. В процесі досліджень послідовно виконані: ГРАД; побудова математичної моделі методом множинної регресії; перевірка адекватності регресійної моделі та дослідження спільного впливу факторів на масу залишків сировини у вагоні після вивантаження методами комп'ютерних експериментів.

Результати ГРАД представлені на рисунку 3 у вигляді класифікаційної моделі, яка дозволила встановити фактори, що мають приховані закономірні зв'язки з масою залишків сировини у вагоні.

Маса залишків сировини у вагоні після розморожування та вивантаження на вагоперекидачі, кг

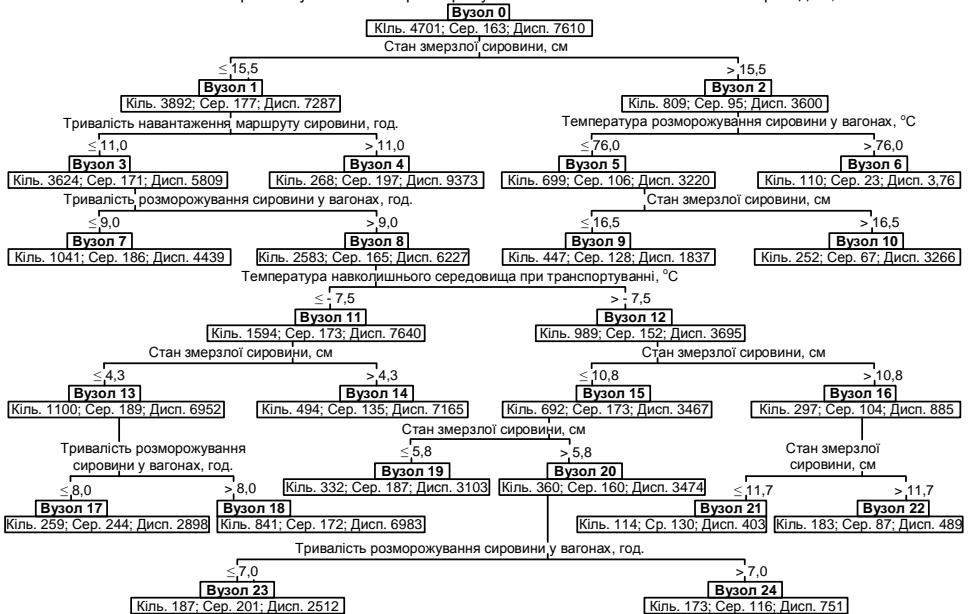


Рисунок 3 - Класифікаційна модель, яка характеризує вплив факторів на масу залишків сировини у вагоні

Слід зазначити, що стан змерзлої сировини представлено практично на усіх рівнях моделі (вузли 1, 2, 9, 10, 13-16, 19-22). Це дає підставу вважати, що зазначений показник може прийматися в якості визначального для подальших досліджень. З метою підтвердження отриманих результатів, на базі глибокого розвідувального аналізу даних було проведено дослідження вихідних даних методами множинної регресії. В результаті досліджень розроблена модель визначення маси залишків сировини у вагоні, яка має наступний вигляд:

$$\begin{aligned}
 m_{\text{зали}} = & 182 - 12,882 \cdot h_n - 1,656 \cdot T_p - 0,667 \cdot c_c + 4,615 \cdot 10^{-3} \cdot c_m \cdot t_n - 21,025 \cdot 10^{-3} \cdot c_m \cdot T_p + \\
 & + 5,128 \cdot 10^{-3} \cdot t_n \cdot c_c + 16,923 \cdot 10^{-3} \cdot T_p \cdot c_c - 0,474 \cdot c_m \cdot h_n + 5,128 \cdot 10^{-6} \cdot t_n \cdot h_n + \\
 & + 25,589 \cdot 10^{-3} \cdot T_p \cdot h_n + 56,615 \cdot 10^{-3} \cdot c_c \cdot h_n + 1,025 \cdot 10^{-4} \cdot c_m \cdot T_p \cdot c_c - 7,692 \cdot 10^{-6} \cdot t_n \cdot T_p \cdot c_c + \\
 & + 1,128 \cdot 10^{-3} \cdot c_m \cdot t_n \cdot h_n + 3,948 \cdot 10^{-3} \cdot c_m \cdot T_p \cdot h_n + 4,256 \cdot 10^{-3} \cdot c_m \cdot c_c \cdot h_n - 1,025 \cdot 10^{-5} \cdot c_m \cdot t_n \cdot T_p \cdot h_n - \\
 & - 1,025 \cdot 10^{-5} \cdot c_m \cdot t_n \cdot c_c \cdot h_n - 3,077 \cdot 10^{-5} \cdot c_m \cdot T_p \cdot c_c \cdot h_n + 1,025 \cdot 10^{-7} \cdot c_m \cdot t_n \cdot T_p \cdot c_c \cdot h_n
 \end{aligned} \quad (3)$$

де  $T_p$  - тривалість розморожування сировини у вагонах, год.;

$c_c$  - температура розморожування сировини у вагонах, °C;

$h_n$  - стан змерзлої сировини, см.;

$c_m$  - температура довкілля при транспортуванні маршруту сировини, °C;

$t_n$  - тривалість навантаження маршруту сировини, год.

