

ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»
Міністерства освіти і науки України

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна Міністерства освіти і науки України

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

Дженчако Вадим Георгійович

УДК 656.073 (043.3)

ДИСЕРТАЦІЯ

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

Спеціальність 05.22.12 – промисловий транспорт
27 – Транспорт

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело
В. Г. Дженчако

Науковий керівник:
Парунакян Ваагн Емільович
доктор технічних наук, професор

Дніпро – 2017
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). – ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет». – Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені

академіка В. Лазаряна, Дніпро, 2017.

Дисертація присвячена вирішенню науково-технічної проблеми підвищення ефективності роботи транспортно-вантажного комплексу промислового підприємства з вивантаження масової сировини у зимовий період в умовах зміни температурних і часових показників транспортного процесу.

Відповідно до технології, що діє, на транспортно-вантажному комплексі промислового підприємства, у зимовий період для підготовки змерзлої сировини до вивантаження, вводяться в експлуатацію гаражі розморожування, пропускна спроможність яких повинна забезпечувати безперебійну роботу комплексу.

Проте прийнята технологія і параметри процесу підготовки змерзлої сировини до вивантаження не відповідають виробничим вимогам. 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 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.

Специфічною особливістю процесу підготовки сировини до вивантаження є наявність великої кількості факторів, діючих на сировину, які мають різний характер і змінюються у 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.

У зв'язку з цим, метою 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, які забезпечують переробну спроможність комплексу, зниження транспортних витрат і витрати теплоносія.

Для досягнення поставленої мети потрібно розробити метод і модель визначення тривалості розморожування сировини у вагонах, модель визначення витрати теплоносія при підготовці сировини у вагонах до вивантаження, метод підвищення ефективності роботи транспортно-вантажного комплексу, удосконалити методи розрахунку пропускної спроможності гаражів розморожування і математичного моделювання процесу підготовки змерзлої сировини до вивантаження. На цій основі визначені задачі дослідження.

Оцінка роботи транспортно-вантажного комплексу промислового підприємства 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, контрольна перевірка стану сировини, постановка групи вагонів на додаткове розморожування та ін.) і міжопераційних простоїв, що становлять 4 - 5 годин. Зазначене знижує пропускну спроможність гаражів розморожування. У зв'язку з тим, що існуючий метод розрахунку пропускну спроможності гаражів розморожування не враховує контрольні перевірки стану сировини і міжопераційні простой вагонів, він був доповнений зазначеними показниками.

Новий підхід до вирішення проблеми передбачає отримання багатовимірних різнохарактерних масивів даних, що забезпечує ідентифікацію показників процесу підготовки сировини в вагонах до вивантаження на основі промислового експерименту, обґрунтування і встановлення вхідного і вихідного показників та моделювання усього процесу.

З цією метою в умовах транспортно-вантажного комплексу крупного металургійного комбінату проведений промисловий експеримент, за результатами підготовки і вивантаження 4700 вагонів з масовою сировиною, отримано багатовимірний різнохарактерний масив даних для подальших досліджень.

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 прийнято - стан змерзлої сировини, а головний технологічний показник - тривалість розморожування у різних експлуатаційних умовах визначено на основі математичного моделювання усього процесу з встановленням її залежності від найбільш впливових факторів.

Аналіз ряду методів показав, що традиційні методи статистичного аналізу (кореляційний, дисперсійний, регресійний та ін.) непридатні для досліджень багатовимірних різнохарактерних масивів експериментальних даних. Тому отримав розвиток метод математичного моделювання процесу підготовки змерзлої сировини у вагонах до вивантаження з доповненням сучасною технологією глибокого розвідувального аналізу даних «Data mining», який дозволив встановити приховані закономірні внутрішні зв'язки між великою кількістю діючих факторів процесу.

На першому етапі моделювання, на основі глибокого розвідувального аналізу даних, розроблена класифікаційна модель, яка дозволила оцінити вплив факторів на вихідний показник - масу залишків сировини у вагоні. Слід зазначити, що стан змерзлої сировини представлений практично на всіх рівнях моделі. Це дає підставу вважати, що він може прийматися як визначальний показник для подальших досліджень.

З метою підтвердження отриманих результатів на базі розвідувального аналізу, було проведено дослідження експериментальних даних методами покрокової множинної регресії. В результаті розроблена модель, що характеризує

вплив основних факторів на масу залишків сировини у вагоні. Модель розрахунку маси залишків сировини у вагоні дозволила встановити визначальні показники процесу: вхідний - стан змерзлої сировини, технологічний - тривалість розморожування і вихідний - масу 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.

Проведена оцінка роботи гаражів дозволила ідентифікувати основний традиційний режим з постійною температурою розморожування і максимальною витратою теплоносія. У результаті оцінки витрати теплоносія при підготовці сировини у вагонах до вивантаження розроблено модель його витрати. У зв'язку з тим, що за увесь зимовий період фактична витрата теплоносія досягає 12 млн. м³ на рік, а температура розморожування підтримується на такому рівні, який не сприяє економії витрати теплоносія і вимагає значних виробничих витрат, потрібна розробка технічних рішень, які забезпечать зниження витрати теплоносія.

В процесі досліджень, на підставі оброблених експериментальних даних, були встановлені цілком певні періоди розморожування, що відображають скорочену витрату теплоносія при його регулюванні в порівнянні з традиційним режимом. Вони носять нерегулярний характер і раніше не враховувалися.

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. В результаті досліджень розроблена модель визначення витрати теплоносія з урахуванням використання акумульованого тепла, яка забезпечує економію теплоносія, збільшення пропускної здатності гаражів і фактичної переробної спроможності транспортно-вантажного комплексу.

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 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 збільшити добову пропускну спроможність гаражів з 320 до 430 вагонів і тим самим забезпечити переробну спроможність комплексу, знизити транспортні витрати і витрату теплоносія.

Для вказаного методу запропонований спеціальний комплекс, що включає підготовчий парк, гаражі і парк пасивного розморожування. При цьому гаражі розморожування мають бути прохідного типу, підготовчий парк повинен розташовуватися перед гаражами, а парк пасивного розморожування між гаражами і коліями постановки вагонів під вивантаження.

Для визначення необхідних конструкційних параметрів гаражів вдосконалені метод і модель розрахунку їх пропускної спроможності, які дозволяють встановлювати кількість секцій відповідно до потрібної пропускної спроможності транспортно-вантажного комплексу. Причому місткість секції гаражів розморожування встановлюється кратній кількості вагонів, що прибувають у маршрутах з масовою сировиною.

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 базовому підприємстві. Розроблені рішення з підготовки змерзлої сировини в вагонах до вивантаження захищені патентом України і рекомендовані до використання у практиці транспортно-вантажного комплексу промислового підприємства.

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 теплоносій на 4 - 5 %.

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

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). SHEI "Pryazovskyi State Technical University". 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 of industrial enterprise on mass raw material unloading in winter period under conditions of changing temperature and time parameters of the transport process.

According to the current technology in transport and cargo handling complex of industrial enterprises, in the winter period defrosting are put into operation for the preparation of frozen raw material to unloading. The productivity of garages needs to ensure smooth operation of the complex.

However, the technology adopted and the process parameters of preparation the frozen raw material to unloading do not meet industrial requirements. In winter period, with significant decrease of ambient temperature defrosting times increase greatly and varies within a wide range from 6 to 21 hours. This increases the idle time on the external network rail cars from 13-14 to 35-36 hours, and the capacity of defrosting garages reduces to 200-250 cars per day and does not match the required processing productivity of a transport and cargo handling complex, which is up to 430 cars per day. Described conditions leads to transportation costs increasing, extra consumption of coolant and, as a consequence, high production losses. The main reason for this situation is lack of enough accurate method and model for determining the defrosting times of raw materials in cars, as well as deficiencies in design of garages (productivity and number of sections), which substantially complicate their transportation services.

A specific feature of the process of raw material preparation to unloading is availability of large number of factors, influencing on raw materials, which are of different nature and vary over a wide range. For a long time the described problem solving was based on theoretical studies and laboratory experiments, which are built on a very limited number of factors (transportation times and ambient temperature at the discharge point). So, physical and mechanical properties of raw materials, temperature and time parameters of transport process was not taken into account enough during the research, that did not allow to obtain in practice results, accurate enough.

In this regard, the aim of this work is to enhance efficiency of transport and cargo handling complex of industrial enterprise at unloading of mass raw material in a winter period on the basis of developing method and model of determining raw materials defrosting times, which provide productivity of the complex, reducing transport costs and consumption of the coolant.

To achieve this goal it is necessary: to develop a method and model for determining defrosting times of raw materials in rail cars; to develop a model for determining coolant flow during preparation of raw materials in rail cars to unloading; to develop a method of productivity enhancing of transport and cargo handling complex, to improve methods for garages productivity calculating and mathematical modeling of preparation process of frozen raw material to unloading. On this basis, the study objectives are identified.

Evaluation of transport and cargo handling complex of industrial enterprises showed, that in average uploading preparation times of rail cars group of 24-25 hours, defrosting cycle accounts 13-14 hours. Defrosting cycle includes additional operations, such as output of rail car group from the defrosting garages, raw materials control and inspection, rail car statement on extra defrosting etc., and idle time between operations, that account 4-5 hours. Above mentioned reduces handling capacity of defrosting garage. Due to the fact, that the existing calculating method of handling capacity of defrosting garage does not take into account the control and inspection of raw materials and in-process rail cars lead time, it was added by specified indicators.

New approach to problem solving assumes obtaining a multidimensional various data array, which provides identification of process indicators of preparation of raw materials in rail cars to unloading based on industrial experiment; justification, and establishment of input and output indicators and the whole process modeling.

With this aim the industrial experiments in the condition of transport and cargo handling complex of large metallurgical plant was conducted. As the results of the preparation and discharge of 4,700 rail cars with bulk raw materials, multivariable various array of data for further research was obtained.

When developing the defrosting times determining method, as output of the process the indicator of actual mass of raw materials remains in rail car after unloading is taken. Based on the correlation evaluation of output indicator with the most important factors, influencing the process, as integral of the input indicators of frozen raw material state is taken. As the main technological indicator is defrosting times in various operating conditions, determined based on mathematical modeling of the process, with establishing its dependence on the most influencing factors.

Analysis of a number of methods have shown that traditional methods of statistical analysis (correlation, variance, regression, etc.) is unsuitable for studies of multidimensional diverse array of experimental data. So, a method of mathematical modeling of the preparation process of frozen raw materials in rail cars to unloading with the addition of modern technologies of deep exploratory data analysis "Data mining", which allowed me to install a hidden internal logical connection between a large number of operating factors of the process, is developed.

In the first stage of simulation, based on a thorough exploratory data analysis, the classification model, which allows estimate factors, influencing on output indicators (residues mass in rail car), is developed. It should be noted that, the state of the frozen raw material is represented at all levels of the model. That allows to consider, that defining indicator for further research can be taken.

To confirm results obtained on the basis of intelligence analysis, a study was conducted on experimental data methods step-by-step multiple regression.

As the result, developed model, which characterizes influencing of main factors on mass balances of raw materials in rail car. Calculation model of raw materials mass balances in rail car allowed to establish the main parameters of the process: input - the state of the frozen raw materials, technological defrosting times and the output - weight of raw materials residues in rail car.

Study of changing patterns of the key parameters of the process, executed at the second stage of the research, allows to develop model of determining the defrosting times of raw materials in rail cars (convergence level is 0,87 - 0,89), which provides planned handling capacity, smooth operation of transport and cargo handling complex, reduction of rail cars and locomotives idle times.

The executed evaluation of garages exploration allowed identifying the main traditional mode with constant defrosting temperature and maximum coolant flow. The evaluation of heat expenditure during the preparation of raw materials in rail cars to unloading allowed developing model of its consumption. Due to the fact, that for the entire winter period, the actual flow rate of the coolant reaches 12 million m³ per year, and the defrosting temperature is maintained at a level, that is not conducive to savings in consumption of coolant and requires significant production costs, it is necessary to develop technical solutions that will reduce coolant flow.

The research, based on the processed experimental data, was set quite certain defrost periods, reflecting the reduced coolant flow when the regulation compared to the

traditional regime. They are irregular in nature and not previously taken into account.

Based on in-depth analysis of industrial experiment the stages are set, temperature and time ranges of accumulated heat use: the duration up to 6 hours of defrosting is carried out at standard temperatures up to 120 °C; for duration of up to 12 hours the process is carried out with use of heat, accumulated in raw materials and a gradual decrease in temperature to 50 - 60 °C; with duration more than 12 hours, there is a passive defrost in open air in 3-5 hours. The developed model for determining the coolant flow based on the use of accumulated heat, which provides savings of coolant, increasing productivity of garages and actual processing productivity of transport and cargo handling complex.

The results of these studies enhance the efficiency of transport and cargo handling complex in two stages.

In the first stage, a technical solution is achieved by reducing idle time between operations of rail cars and additional transport operations. The duration of frozen raw material preparation to discharge decreased from 24 to 25 hours up to 21 - 22 hours, and the daily productivity of garages has increased from 220 to 320 cars (40 - 45 %).

In the second stage developed a promising method, based on using of accumulated heat, introduction of production system and improve the design of garages, which will increase the daily productivity of garages from 320 to 430 cars, and thereby provide processing ability of the complex to reduce transport costs and consumption of coolant.

For the specified method the special package, that includes a preparatory park, garages and passive defrosting park, is offered. Defrosting garages should be continuous, preparatory park should be located in front of the garage, park of passive defrosting should be between garages and unloading ways for rail cars.

To determine the required structural parameters of garages, improved method and model for calculating of handling capacity, that allows to set the number of sections in accordance with the required handling capacity of transport and cargo handling complex. At the same time, capacity of garages section is set to a multiple of rail cars number, arriving in trains with a massive raw material.

Method and model of determining the defrosting times of raw materials in rail cars, the model of determining the coolant flow rate, using stored heat, are implemented. Methods of improving the performance of transport and cargo handling complex, and method of state evaluation of frozen raw materials in rail car are taken to implementation in typical company. Developed solutions for preparation of frozen raw materials in rail cars to unload is protected by patent of Ukraine and recommended for practical implementation on transport and cargo handling complexes of industrial enterprise.

The annual economic effect from implementation of developments is estimated 1.1 million UAH, included, payment for rail cars using reduced on 10 - 15 %, the locomotives operation cost reduced on 5 - 10 % and heat transfer reduced on 4 - 5 %.

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

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Основні наукові праці:

- у фахових виданнях, 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:

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 «ПГТУ», 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 II 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. Гусєв, 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.

ЗМІСТ

	стор.
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	21
ВСТУП.....	22
РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН ПИТАННЯ. МЕТА І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	28
1.1. Загальна характеристика і технологія роботи транспортно-вантажного комплексу промислового підприємства у зимовий період.....	28
1.1.1. Загальна характеристика, технічні засоби і функції транспортно-вантажного комплексу промислового підприємства.....	28
1.1.2. Технологія і режими роботи вантажної станції транспортно-вантажного комплексу промислового підприємства..	31
1.2. Конструкція і технологія роботи конвективних гаражів розморожування масової сировини.....	37
1.3. Особливості взаємодії вантажної станції транспортно-вантажного комплексу і гаражів розморожування.....	40
1.4. Аналіз техніко-експлуатаційних показників роботи транспортно-вантажного комплексу у зимовий період.....	44
1.5. Мета і робоча гіпотеза дослідження.....	46
1.6. Аналіз науково-дослідницьких і теоретичних робіт.....	49
1.7. Задачі і методи досліджень.....	57
1.8. Висновки до розділу 1.....	59
РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ І ОЦІНКА РОБОТИ ТРАНСПОРТНО-ВАНТАЖНОГО КОМПЛЕКСУ, РОЗРОБКА МЕТОДУ ВИЗНАЧЕННЯ ТРИВАЛОСТІ РОЗМОРОЖУВАННЯ СИРОВИНИ У ВАГОНАХ.....	61
2.1. Дослідження і оцінка роботи транспортно-вантажного комплексу у зимовий період.....	61
2.2. Оцінка існуючої добової пропускної спроможності гаражів розморожування.....	66
2.3. Встановлення факторів, що впливають на процес підготовки сировини у вагонах до вивантаження.....	71
2.4. Програма і метод проведення промислового експерименту.....	76
2.5. Оцінка результатів промислового експерименту.....	83
2.6. Розробка методу визначення тривалості розморожування сировини у вагонах.....	87
2.7. Висновки до розділу 2.....	90
РОЗДІЛ 3. РОЗВИТОК МЕТОДУ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ, МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ І РОЗРОБКА МОДЕЛІ ВИЗНАЧЕННЯ ТРИВАЛОСТІ РОЗМОРОЖУВАННЯ СИРОВИНИ У ВАГОНАХ.....	92
3.1. Постановка задачі.....	92
3.2. Вибір і розвиток методу математичного моделювання.....	96