Коефіцієнт детермінації наведеної регресійної залежності становить  $R^2 = 0,73$ . Детальна перевірка рівняння (3), методом Монте-Карло, показала, що воно адекватно описує спостережуваний частотний розподіл. Гістограма, побудована на основі комп'ютерних експериментів (рис. 4), досить точно збігається з кривою частотного розподілу.

Аналіз результатів комп'ютерного моделювання підтверджує, що визначальним фактором процесу розморожування і досягнення мінімальної маси залишків сировини у вагоні є стан змерзлої сировини. Іншим значущим фактором є тривалість розморожування, яка являє собою технологічний параметр процесу.

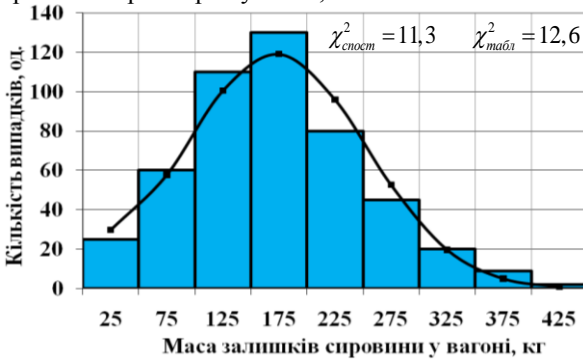


Рисунок 4 - Експериментальна крива і розрахункова гістограма частотного розподілу маси залишків сировини у вагоні

Дослідження закономірностей зміни визначальних показників процесу дозволило розробити модель визначення тривалості розморожування сировини. Отримана модель має наступний вигляд:

$$T_p = \frac{151,23}{h_n + 5,97} \quad (4)$$

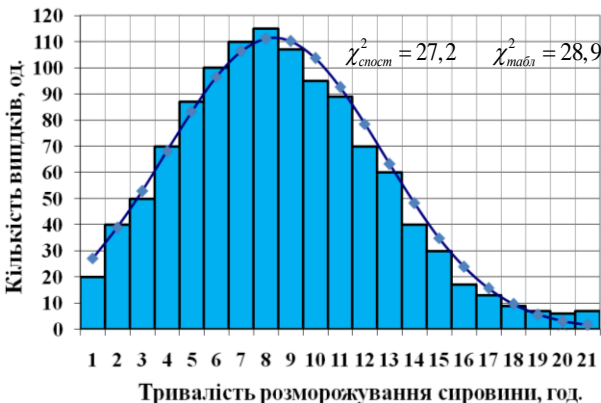


Рисунок 5 - Експериментальна крива і розрахункова гістограма частотного розподілу тривалості розморожування сировини у вагонах

Дослідженнями встановлено, що процес підготовки сировини у вагонах до вивантаження, визначається трьома основними показниками: вхідним – станом змерзлої сировини ( $h_n$ ), технологічним – тривалістю розморожування сировини ( $T_p$ ) і вихідним масою залишків сировини у вагоні ( $m_{зал}$ ), які пов'язані між собою найбільшими значеннями коефіцієнтів кореляції.

Гістограма, побудована на основі комп'ютерних експериментів (рис. 5), досить точно збігається з кривою частотного розподілу. Це свідчить про високий рівень збіжності результатів теоретичних і експериментальних досліджень.

Розробка методу та моделі визначення тривалості розморожування сировини у вагонах дозволяє перейти до питання підвищення ефективності роботи ТВК ПП.

У **четвертому розділі** розроблено метод і моделі підвищення ефективності роботи ТВК ПП з вивантаження масової сировини у зимовий період.

Рішення задачі підвищення ефективності роботи ТВК ПП пов'язано з необхідністю її поетапного вирішення. Дуже важливим питанням є розробка методу і моделі витрати теплоносія з подальшим встановленням можливості використання тепла акумульованого сировиною. Зазначене дозволить оцінити і підвищити ефективність роботи ТВК ПП.

Основними факторами, що впливають на витрату теплоносія, є температура і тривалість розморожування. Температура визначалася за спеціальною методикою і обмежувалася 120 °С, виходячи із забезпечення збереження конструкції і обладнання вагонів. Для умов ТВК ПП тривалість розморожування розглядалася у діапазоні від 1 до 21 години, який найчастіше має місце на практиці. На підставі досліджень встановлено, що при традиційному режимі розморожування на першій стадії в діапазоні від 0 до 6 годин відбувається інтенсивний підйом температури в секції до 120 °С, потім на другій стадії температура в секції в діапазоні від 6 до 21 години підтримується постійною на рівні 110 - 120 °С.