3.3. Сутність комп'ютерної технології «Data Mining» і методу комп'ютерного моделювання реальних явищ і процесів (computer simulations).....	97
3.4. Розробка моделі визначення маси залишків сировини у вагоні....	99
3.4.1. Глибокий розвідувальний аналіз даних процесу підготовки змерзлої сировини до вивантаження.....	99
3.4.2. Розробка моделі визначення залишків сировини у вагоні... ..	103
3.4.3. Моделювання спільного впливу основних факторів процесу на масу залишків сировини у вагоні.....	105
3.5. Розробка моделі визначення тривалості розморожування сировини у вагонах.....	108
3.6. Висновки до розділу 3.....	110
РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА МЕТОДУ І МОДЕЛЕЙ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ТРАНСПОРТНО-ВАНТАЖНОГО КОМПЛЕКСУ.....	112
4.1. Постановка задачі.....	112
4.2. Розробка моделі і визначення витрати теплоносія на розморожування групи вагонів.....	112
4.3. Дослідження, розробка моделі і визначення витрати теплоносія на розморожування групи вагонів з використанням акумульованого тепла.....	116
4.3.1. Дослідження витрати теплоносія на розморожування групи вагонів з використанням акумульованого тепла.....	116
4.3.2. Ідентифікація режиму, параметрів і діапазону використання акумульованого тепла при розморожуванні сировини у вагонах.....	124
4.3.3. Розробка моделі визначення витрати теплоносія на розморожування групи вагонів з використанням акумульованого тепла.....	128
4.4. Розробка методу і моделі підвищення ефективності роботи транспортно-вантажного комплексу промислового підприємства.....	131
4.4.1. Заходи першого етапу.....	131
4.4.2. Заходи другого етапу.....	133
4.5. Розрахунок економічного ефекту від впровадження технічних рішень з підвищення ефективності роботи транспортно-вантажного комплексу ПРАТ «ММК ім. Ілліча».....	141
4.6. Висновки до розділу 4.....	144
ВИСНОВКИ.....	146
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	149
ДОДАТКИ.....	166
ДОДАТОК А. Результати дослідження процесу вивантаження масової сировини на транспортно-вантажному комплексі промислового підприємства.....	166
	176

ДОДАТОК Б. Акти впровадження, розрахунок економічного ефекту, протокол технічної ради.....	
ДОДАТОК В. Список публікацій здобувача за темою дисертації та відомості про апробацію результатів дисертації.....	186

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ТВК ПП - транспортно-вантажний комплекс промислового підприємства;
ВС - вантажна станція;
ВС ТВК ПП - вантажна станція транспортно-вантажного комплексу промислового підприємства;
ПС ТВК - переробна спроможність транспортно-вантажного комплексу;
КРО - комплект розвантажувального обладнання;
ГР - гаражі розморожування;
ПС ГР - пропускна спроможність гаражів розморожування;
ПВП - приймально-відправний парк;
ГРАД - глибокий розвідувальний аналіз даних.

ВСТУП

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 залізовмісної сировини.

У зимовий період при істотному зниженні температури довіклля 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 витрат. 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 Державним вищим навчальним закладом «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, змодельовати 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 пропускну 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 Державного вищого навчального закладу «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.

РОЗДІЛ 1

СУЧАСНИЙ СТАН ПИТАННЯ.

МЕТА І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1. Загальна характеристика і технологія роботи транспортно-вантажного комплексу промислового підприємства у зимовий період

1.1.1. Загальна характеристика, технічні засоби і функції транспортно-вантажного комплексу

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 до 500 вагонів залізовмісної сировини. Для їх прийому і вивантаження до складу транспортно-вантажного комплексу промислового підприємства (ТВК ПП) входять вантажна станція (ВС) і комплект розвантажувального обладнання (КРО).

Однією з провідних ланок ТВК ПП є КРО, що здійснює основну операцію процесу – вивантаження залізовмісної сировини з вагонів і його передачу на усереднювальні склади аглофабрики. КРО включає вагоноперекидачі роторні стаціонарні (ВРС) для вивантаження вагонів з залізовмісною сировиною, вагоноперекидач боковий стаціонарний (ВБС) для вивантаження флюсів і палива, вагоноперекидач роторний пересувний (ВРП) для вивантаження вагонів з залізовмісними відходами виробничих цехів; передавальні конвеєри; склади для усереднювання і оперативного зберігання компонентів шихти (рис. 1.1).

Основною задачею вантажної станції транспортно-вантажного комплексу промислового підприємства (ВС ТВК ПП) є забезпечення зв'язку із зовнішньою мережею магістральних доріг для своєчасного прийому і вивантаження вагонопотоку з масовою сировиною для аглофабрики, яка виробляє офлюсований агломерат. Однією з провідних ланок ТВК ПП є КРО, що здійснює основну операцію процесу – вивантаження залізовмісної сировини з вагонів і його передачу на усереднювальні склади аглофабрики.

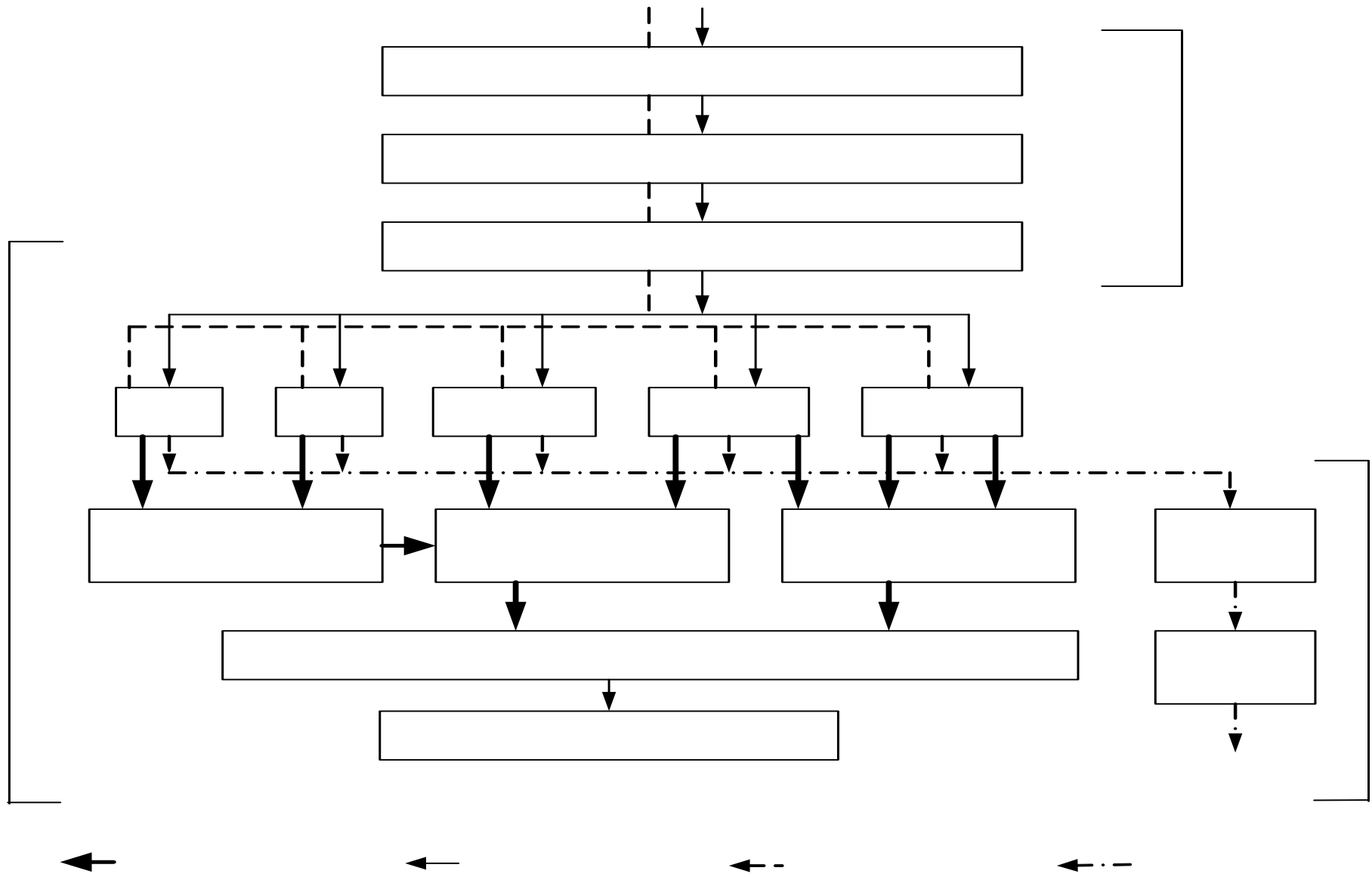


Рисунок 1.1 – Схема функціонування транспортно-вантажного комплексу аглофабрики

Переробна спроможність транспортно-вантажного комплексу реалізується стаціонарними роторними вагоноперекидачами загальною продуктивністю до 430 вагонів на добу.

ПС ТВК прийнята з умови забезпечення планової виробничої потужності аглофабрики в обсязі 12 млн. т. агломерату на рік. При цьому планове надходження залізвмісної сировини характеризується величиною вагонопотоку, що становить 400 – 500 вагонів на добу. Прийом такого вагонопотоку забезпечується двома вагоноперекидачами роторними стаціонарними із споживчою продуктивністю по 6,0 млн. т. на рік і інтенсивністю розвантаження – 25 ваг/год.

Проте, необхідно враховувати, що фізико-механічні властивості залізвмісної сировини (насамперед, вологість) ускладнюють вивантаження вагонів, вимагаючи вживання додаткових заходів механічної дії і в більшості випадків повторного перекидання. Тому інтенсивність розвантаження, що реалізується в практичних умовах, не перевищує 16 - 18 вагонів на годину. Слід відзначити, що відповідно до прийнятого типу штовхання, колії надвигу на вагоноперекидачі мають місткість по 22 вагони.

У зв'язку з широкою номенклатурою компонентів шихти, передбачено застосування різних типів вагоноперекидачів та їх спеціалізацією по видах сировини. Тому робота ТВК ПП по вигляду, обсягу і ритму подачі сировини тісно пов'язана з виробничим процесом аглофабрики. У зимовий період до цих вимог додається також приведення сировини в стан, що забезпечує його повне розвантаження на вагоноперекидачі.

Робота ВС за обсягом подачі сировини тісно пов'язана з виробничим циклом аглофабрики. Основні компоненти сировини для агломераційного виробництва, що поступають на ТВК ПП, включають: залізорудний концентрат, агломераційну руду, флюси, паливо. Ряд вантажів із зовнішньої мережі поступає на ВС через другу станцію примикання. Крім того, на адресу аглофабрики поступають відходи доменного і прокатного виробництва, що використовуються у якості компонентів шихти: колошниковий пил, відсів агломерату, окалина, шлами і коксова дрібниця.

Річна витрата компонентів шихти при виробництві 12 млн. т. на рік офлюсованого агломерату наведена у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Річна витрата компонентів шихти при виробництві 12 млн. т. на рік офлюсованого агломерату

№, п/п	Компоненти шихти	Витрата компонентів шихти	
		вантажопотік, тис. тонн	вагонопотік, ваг.
1.	Залізорудний концентрат	9720	144000
2.	Агломераційна руда	1836	27200
3.	Флюси звичайні	1944	28800
4.	Флюси доломітизовані	720	10667
5.	Коксова дрібниця	240	3556
6.	Антрацитовий штиб	492	7289
7.	Колошниковий пил	720	10667
8.	Відсів агломерату	960	14222
9.	Окалина	144	2133
10.	Шлами	960	14222
11.	Промислова сировина	360	5333
12.	Марганець	180	2667
	Всього:	18276	270756

Подача вагонів з зовнішньої мережі на під'їзну колію проводиться з інтервалами, які складають в середньому 2 - 12 годин. Найінтенсивніше на ВС прибувають потяги з залізорудним концентратом (з інтенсивністю 2 – 4 години), а з найменшою інтенсивністю і з найбільшим розкидом в часі – поїзди з флюсами (з інтенсивністю 8 – 12 годин). Слід відмітити, що для вантажів з великими інтервалами прибуття характерна їх велика нерівномірність, справедливо і зворотне.

1.1.2. Технологія і режими роботи вантажної станції транспортно-вантажного комплексу промислового підприємства

Функціонування ВС ТВК ПП, що обслуговує аглофабрику, характеризується рядом специфічних особливостей, які роблять істотний вплив на показники її роботи.

Особливістю роботи ВС з прийому сировини що прибуває на адресу аглофабрики є її залежність від наявності основних компонентів шихти на складах фабрики. У зв'язку з цим часто змінюється черговість розвантаження сировини через невідповідність за виглядом і якості компонентів шихти, що є причиною простою прибулих вагонів в очікуванні прибуття відсутнього вантажу. Через наявність вказаного фактору перепростій вагонів зовнішньої мережі може досягати 500 – 800 вагоно-годин на добу.

В процесі прийому, переробки і вивантаження вагонів на роботу ТВК ПП діє ряд зовнішніх факторів, що мають випадковий характер. До них, насамперед, слід віднести нерівномірність прибуття поїздів із зовнішньої мережі, оперативні вимоги аглофабрики по зміні черговості вивантаження маршрутів з сировиною у зв'язку з перешихтовкою його компонентів, позапланові зупинки вагоноперекидачів, аварійні ремонти конвеєрних ліній і змерзаємість масової сировини у період негативних температур довкілля.

Взаємодія з вагоноперекидачами визначається інтенсивністю постановки груп вагонів на вивантаження і тривалістю їх вивантаження. Тривалість вивантаження однієї групи вагонів складає в середньому 1,0 – 1,5 годин. Вплив на тривалість вивантаження оказують аварійні зупинки, ремонти вагоноперекидачів і передавальних конвеєрів.

На станцію масова сировина прибуває маршрутами по 50 - 56 вагонів. Переважування вантажів, що прибувають, проводиться як правило, в русі на тензометричних вагах. Всі потяги з зовнішньої мережі та станцій підприємства прибувають і відправляються з колії приймально-відправного парку (ПВП), на яких проводиться комерційний і технічний огляди. По завершенню оглядів вагони подаються на колії надвигу вагоноперекидачів. Після цього відбувається вивантаження вагонів в бункери або приймальну траншею, з подальшою подачею на склади, де здійснюється усереднювання.

По завершенню операції вивантаження, вагони вони попадають на колії накопичувально-відправного парку, де відбувається їх накопичення до повної місткості колії, після чого склад пред'являється для технічного і комерційного оглядів з визначенням придатності під навантаження.

Прибирання вагонів з колій накопичувально-відправного парку проводиться на один з фронтів колій очищення, після чого порожні вагони розподіляються за трьома напрямками: у сортувально-відправний парк, в ПВП або під навантаження готової продукції на станції підприємства, а також можуть простоювати в очікуванні маневрового пересування або відправлення. Порожні вагони передаються на зовнішню мережу тільки цілим маршрутом, як правило, не менше 46 вагонів.

Відповідно до технології, що діє на ВС ТВК ПП у зимовий період для підготовки змерзлої сировини до вивантаження вводяться в експлуатацію гаражі розморожування (ГР), пропускна спроможність яких повинна забезпечувати безперебійну роботу комплексу. Змерзання сировини значно ускладнює роботу комплексу, оскільки виникає необхідність в додаткових маневрових пересуваннях з постановки / прибирання груп вагонів на розморожування.

У літній період сировина, що прибуває, володіє хорошими сипучими властивостями, і її вивантаження не представляється складною операцією. У цей період навіть при дії інших відмічених вище факторів, ТВК ПП працює в межах тривалості використання вагонів зовнішньої мережі, встановленого єдиним технологічним процесом станції, який ґрунтується на достатньо великому обсязі спостережень і хронометражів і може бути умовно прийнятий за норматив простою.

У зимовий період сировина, що прибуває, піддається змерзанням і частково або повністю втрачає свою сипучість, у зв'язку з чим виникає необхідність відновлення сипучості, на що витрачається значний час. У цей період робота ТВК ПП істотно ускладнюється через необхідністю постановки і прибирання груп вагонів на розморожування. Негативний вплив на технологію роботи ВС ТВК ПП у зимовий період надає необхідність позачергової подачі на розморожування окремих видів сировини.

Отже, для ВС ТВК ПП, що обслуговує аглофабрику, характерно два режими роботи. Перший – це літній режим (в період позитивних температур), коли технологічний процес не має істотних відхилень від регламенту, а переробка

вагонопотоку йде в рамках оперативного плану. Другий – зимовий режим, який характерний для періоду негативних температур, вимагає включення в технологію обробки вагонів додаткової ланки – розморожування змерзлої сировини у ГР. Функціональна схема технології роботи ВС ТВК ПП у зимовий період наведена на рисунку 1.2.