На основі отриманих результатів була розроблена модель визначення витрати теплоносія ( $P_m$ ) залежно від тривалості розморожування сировини у вагонах ( $T_p$ ):

$$P_m = 22,5 + 1507,7 \cdot T_p - 17,2 \cdot T_p^2 \quad (5)$$

У відповідності з отриманим температурним режимом була встановлена витрата теплоносія за стадіями процесу розморожування, яка на всій тривалості практично не змінювалася. Перевірка моделі (5), показала її збіжність з фактичною витратою теплоносія на рівні 0,89 – 0,91. В результаті проведеного аналізу встановлено, що при традиційному режимі фактична витрата теплоносія досягає 12 млн. м<sup>3</sup> на рік, а температура розморожування підтримується на такому рівні, який не сприяє економії теплоносія і вимагає значних виробничих витрат. Тому досить актуальним є питання скорочення витрат теплоносія.

Для встановлення можливості використання тепла акумульованого сировиною в процесі розморожування підготовлено та проведено промисловий експеримент. Проведені дослідження показали, що на першій стадії в діапазоні від 0 до 6 годин при інтенсивному підйомі температури до 120 °С, утворюється зовнішній шар розмороженої сировини 5 – 10 см, тепла якого виявляється недостатньо для акумуляції (рис. 6).

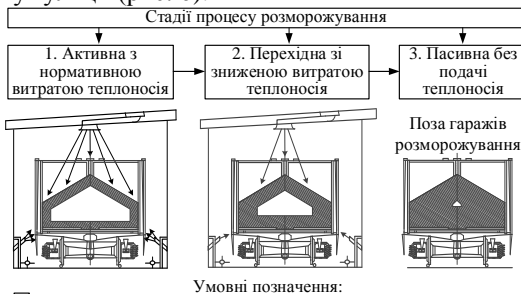


Рисунок 6 - Стан сировини на різних стадіях процесу розморожування

При подальшому розморожуванні у діапазоні від 6 до 16 годин, навіть при зниженні температури в секції зі 120 °С до 50 °С, шар розмороженої сировини збільшується до 40-50 см і починає діяти тепло, акумульоване розмороженими шарами і відбувається його передача змерзлим шарам. Зазначене дозволяє скорочувати подачу теплоносія на 15 - 25 %.

Встановлено, що оптимальна дія тепла акумульованого сировиною відбувається при підтримці температури розморожування на рівні 75-85 °С.

На завершальній стадії при тривалості розморожування понад 16 годин і величиною розмороженого шару більше 50 см, незважаючи на тривале зниження температури, розморожування сировини відбувається без подачі теплоносія тільки за рахунок накопиченого тепла розмороженими шарами і конструкцією вагона. На основі дослідження закономірностей процесу побудовано графік режиму розморожування з використанням тепла акумульованого сировиною.

В результаті проведених досліджень розроблена модель витрати теплоносія ( $P_a$ ) залежно від тривалості розморожування ( $T_p$ ) з урахуванням фактору використання тепла акумульованого сировиною, яка має наступний вигляд:

$$P_a = 46,7 + 1546,2 \cdot T_p - 26,3 \cdot T_p^2 \quad (6)$$

Контрольна перевірка запропонованої моделі показала збіжність між фактичною і розрахованою за моделлю (6) витратою теплоносія на рівні 0,91-0,93.

В результаті проведених досліджень вперше розроблено модель витрати теплоносія на основі встановлення стадій, температурних і часових діапазонів використання акумульованого тепла, які створили передумови для підвищення ефективності роботи ТВК ПП.

Дослідження показали, що заходи з підвищення ефективності роботи ТВК ПП необхідно проводити в два етапи.

На першому етапі технічне рішення досягається за рахунок скорочення міжопераційних простоїв вагонів і додаткових транспортних операцій. При цьому тривалість підготовки змерзлої сировини до вивантаження знизилася з 24 - 25 годин до 21 - 22 годин, а добова ПС ГР збільшилася з 220 до 320 вагонів.

Другий етап передбачає перспективне рішення за рахунок комплексного підходу заснованого на вдосконаленні конструкції гаражів, використанні акумульованого тепла та потокової системі роботи, що забезпечує пасивне розморожування у спеціалізованому парку. Розроблена схема технологічної лінії з потоковою системою роботи наведена на рисунку 7.

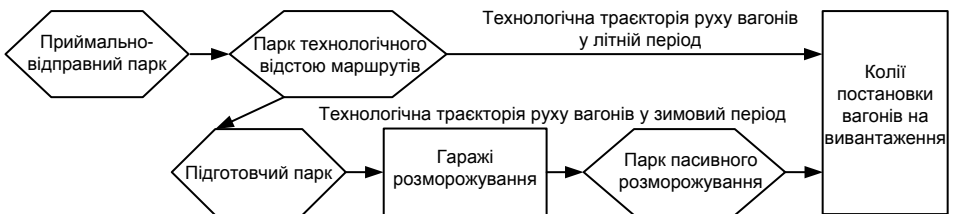


Рисунок 7 - Схема технологічної лінії з потоковою системою роботи

Для технологічної лінії з потоковою системою роботи розроблена графічна модель режиму розморожування з використанням акумульованого тепла (рис. 8).