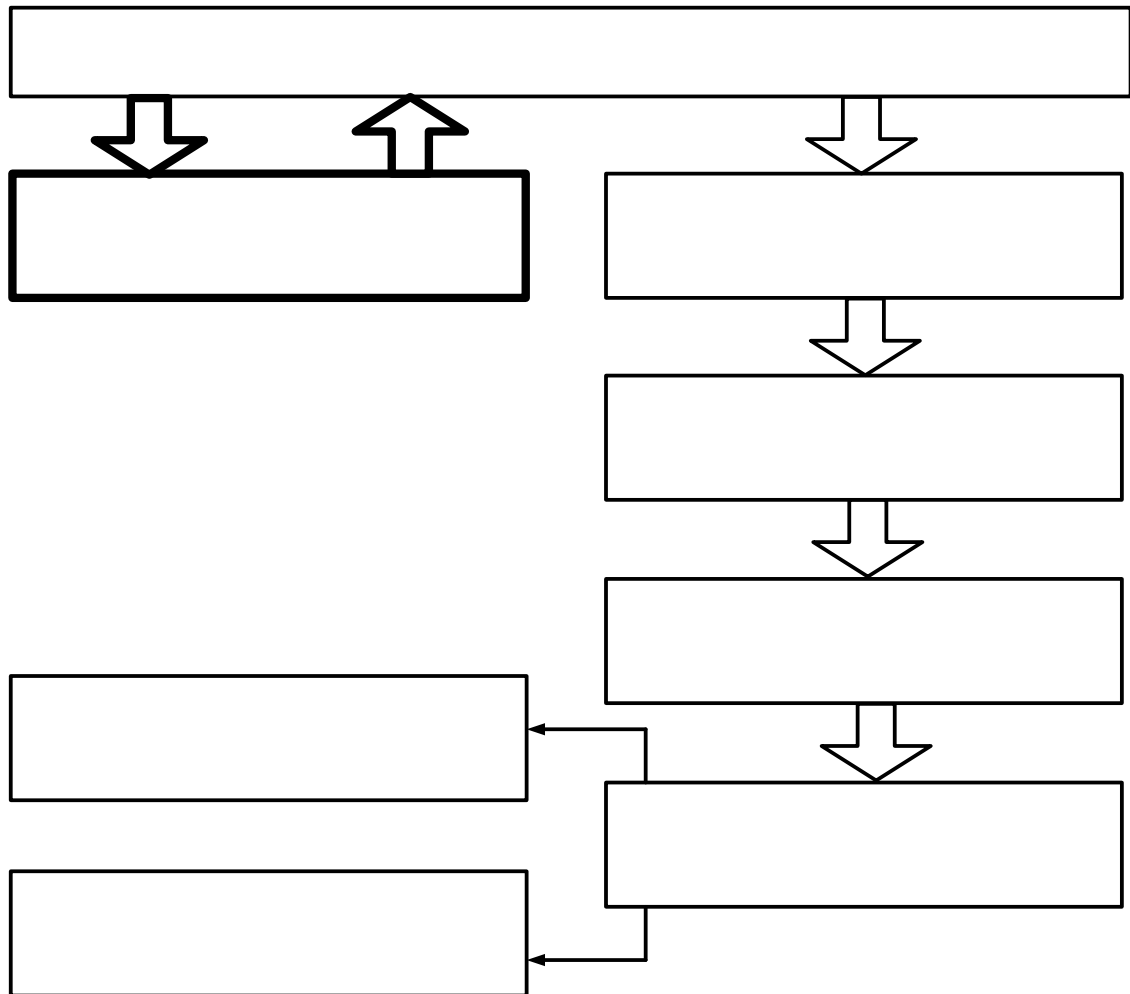


Рисунок 1.2 – Функціональна схема технології роботи ВС ТВК ПП

Функціональна схема роботи ВС ТВК ПП представлена у вигляді окремих функціональних блоків, які є закінченими технологічними циклами обробки вагонів від прибуття з сировиною до подачі порожніх під навантаження або повернення на зовнішню мережу.

Процес обробки вагонів в кожному блоці є регламентованим технологічним графіком, і окремі порушення в них не вносять серйозних збоїв до технології роботи ВС ТВК ПП.

Вагони, що прибувають на адресу агрофабрики при літньому режимі роботи ВС ТВК ПП, просуваються по контуру 1-а-2-б-3-в-4-г-5-7-8. Як було відмічено вище, в умовах літнього режиму реалізується стандартний оперативний план переробки

вагонопотоку і істотних відхилень від нормативної тривалості цього процесу немає. При зимовому режимі роботи ВС ТВК ПП відбувається змерзання сировини і виникає необхідність приводити його в стан, придатний для розвантаження на вагоноперекидачах, а в технологічний ланцюжок включається новий елемент – ГР і вагони просуваються по контуру 1-д-6-е-1-а-2-б-3-в-4-г-5-7-8.

Включення в технологічну схему роботи ВС ТВК ПП гаражів розморожування істотно ускладнює роботу комплексу. Тому техніко-експлуатаційні показники прийому і переробки вагонопотоку, а також тривалість використання (простою) вагонів зовнішньої мережі значною мірою залежать від технологічної і організаційної взаємодії вантажної станції, ГР і КРО.

Слід відзначити, що прийнята технологія і параметри процесу підготовки змерзлої сировини до вивантаження не відповідають виробничим вимогам. При зимовому режимі роботи має місце істотне збільшення простоїв між основними технологічними блоками. Насамперед до них відносяться простой пов'язані з роботою ГР. Найбільші простой мають місце на виході з приймально-відправного парку, в першому випадку перед постановкою в ГР (8 - 9 годин), в другому перед прибиранням з них (2 - 3 години).

Фрагмент графіка тривалості використання вагонів зовнішньої мережі при зниженні температури довкілля наведено на рисунку 1.3.

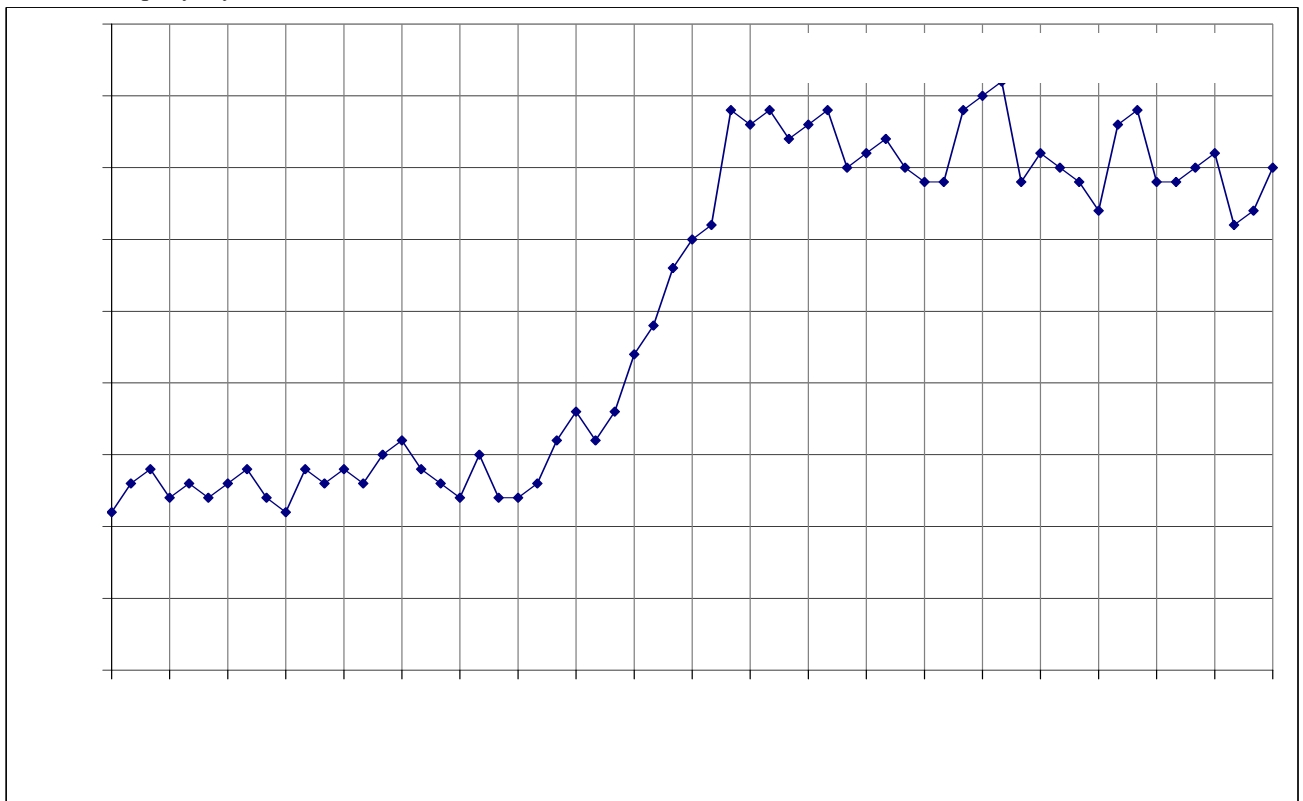


Рисунок 1.3 – Фрагмент графіка тривалості використання вагонів зовнішньої мережі при зниженні температури довкілля

У цих умовах, навіть при відносно рівномірному підході поїздів із зовнішньої мережі, тільки за рахунок збільшення маневрових пересувань по подачі груп вагонів в ГР, число маневрових пересувань і їх тривалість збільшується в 1,3 – 1,5 рази.

При цьому дія додаткових обурюючих факторів (нерівномірний підхід поїздів із зовнішньої мережі, пересортиця сировини агрофабрикою та ін.) визначає максимальне значення простоїв. Слід зазначити, що вищезгадані простой пов'язані із значним збільшенням обсягу маневрової роботи і спричиняють до додаткової витрати локомотивного часу.

Коливання тривалості розморожування і міжопераційних простоїв вагонів свідчить про те, що дані величини не піддаються прогнозуванню, і не дозволяють організувати ефективну роботу ТВК. У зв'язку з вказаним, потрібний детальний розгляд роботи ГР.

1.2. Конструкція і технологія роботи конвективних гаражів розморожування масової сировини

У зимовий період ритмічна і злагоджена робота ГР значною мірою визначає безперебійну роботу ТВК ПП в цілому. Основними факторами, що визначають ефективну роботу ГР є: конструкція (місткість, кількість секцій), розташування, технологія роботи і витрата теплоносія на розморожування.

Конвективними ГР є капітальна будівля з потужними теплообмінниками і вентиляцією, усередині якого розташовані роздільно по секціях залізничні колії для постановки, розморожування і прибирання вагонів. Теплоносіями, як правило, є продукти згорання природного, коксового, доменного газів, рідше мазут, іноді тепле повітря, що нагрівається в калориферах. Продукти згорання або підігріте повітря подаються вентиляторами в панелі, що розводять і через сопла спрямовують на поверхню кузова піввагона. Для обмеження ступеня нагріву відповідальних вузлів рухомого складу (гальмівних приладів, букс, обшивки кузова) їх охолоджують водою за допомогою спеціальної системи. Конвективними ГР металургійної сировини є споруди у вигляді секцій, скомпонованих в один блок. Довжина секції, залежно від ПС ГР, складає в основному 156 - 312 м, що дозволяє одночасно розмішувати в ній від 11 до 22 чотиривісних піввагонів. Ширина секції складає, як правило 6000 мм, а висота – 5300 мм. Ширина приміщень для печей, ексгаустерів та інших пристроїв 9000 мм. Габарити камер ГР по висоті дозволяють подавати в нього і восьмиосні піввагони. Число секцій в блоці залежить від обсягу сировини, що надходить на металургійний комбінат в зимовий період, ступеню змерзання сировини, а отже, і тривалості його розморожування.

В даний час конвективні ГР будують з цегляними стінами або залізобетонним каркасом і цегляним заповненням, зазвичай без введення в конструкцію поверхонь ГР теплоізоляційних матеріалів.

Розморожування сировини здійснюється шляхом обдування гарячим теплоносієм, отриманими від згорання газу в спеціальних печах із змішувальними камерами. Основні характеристики ГР представлені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Основні характеристики гаражів розморожування

№, з/п	Найменування показника	Одиниця вимірювання	Величина
1.	Кількість секцій	од.	3 - 6
2.	Довжина секції	м	156 - 312
3.	Ширина секції	м	6
4.	Висота секції	м	5,3
5.	Місткість секції	ваг.	11 - 22
6.	Загальна місткість гаражів:	ваг.	60 - 150
7.	Число печей для однієї секції	од.	2 - 5
8.	Число печей для всього гаража	од.	12 - 30
9.	Число пальників в печі	од.	6
10.	Витрата газу одним пальником при тиску 500 мм. вод. ст.	м3/год.	60

Типова схема конструкції конвективних ГР масової сировини приведена на рисунку 1.4. Кожна секція ГР має печі, камери змішувачів 2, 4 і 5, димосос рециркуляції 1, трубопроводи теплоносія 17 і рециркулятора 3 з регулюючою арматурою 13. В якості палива використовується газ, що підводиться по газопроводу від газорозподільного пункту ГР.

Робота ГР здійснюється за наступною технологічною схемою. Димові гази з високою температурою 1000 °С з топкового пристрою 6 поступають в камери змішувачів 4 і 5, а з камери 4 в камеру 2, верхньої, бокової і нижньої подач теплоносія відповідно, де відпрацьованим теплоносієм розбавляються до технологічно необхідної температури. Далі, з визначеною для кожної подачі температурою і в певній кількості, надходять в колектори 15, 11 і 14 – верхньої, бокової і нижньої подач теплоносія відповідно. По трубопроводах 17 теплоносій надходить з колектора 15 через сопла 8 у верхню частину секції 16 розморожувань, з колектора 11 через сопла 8 в бічні частини секції 10 і 18, з колектора 14 через сопла 9 в нижню частину секції 19. Віддавши тепло поверхням вагонів, що обігріваються, відпрацьований теплоносій покидає камери і по каналу 7 через димосос 1 знову надходить на розбавлення, а надлишок відводиться через клапан 12.

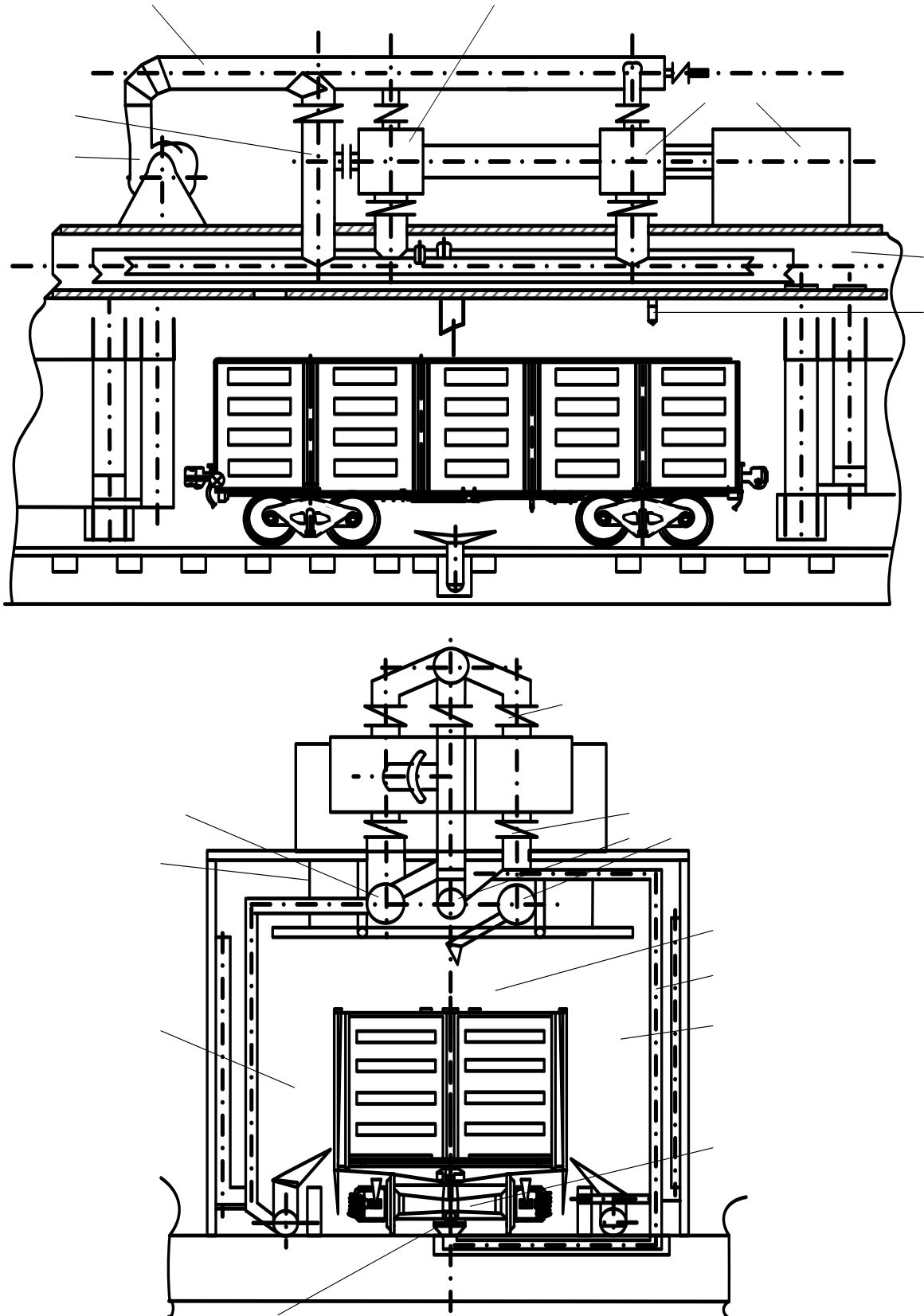


Рисунок 1.4 – Типова схема конструкції конвективних гаражів розморожування масової сировини
 1.3. Особливості взаємодії вантажної станції транспортно-вантажного комплексу і гаражів розморожування

Згідно існуючої технології тривалість розморожування масової сировини визначається за нормативними даними, встановленими з урахуванням тривалості транспортування маршруту сировини і температури довкілля в пункті вивантаження і представленими у вигляді номограми (рис. 1.5).

Постановка вагонів в ГР ведеться по мірі прибуття маршрутів з сировиною і залежно від наявності вільних місць в секціях. При цьому можливі різні варіанти розподілу складів для подачі в ГР. Можлива ситуація, коли подача формується з трьох-чотирьох різних складів, причому сировина в кожному складі може значно відрізнятись за ступенем змерзання.