Для визначення потрібних конструкційних параметрів гаражів розморожування вдосконалені метод і модель розрахунку пропускної спроможності гаражів, які дозволяють встановлювати кількість секцій відповідно до потрібної переробної спроможності транспортно-вантажного комплексу.

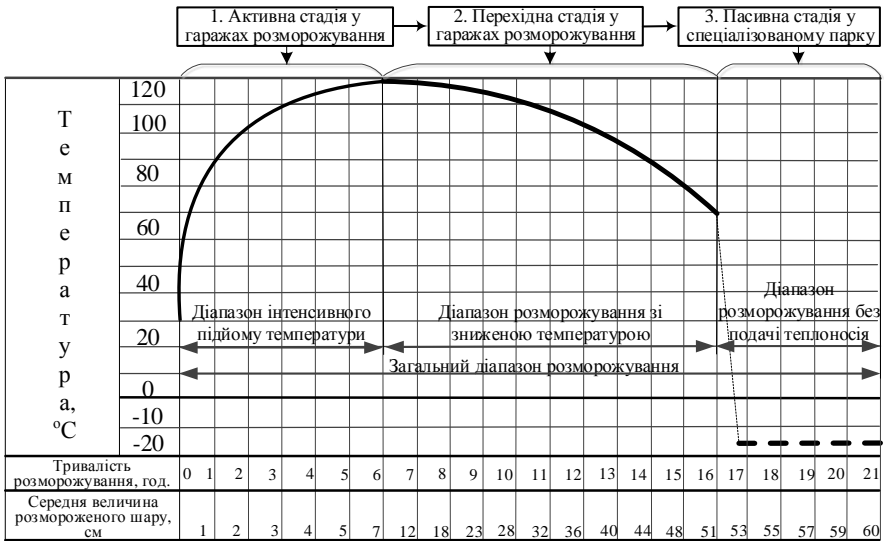


Рисунок 8 – Графічна модель режиму розморожування сировини у вагонах з використанням акумульованого тепла

Модель розрахунку добової пропускної спроможності однієї секції ГР має наступний вигляд:

$$P_{\text{секц}} = \frac{v \cdot (24 - t_m)}{t_{\text{ц}}}, \text{ ваг.} \quad (7)$$

де  $v$  - місткість секції, ваг.;

$t_m$  - резерв часу на обслуговування транспортної інфраструктури та ГР, год.;

$t_{\text{ц}}$  - тривалість циклу розморожування однієї групи вагонів, год.

Кількість секцій гаражів розморожування встановлюється на основі потрібної переробної спроможності транспортно-вантажного комплексу ( $P_{\text{ТБК}}$ ) і записується наступним виразом:

$$N_{\text{секц}} = \frac{P_{\text{ТБК}}}{P_{\text{секц}}}, \text{ од.} \quad (8)$$

На основі кількості секцій визначається пропускна спроможність гаражів. Слід зазначити, що місткість секції гаражів розморожування встановлюється кратній кількості вагонів, що прибувають у маршрутах з масовою сировиною.

В результаті розроблено перспективний метод підвищення ефективності роботи ТВК ПП, який дозволить збільшити добову пропускну спроможність гаражів розморожування з 320 до 430 вагонів і тим самим забезпечити переробну спроможність транспортно-вантажного комплексу.

Впровадження результатів досліджень дозволили в цілому підвищити ефективність роботи ТВК за рахунок скорочення тривалості підготовки змерзлої сировини у вагонах до вивантаження на 3-4 години і збільшення ПС ГР на 40-45 %.

Метод і модель визначення тривалості розморожування сировини у вагонах, модель визначення витрати теплоносія з використанням акумульованого тепла впроваджені, а методи підвищення ефективності роботи транспортно-вантажного

комплексу та оцінки стану змерзлої сировини у вагоні прийняті до впровадження на ПРАТ «Маріупольський металургійний комбінат ім. Ілліча». Розроблені рішення по підготовці сировини у вагонах до вивантаження захищені патентом України.

Річний економічний ефект від впровадження розроблених заходів оцінюється в 1,1 млн. грн., при цьому плата за користування вагонами скорочена на 10 - 15 %, витрати на експлуатацію локомотивів на 5 - 10 %, а теплоносій на 4 - 5 %.

## ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішена науково-прикладна задача підвищення ефективності роботи транспортно-вантажного комплексу промислового підприємства з вивантаження масової сировини у зимовий період.

Основні результати досліджень дозволили зробити наступні висновки:

1. Комплексна оцінка роботи транспортно-вантажного комплексу у зимовий період показала, що при істотному зниженні температури довкілля тривалість розморожування значно збільшується і змінюється у широкому діапазоні від 6 до 21 години. При цьому збільшується простій вагонів зовнішньої мережі з 13-14 до 35-36 годин, а пропускна спроможність гаражів розморожування знижується до 200-250 вагонів на добу і не відповідає потрібній переробній спроможності транспортно-вантажного комплексу, яка становить до 430 вагонів на добу. Дане положення призводить до зростання транспортних витрат, підвищеної витрати теплоносія і, як наслідок, до великих виробничих втрат. Головною причиною даного стану є відсутність достатньо точного методу і моделі визначення тривалості розморожування сировини у вагонах, а також недоліки конструкції гаражів (місткість і кількість секцій) значно ускладнюючих їх транспортне обслуговування.