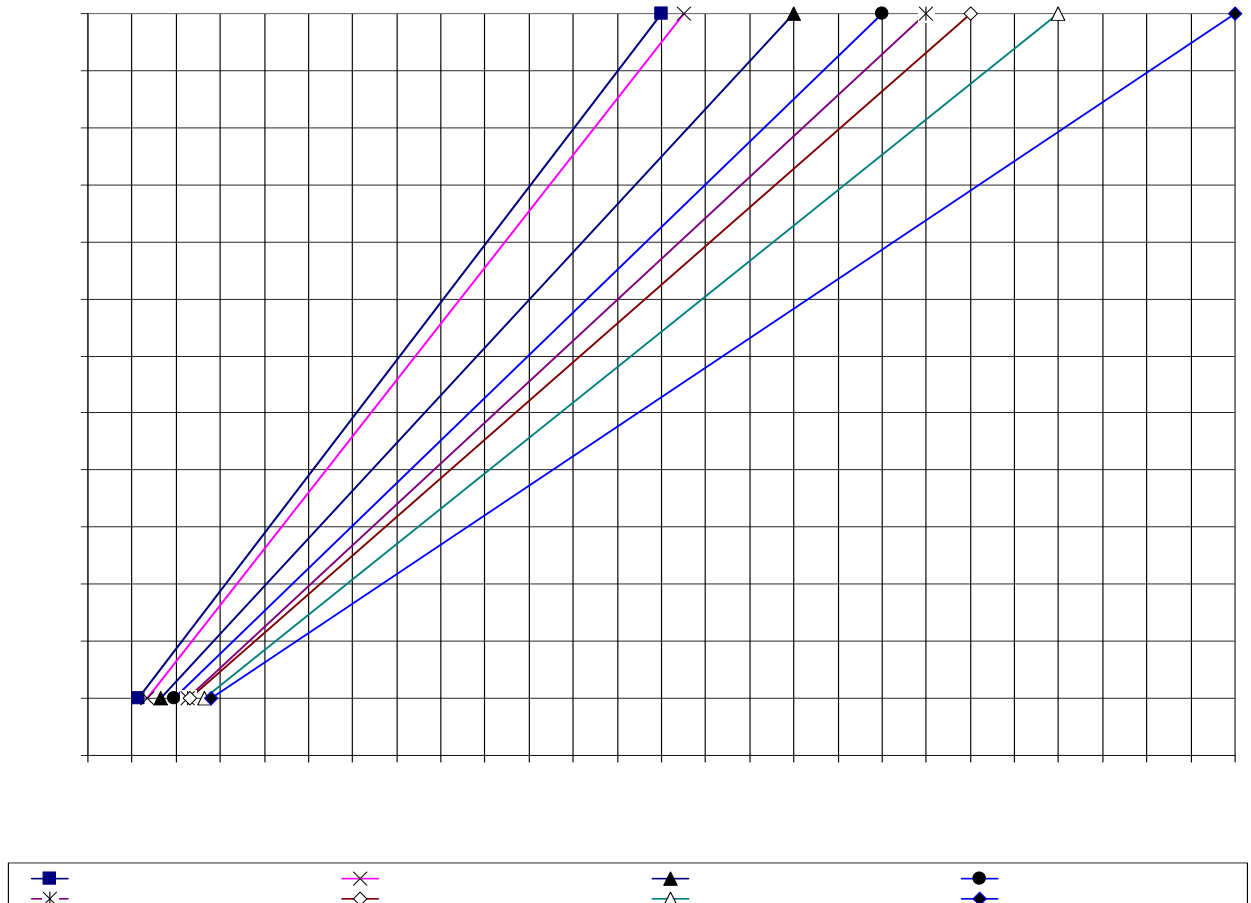


Рисунок 1.5 – Номограма визначення тривалості розморожування сировини у вагонах

На стан змерзлої сировини значний вплив робить неодноразність відвантаження вагонів в прибулому маршруті і різні умови очікування ними формування або відправлення (просто неба, під навісом, під впливом вітру і вологи і т. д.). Слід зазначити, що існуючий метод визначення тривалості розморожування сировини у вагонах враховує температурний фактор тільки в пункті прибуття, а температурні і часові показники транспортного процесу, вологість і фізико-механічні властивості сировини не враховує. В результаті положення, що склалося, фактична тривалість розморожування визначається як правило орієнтовно на підставі досвіду, що склався.

Слід зазначити, що використання номограм для визначення тривалості розморожування не дає достатньо точних результатів. Проведений порівняльний аналіз нормативної і фактичної тривалості розморожування показав істотні розбіжності цих величин. З досвіду їх застосування встановлено, що тільки в 35 – 40 % випадків тривалість розморожування встановлена по номограмах і фактично потрібна збігаються, в 40 – 45 % випадків розбіжність складає від 1 до 3 годин, а в 15 – 20 % випадків досягає 4 – 6 годин і більше. Вказане у свою чергу призводить до

необхідності проведення контрольних перевірок стану сировини в процесі його розморожування, що призводить до значних ускладнень транспортного обслуговування ГР. Існуюча точність визначення тривалості розморожування сировини у вагонах приведена в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Існуюча точність визначення тривалості розморожування сировини у вагонах

Діапазон тривалості розморожування, год	Кількість розморожених вагонів при		Кількість контрольних перевірок
	точній тривалості	неточній тривалості	
1 - 5	5940	374	0 - 1
6 - 10	3696	10010	1 - 2
11 - 15	616	4950	2 і більше
16 - 21	44	1254	
Всього:	10296	16588	

Це зумовлено тим, що при встановленні нормативів, приймалися усереднені дані з обмеженою кількістю факторів, що не відповідають конкретним умовам експлуатації. Слід зазначити, що специфічною особливістю процесу змерзання масової сировини є наявність великої кількості факторів, що діють на сировину, мають різний характер і змінюються в широкому діапазоні.

Таким чином, в даний час відсутній метод, що достатньо відпрацьований і враховує основні впливаючі фактори визначення тривалості розморожування сировини у вагонах.

Результуючим показником процесу розморожування є маса залишків сировини у вагоні після вивантаження на вагоноперекидачі. На промислових підприємствах за якістю вивантаження вагони підрозділяються на:

- задовільно вивантажені з залишками сировини масою до 450 - 500 кг, що дозволяє провести додаткове очищення вагонів в парку очищення з встановленими витратами часу і трудомісткості;
- незадовільно вивантажені з залишками сировини масою понад 450 - 500 кг, що вимагає в літній період повторного вивантаження, а в зимовий - повторного розморожування і вивантаження, що істотно збільшує тривалість використання вагонів зовнішньої мережі.

Задовільно вивантажені вагони мають нормативну масу залишків сировини очищаються бригадою вантажників в парку очищення вагонів без перевищення нормативної тривалості виконання операції згідно єдиного технологічного процесу. Незадовільно вивантажені вагони в літній період подаються в парк сортування вагонів, звідки після розпуску і накопичення подаються на вивантаження, а у зимовий період - проходять всі операції пов'язані з розморожуванням. Слід особливо відзначити, що незадовільно вивантажені вагони характеризуються на підприємстві простоем, який значно перевищує нормативний.

Технологія транспортного обслуговування ГР включає: формування груп вагонів для постановки у ГР, постановку / прибирання груп вагонів в ГР, розморожування сировини, а також постановку груп вагонів з розмороженою сировиною на вивантаження.

Операції з прибуття поїздів в ПВП включають комерційний і технічний огляди поїзду (0,9 - 1 година). Після закінчення всіх операцій з прибуття формуються групи вагонів із змерзлою сировиною для постановки в ГР. При розформуванні прибулих маршрутів з масовою сировиною групи вагонів для постановки на розморожування формуються виходячи з місткості секції ГР. Як правило, формування подачі проводиться з вагонів, розташованих на декількох коліях ПВП і вимагає додаткових витрат часу (0,7 - 0,8 години). Обмін груп вагонів в ГР включає операцію з прибирання груп вагонів з розмороженою сировиною з подальшою постановкою груп вагонів зі змерзлою сировиною в секцію ГР, яка звільнилася. Слід зазначити, що на ряді металургійних комбінатів ГР і ГС територіально розосереджені.

Тривалість обміну груп вагонів в ГР у відповідності з встановленими нормативами складає 1,4 - 1,6 години, зокрема тривалість постановки 0,75 - 0,8 години і прибирання групи вагонів 0,7 - 0,75 години.

Окрім операцій з обміну, транспортне обслуговування ГР включає контрольну перевірку стану сировини в процесі розморожування. Ця операція

проводиться з виведенням вагонів з ГР, перевіркою стану сировини і при недостатньо розмороженій сировині - зворотною постановкою групи вагонів в ГР на додаткове розморожування. Відповідно до технологічного графіка нормативна тривалість перевірки стану сировини складає 0,65 - 0,7 години.

Найчастіше контрольна перевірка стану сировини і додаткове розморожування має місце при розморожуванні понад 5 - 6 годин. Слід зазначити, що контрольні перевірки призводять до істотного збільшення тривалості підготовки сировини до вивантаження і простою вагонів зовнішньої мережі, додатковому обсягу маневрової роботи і відвернення на її виробництво локомотивів. Крім того, мають місце простой вагонів із змерзлою сировиною в очікуванні постановки в ГР і прибирання складу з розмороженою сировиною.

Таким чином, приведені дані показують, що традиційна технологія і організація процесу розморожування і транспортного обслуговування ГР має істотні недоліки, які значно збільшують тривалість переробки вагонів зовнішньої мережі.

1.4. Аналіз техніко-експлуатаційних показників роботи транспортно-вантажного комплексу у зимовий період

Основоположним показником роботи ВС є тривалість знаходження вагонів зовнішньої мережі на ВС. В період позитивних температур технологічний процес не має істотних відхилень від регламенту, переробка вагонопотоку йде в рамках оперативного плану, а окремі відхилення, пов'язані з дією зовнішніх факторів згладжуються диспетчерським регулюванням процесу переробки вагонопотоку. З приведених даних видно, що тривалість підготовки вагонів зовнішнього парку з масовою сировиною в рамках цього режиму в середньому значенні за останні три роки (2015 – 2016 рр.) складає 12 - 15 годин.