2. Існуючі моделі визначення тривалості розморожування, засновані на теоретичних дослідженнях і лабораторних експериментах, враховували вплив обмеженої кількості факторів і не давали досить точні для конкретних виробничих умов результатів.

Новий підхід до вирішення проблеми передбачає отримання багатовимірного різнохарактерного масиву даних на основі промислового експерименту, обґрунтування і встановлення вхідного і вихідного показників та моделювання усього процесу.

3. На основі проведення промислового експерименту було отримано масив даних для подальших досліджень за результатами підготовки і вивантаження 4700 вагонів з масовою сировиною, які прибули з різних родовищ.

4. При розробці методу визначення тривалості розморожування в якості вихідного показника процесу прийнята фактична маса залишків сировини у вагоні після вивантаження. На основі оцінки кореляційних зв'язків вихідного показника з найбільш значимими факторами, що впливають на процес, в якості інтегрального вхідного показника приймається - стан змерзлої сировини, а головний технологічний показник - тривалість розморожування у різних експлуатаційних умовах визначається на основі математичного моделювання усього процесу з встановленням її залежності від найбільш впливових факторів.

5. Для дослідження багатовимірного різнохарактерного масиву експериментальних даних, вдосконалено метод математичного моделювання з



доповненням сучасною технологією глибокого розвідувального аналізу даних «Data mining», який дозволив встановити приховані закономірні внутрішні зв'язки між великою кількістю факторів процесу.

Класифікаційна модель, отримана на першому етапі моделювання, дозволила визначити фактори, що мають зв'язки з масою залишків сировини у вагоні, розробити регресійну модель її розрахунку (рівень збіжності 0,89 - 0,91) і встановити визначальні показники процесу: вхідний - стан змерзлої сировини, технологічний - тривалість розморожування і вихідний - маса залишків сировини у вагоні. Дослідження закономірностей зміни визначальних показників процесу виконані на другому етапі дозволили розробити модель визначення тривалості розморожування сировини у вагонах (рівень збіжності 0,87 - 0,89), яка забезпечує планову переробну спроможність і ритмічну роботу транспортно-вантажного комплексу, скорочення простою вагонів і тривалості експлуатації локомотивів.

6. В результаті оцінки витрати теплоносія при підготовці сировини у вагонах до вивантаження розроблено модель його витрати (рівень збіжності 0,89 - 0,91).

На основі поглибленого аналізу з проведенням промислового експерименту встановлені стадії, температурні і часові діапазони використання акумульованого тепла: при тривалості до 6 годин розморожування здійснюється при нормативній температурі до 120 °С, при тривалості до 12 годин процес здійснюється з урахуванням використання тепла акумульованого сировиною і поступовим зниженням температури до 50 - 60 °С, при тривалості більше 12 годин проводиться пасивне розморожування на відкритому повітрі протягом 3-5 годин.

Розроблено модель визначення витрати теплоносія з урахуванням використання акумульованого тепла (рівень збіжності 0,91 - 0,93), яка забезпечує економію теплоносія, збільшення пропускної спроможності гаражів і фактичної переробної спроможності транспортно-вантажного комплексу.

7. Результати проведених досліджень дозволяють підвищити ефективність роботи транспортно-вантажного комплексу у два етапи.

На першому етапі технічне рішення досягається за рахунок скорочення міжопераційних простоїв вагонів і додаткових транспортних операцій. При цьому тривалість підготовки змерзлої сировини у вагонах до вивантаження знизилася з 24 - 25 годин до 21 - 22 годин, а добова пропускна спроможність гаражів збільшилася з 220 до 320 вагонів (на 40 - 45 %).

На другому етапі розроблено перспективний метод, на основі використання акумульованого тепла, впровадження потокової системи роботи та вдосконалення конструкції гаражів, який дозволить знизити транспортні витрати і витрату теплоносія, збільшити добову пропускну спроможність гаражів з 320 до 430 вагонів і тим самим забезпечити переробну спроможність комплексу.

Вдосконалені метод і модель розрахунку пропускної спроможності гаражів, які дозволяють встановлювати кількість секцій відповідно до потрібної переробної спроможності транспортно-вантажного комплексу.

Результати роботи впроваджені на ПРАТ «ММК ім. Ілліча». Розроблені рішення по підготовці сировини у вагонах до вивантаження захищені патентом України. Річний економічний ефект від впровадження розроблених заходів оцінюється в 1,1 млн. грн., при цьому плата за користування вагонами скорочена на 10 - 15 %, витрати на експлуатацію локомотивів на 5 - 10 % і теплоносієм на 4 - 5 %.

**Основні положення та результати дисертації опубліковано у роботах:**

**- включених до фахових видань, затверджених МОН України:**

1. Парунакян В. Э. Совершенствование процесса приема и обработки вагонопотока с сырьем грузовой станции металлургического завода в зимний период / В. Э. Парунакян, В. Г. Дженчако // Вісник Приазовського державного технічного університету. – 2003. – №13. – С. 272-275.

2. Парунакян В. Э. Методика определения продолжительности разогрева грузов в конвективных гаражах размораживания / В. Э. Парунакян, В. Г. Дженчако // Вісник Приазовського державного технічного університету. – 2004. – №14. – С. 319-322.

3. Парунакян В. Э. Определение продолжительности разогрева груза в вагонах на основе метода планирования эксперимента / В. Э. Парунакян, В. Г. Дженчако // Вісник Приазовського державного технічного університету. – 2006. – №16. – С. 232-239.

4. Парунакян В. Э. Разработка методологии определения продолжительности разогрева грузов в конвективных гаражах размораживания / В. Э. Парунакян, В. Г. Дженчако // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. В. Лазаряна. – 2006. – №12. – С. 93-99.

5. Парунакян В. Э. Исследование процесса размораживания железосодержащего сырья в вагонах с использованием компьютерной технологии «Data mining» / В. Э. Парунакян, В. Г. Дженчако // Вісник Приазовського державного технічного університету. – 2010. – №20. – С. 267-274.

6. Дженчако В. Г. Определение продолжительности размораживания железосодержащего сырья в вагонах с использованием технологии «Data mining» / В. Г. Дженчако // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – 2010. – №10 (152). – Ч.1. – С. 45-50.

**- в іноземних виданнях:**

7. Дженчако В. Г. Исследование процесса размораживания сыпучих грузов в вагонах с использованием метода компьютерного моделирования / В. Г. Дженчако // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: Сб. науч. тр. – Воронеж, 2015. – №2. – С. 93-97.

8. Дженчако В. Г. Исследование и обоснование технологических параметров процесса размораживания массового сырья в вагонах при использовании аккумулированного тепла / В. Г. Дженчако // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: Сб. науч. тр. – Воронеж, 2015. – Т. 2, №2 (3). – С. 361-367.

**- які засвідчують апробацію матеріалів дисертації на наукових конференціях:**

9. Дженчако В. Г. Совершенствование процесса приема и обработки вагонопотока с сырьем грузовой станции металлургического завода в зимний период / В. Г. Дженчако // Материалы 17 Научно – технической конференции КГГМК «Криворожсталь», 01.11.2003. – Кривой Рог, 2003. – С. 72-73.

10. Дженчако В. Г. Совершенствование технологии и организации приема и переработки вагонопотоков грузовой станции металлургического завода в зимний период / В. Г. Дженчако // Тезисы Международной научно-технической конференции «Университетская наука – 2005», 27-29.04.2005. – Мариуполь: ГВУЗ «ПГУ», 2005. – Т. 1. – С.212-213.

11. Дженчако В. Г. Процессуальные характеристики разогрева смерзшихся грузов в гаражах размораживания грузовой станции металлургического комбината / В. Г. Дженчако // Тези 66 Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту», 11-12.05.2006. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2006. – С.162-163.

12. Дженчако В. Г. Совершенствование технологии и организации взаимодействия гаражей размораживания с грузовой станцией аглофабрики / В. Г. Дженчако // Тезисы 7 Международной научно-технической конференции ОАО «ММК им. Ильича», 07-08.09.2007. – Мариуполь, 2007. – С. 97.

13. Дженчако В. Г. Повышение эффективности использования маневровых тепловозов грузовой станции / В. Г. Дженчако // Материалы 35 Международной научно-технической конференции ОАО «Запорожсталь», 30-31.10.2008. – Запорожье, 2008. – С. 113.

14. Дженчако В. Г. Повышение эффективности транспортного обслуживания гаражей размораживания / В. Г. Дженчако // Тезисы Международной научно-технической конференции «Университетская наука – 2009», 19-21.05.2009. – Мариуполь: ГВУЗ «ПГТУ», 2009. – Т. 2. – С. 201.

15. Дженчако В. Г. Совершенствование взаимодействия грузовой станции и гаражей размораживания с оценкой их перерабатывающей способности / В. Г. Дженчако // Материалы 37 Международной научно-технической конференции ОАО «Запорожсталь», 11-12.11.2010. – Запорожье, 2010. – С. 110-111.

16. Дженчако В. Г. Повышение эффективности работы комплекса по размораживанию грузов при приеме массового сырья грузовой станцией аглофабрики / В. Г. Дженчако // Тезисы 1 Международной научно-технической конференции «Метинвест-2011», 01-03.07.2011. – Мариуполь, 2011. – С. 107-108.

17. Дженчако В. Г. Технология размораживания железосодержащего сырья в вагонах с использованием аккумулированного тепла / В. Г. Дженчако // Тезисы Международной научно-технической конференции «Университетская наука – 2013», 14-16.04.2013. – Мариуполь: ГВУЗ «ПГТУ», 2013. – Т. 2. – С.315-316.

18. Дженчако В. Г. Повышение эффективности процесса размораживания массового сырья на транспортно – складском комплексе аглофабрики / В. Г. Дженчако // Материалы 42 Международной научно-технической конференции ОАО «Запорожсталь», 26-27.11.2015. – Запорожье, 2015. – С. 66-67.

19. Дженчако В. Г. Снижение затрат теплоносителя при размораживании смерзшегося железорудного сырья в вагонах / В. Г. Дженчако // Тезисы Международной научно-технической конференции «Университетская наука – 2015», 19-20.05.2015. – Мариуполь: ГВУЗ «ПГТУ», 2015. – Т. 2. – С.155-156.

20. Дженчако В. Г. Оптимизация технологических параметров процесса размораживания массового сырья при использовании аккумулированного тепла / В. Г. Дженчако // Тезисы Международной научно-технической конференции «Университетская наука – 2016», 19-20.05.2016. – Мариуполь: ГВУЗ «ПГТУ», 2016. – Т. 2. – С.226-227.

21. Дженчако В. Г. Разработка энергосберегающей технологии размораживания массового сырья на транспортно-складском комплексе промышленного предприятия / В. Г. Дженчако // Тези ІІ Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених, фахівців, аспірантів «Проблеми

енергоресурсозбереження в промисловому регіоні. Наука і практика», 11-12.05.2016. – Маріуполь: ДВНЗ «ПДТУ», 2016. – 113-114 с.

**- які додатково відображають наукові результати дисертації:**

22. Спосіб розморожування сировини в залізничних вагонах: пат. № 83469 Україна: МПК В65G 69/20 (2008.01), В65G 67/24 (2008.01) / В. Е. Парунакян, Є. О. Чулай, Ю. В. Гусев, С. М. Грішин, В. Г. Дженчако, І. Ф. Голубов; Власник Державний вищий навчальний заклад «Приазовський державний технічний університет». № а200503386; заявл. 11.04.2005; публ. 25.07.2008, Бюл. №14. – 6 с.

## АНОТАЦІЯ

**Дженчако В. Г.** Підвищення ефективності роботи транспортно-вантажного комплексу промислового підприємства з вивантаження масової сировини у зимовий період. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.12 – промисловий транспорт (275 – Транспортні технології). – Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім. В. Лазаряна, Дніпро, 2017.

Дисертація присвячена вирішенню науково-технічної проблеми підвищення ефективності роботи транспортно-вантажного комплексу у зимовий період.

Через відсутність методу визначення тривалості розморожування сировини у вагонах, робота транспортно-вантажних комплексів значно ускладнюється, знижується пропускна спроможність гаражів, збільшуються витрати теплоносія, тривалість експлуатації локомотивів і простій вагонів, а підприємства несуть великі виробничі втрати. У зв'язку з тим, що при вирішенні розглянутої проблеми враховувалося вкрай обмежена кількість факторів, що характеризують процес підготовки сировини до вивантаження, отримати досить точних результатів за визначенням тривалості його розморожування на практиці не вдалося.

На основі отриманого багатовимірного масиву експериментальних даних, встановлення вхідного і вихідного показників та моделювання процесу розроблено метод визначення тривалості розморожування сировини у вагонах. Для дослідження багатовимірного різнохарактерного масиву даних отримав розвиток метод математичного моделювання з доповненням сучасною технологією глибокого розвідувального аналізу даних Data mining». На основі дослідження закономірностей зміни визначальних показників процесу розроблено модель визначення тривалості розморожування. В результаті проведеного промислового експерименту розроблено модель визначення витрати теплоносія при підготовці сировини у вагонах до вивантаження на основі встановлення стадій, температурних і часових діапазонів використання акумульованого тепла. Для визначення необхідних конструкційних параметрів гаражів вдосконалено метод розрахунку їх пропускної спроможності.

Результати проведених досліджень дозволили підвищити ефективність роботи транспортно-вантажного комплексу у два етапи: на першому за рахунок скорочення міжопераційних простоїв вагонів і додаткових транспортних операцій, а на другому на основі використання акумульованого тепла, впровадження потокової системи роботи і вдосконалення конструкції гаражів забезпечити збільшення переробної спроможності комплексу і зниження транспортних витрат.

**Ключові слова:** транспортно-вантажний комплекс, гаражі розморожування, тривалість розморожування, пропускна спроможність, переробна спроможність, вхідний показник, вихідний показник.

## АННОТАЦІЯ

**Дженчако В. Г.** Повышение эффективности работы транспортно-грузового комплекса промышленного предприятия по выгрузке массового сырья в зимний период. – Квалификационная научная работа на правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.12 – промышленный транспорт (275 – Транспортные технологии). – Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта им. В. Лазаряна, Днепр, 2017.

Диссертация посвящена решению научно-технической проблемы повышения эффективности работы транспортно-грузового комплекса промышленного предприятия по выгрузке массового сырья в зимний период в условиях изменяющихся временных и температурных параметров транспортного процесса на основе разработки метода и модели определения основного технологического показателя - продолжительности размораживания сырья в вагонах.

Ввиду отсутствия метода определения продолжительности размораживания сырья в вагонах, работа транспортно-грузовых комплексов значительно усложняется, снижается пропускная способность гаражей размораживания, увеличиваются расход теплоносителя, продолжительность эксплуатации локомотивов и простой вагонов внешнего парка, а предприятия несут большие производственные потери. В связи с тем, что при решении рассматриваемой проблемы учитывалось крайне ограниченное число факторов, характеризующих процесс подготовки сырья к выгрузке, получить достаточно точных результатов по определению продолжительности его размораживания на практике не удалось.

Для получения массива данных обеспечивающего идентификацию показателей процесса подготовки сырья в вагонах к выгрузке подготовлен и проведен промышленный эксперимент. На основе полученного многомерного разнохарактерного массива данных, установления входного и выходного показателей и моделирования процесса разработан метод определения продолжительности размораживания сырья в вагонах.

Для исследования многомерного разнохарактерного массива данных получил развитие метод математического моделирования с дополнением современной технологией глубокого разведывательного анализа данных «Data mining». На основе исследования закономерностей изменения определяющих показателей процесса разработана модель определения продолжительности размораживания.

В результате проведенного промышленного эксперимента разработана модель определения расхода теплоносителя при подготовке сырья в вагонах к выгрузке на основе установления стадий, температурных и временных диапазонов использования аккумулированного тепла.

Для определения требуемых конструкционных параметров гаражей усовершенствован метод расчета их пропускной способности, который позволяет устанавливать число секций в соответствии с требуемой перерабатывающей способностью комплекса.

Результаты проведенных исследований позволили повысить эффективность работы транспортно-грузового комплекса в два этапа: на первом за счет сокращения межоперационных простоев вагонов и дополнительных транспортных операций, а на втором на основе использования аккумулированного тепла, внедрения поточной системы работы и совершенствования конструкции гаражей обеспечить увеличение перерабатывающей способности комплекса, снижение транспортных затрат и экономию теплоносителя.

**Ключевые слова:** транспортно-грузовой комплекс, гаражи размораживания, продолжительность размораживания, пропускная способность, перерабатывающая способность, входной показатель, выходной показатель.

## ANNOTATION

**Dzhenchako V. G.** Enhancing the efficiency of transport and cargo handling complex of industrial enterprise at unloading of mass raw material in a winter period. - The qualification scientific work on the manuscript.

The thesis for the degree of Candidate of Technical Sciences in specialty 05.22.12 – Industrial Transport (275 – Transport technologies). – Dnepropetrovsk National University of Railway transport named after Academician V. Lazaryan, Dnipro, 2017.

The thesis is devoted to solving scientific and technical problems of enhancing the efficiency of transport and cargo handling complex in winter period.

Owing to lack of a method, which determines the defrosting time of raw materials in rail cars, functioning of transport and cargo handling complexes considerably becomes complicated, defrosting garages capacity decreases, coolant costs, locomotive and rail cars operation times increase, as the result, enterprise sustains large production losses.

Due to fact, that the problem solution were taken into account a very limited number of factors, which characterize the process of raw material preparing to unloading, the obtaining of sufficiently accurate results for defrost times determining were failed in practice.

Based on the obtained multidimensional array of experimental data of input and output indexes and process simulation, the method of determining the defrosting times of raw materials in rail cars is developed. To research various multidimensional data array, the method of mathematical modeling is improved by addition of modern technologies of deep exploratory data analysis Data mining. Based on study of changing patterns of the key parameters of the process, model of determining the defrosting times of raw materials in rail cars is developed. As the result of industrial experiment the model of measuring the coolant flow during preparation of raw materials in rail cars for unloading on the basis of determination of stages, temperature and time ranges of accumulated heat using, is developed. To determine the required structural parameters of garages, the method of calculating their capacity is improved.

The research results allowed to enhance efficiency of transport and cargo handling complex in two phases: at first phase the idle time between operations of rail cars and additional transport operations were reduced; at the second phase based on using of accumulated heat, introduction of production system and improving construction of garages, processing capacity of complex was increased and transport costs were reduced.

**Key words:** transport and cargo handling complex, defrosting garages, defrosting times, bandwidth, processing capacity, input indicator, output indicator.

**ДЖЕНЧАКО ВАДИМ ГЕОРГІЙОВИЧ**

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ТРАНСПОРТНО-  
ВАНТАЖНОГО КОМПЛЕКСУ ПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА З  
ВИВАНТАЖЕННЯ МАСОВОЇ СИРОВИНИ У ЗИМОВИЙ ПЕРІОД**

**АВТОРЕФЕРАТ**

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом автора

---

Підписано до друку 25.05.2017 р. Формат 60X84 1/16 Папір офісний.  
Друк на різнографі. Умовн.-друк. арк. 0,9 Зам № 39 Тираж 100 прим.

---

Надруковано в поліграфічному центрі  
ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»  
87500, м. Маріуполь, вул. Університетська, 7.  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
ДК № 3729 від 15.03.2010 р