В період негативних температур значно інтенсифікується процес дії зовнішніх факторів. У цих умовах за відсутності резервування технічних засобів диспетчерське регулювання позитивних результатів не дає і відбувається значне перевищення норм часу на виконання технологічних операцій. При істотному зниженні температури доквілля тривалість розморожування значно збільшується і змінюється у широкому діапазоні від 6 до 21 години, що зумовлює збільшення тривалості використання (простою) вагонів зовнішньої мережі з 13-14 до 35-36 годин (табл. 1.4) і зниження ПС ГР [44, 98, 99, 102].

Дане положення зумовлене прийнятою технологією підготовки змерзлої сировини у вагонах до вивантаження. Для даного періоду характерне наступне: простой вагонів в ПВП в очікуванні постановки в ГР; значні коливання витрат часу на розморожування сировини у вагонах (від 1 – 5 до 15 – 21 години); простій вагонів в ГР після розморожування сировини в очікуванні подачі через ПВП на вагоноперекидачі; втрати часу при обміні груп вагонів в ГР; збільшення тривалості розморожування, пов'язане з необхідністю відбору вагонів, що вимагають додаткового або повторного розморожування. В сукупності все вказане призводить до істотного збільшення простою вагонів зовнішнього парку на ВС у зимовий період і, як наслідок, до значного зростання транспортних витрат. Так у зимовий період плата за користування вагонами зовнішнього парку зростає в середньому на 35 %.

Таблиця 1.4 – Тривалість використання (простою) вагонів зовнішньої мережі на підприємстві

Показники	Величина, год / %	
	літо	зима
Загальний простій вагонів на підприємстві:	28,46	56,53
Простій вагонів на ТВК прийому і вивантаження вагонів з масовою сировиною, у тому числі:	13,58	35,52
- підготовка вагонів зі змерзлою сировиною до вивантаження;	0	24,85
- вивантаження, очистка, міжопераційні простой;	0	70,36
	8,87	5,34

	65,31	15,12
- подача на сортування, сортування, накопичення, передача на станції навантаження / повернення на зовнішню мережу	4,71	5,13
	34,68	14,52

Коливання тривалості розморожування і міжопераційних простоїв свідчить про те, що дані величини не піддаються прогнозуванню, що у свою чергу не дозволяє оптимально планувати роботу ГС. Крім того, питання розморожування сировини є дуже актуальним і важливим, оскільки на нього витрачається значна кількість теплоносія (до 12 - 12,5 млн м³ за зимовий період), у зв'язку з чим істотно зростають витрати на виробництво продукції.

В процесі підготовки змерзлої сировини до вивантаження виникають міжопераційні простої вагонів, які зумовлені відсутністю методу визначення тривалості розморожування сировини, тупиковим має в своєму розпорядженні ГР і відповідно пов'язаній з цим підвищеною зайнятістю горловини через інтенсифікації маневрової роботи.

В період негативних температур ВС працює у дуже напруженому режимі, що безпосередньо пов'язане з обслуговуванням ГР і їх роботою, тому тривалість підготовки змерзлої сировини до вивантаження зростає практично в 2 - 2,5 раз. Дане положення призводить до істотних додаткових простоїв вагонів зовнішньої мережі, неефективного використання маневрових локомотивів, значної напруженості в роботі ТВК ПП, ускладнення взаємодії з Укрзалізницею і у результаті до великих 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, що значно ускладнюють їх транспортне обслуговування.

1.5. Мета і робоча гіпотеза дослідження

ТВК ПП були запроектовані і побудовані, як правило, в кінці 60-х років. За минулий період відбулося нарощування виробничих потужностей підприємств, змінилися економічні передумови, взаємини з магістральними дорогами, умови перевезень і експлуатації, удосконалювалися технологія і організація переробки вагонопотоків. Проте, технічні засоби ТВК ПП модернізації і розвитку не піддалися. Вузким місцем в роботі комплексу у зимовий період є ГР, пропускна спроможність яких залишилася на рівні 60-х років, в той же час обсяги виробництва металургійних підприємств зросли в середньому на 30 – 40 %.

Головним регламентуючим параметром взаємодії ГР, ВС і КРО є тривалість розморожування сировини. У зв'язку з відсутністю достатньо точної моделі визначення тривалості розморожування, такої взаємодії не досягається. Вказане, у свою чергу призводить до збільшення простою вагонів зовнішньої мережі, тривалості експлуатації локомотивів, підвищеної витрати теплоносія і, як наслідок, до значних виробничих втрат.

Таким чином, в сучасних умовах робота ГР характеризується:

- відсутністю методу визначення тривалості розморожування сировини у вагонах;
- низькою якістю розморожування;
- низьким рівнем організації транспортного обслуговування;
- низькою пропускною спроможністю;
- значною витратою теплоносія.

На підставі вищевикладеного, метою дисертаційної роботи є підвищення ефективності роботи ТВК ПП 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.

У відповідності з розробленою робочою гіпотезою дисертації, підвищення ефективності роботи ТВК ПП 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. В зв'язку з цим необхідно відзначити наступне.

1. Вирішення вказаних питань пов'язане з необхідністю дослідження закономірностей, ідентифікацією показників і параметрів процесу підготовки змерзлої сировини до вивантаження, як основи для вирішення даної проблеми.

Специфічною особливістю процесу підготовки сировини до вивантаження є наявність великої кількості факторів, діючих на сировину, які мають різний характер і змінюються у 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.

Дане становище не дозволило повною мірою розкрити закономірності, а також ідентифікувати показники і параметри процесу підготовки змерзлої сировини у вагонах до вивантаження. Не були встановлені вхідний і вихідний показники процесу. В результаті вказаного, істотних практичних результатів отримано не було.

2. З наявного досвіду досліджень проблеми підготовки масової сировини у вагонах до вивантаження витікає, що отримання ефективних, практичних результатів може бути забезпечене тільки за умови достатньої глибини дослідження процесу, заснованого на великому обсязі фактичних даних, що враховують все різноманіття різнохарактерних факторів. В зв'язку з цим важливим питанням результативності досліджень стає необхідність проведення широкого промислового експерименту. Важливе значення у вирішенні проблеми має встановлення вхідного показника процесу, що дозволяє кількісно оцінити стан змерзлої сировини.

На підставі запропонованого підходу розроблена робоча гіпотеза яка передбачає, що тривалість розморожування масової сировини у вагонах має бути пов'язана із станом змерзлої сировини.

3. Обробка даних, отриманих за результатами попередніх експериментів даного процесу показала, що традиційні методи статистичного аналізу не дають надійних результатів при дослідженні багатовимірного масиву експериментальних даних. У зв'язку з вказаним необхідне дослідження і застосування сучасніших методів глибокого розвідувального аналізу багатofакторних даних і комп'ютерного моделювання, які для даної проблеми раніше не використовувалися.

На підставі вищевикладеного відповідно до робочої гіпотези необхідно:

1. Дослідити і оцінити роботу ТВК ПП у зимовий період.
2. Підготувати і провести широкий промисловий експеримент з урахуванням всього переліку факторів і отримання необхідного масиву даних. Встановити вхідний і вихідний показники процесу. Розробити метод визначення тривалості розморожування змерзлої сировини у вагонах.
3. Вибрати і застосувати сучасний метод глибокого розвідувального аналізу багатofакторних даних і комп'ютерного моделювання для дослідження закономірностей процесу підготовки змерзлої сировини до вивантаження і ідентифікації його показників і параметрів. Розробити модель визначення тривалості розморожування змерзлої сировини у вагонах.
4. Підвищити ефективність роботи ТВК ПП у зимовий період з розробкою моделі визначення витрати теплоносія при використанні тепла акумуляованого сировиною і конструкцією вагону, забезпеченням поточності процесу і удосконаленням методу розрахунку ПС ГР.

В рамках питань, поставлених робочою гіпотезою, проводиться аналіз науково-дослідницьких і теоретичних робіт.

1.6. Аналіз науково-дослідницьких і теоретичних робіт

Проблема боротьби із змерзанням масової сировини, що перевозиться залізничним транспортом, є дуже актуальною і важливою. Тому її рішенням, починаючи з середини п'ятдесятих років минулого сторіччя, активно займалися науково-дослідницькі інститути, проектно-конструкторські організації, а також окремі промислові підприємства. Дане питання досить широко освітлювалося в цей період в науковій, технічній і виробничій літературі. Аналіз цих джерел показує, що способи боротьби із змерзанням в значній мірі визначаються видом сировини і розглядаються по двох основних напрямках: запобігання змерзанням і відновлення сипучості. Запобігання змерзанням включає профілактику різними фізико-хімічними засобами, а відновлення сипучості – механічний, хімічний і тепловий (конвективний і інфрачервоний) способи.

Вибір способу залежить від виду і теплофізичних властивостей сировини, типу рухомого складу, обсягів перевезення, способів збагачення сировини і підготовки його до перевезення, оснащення розвантажувальних фронтів і наявності теплоносіїв в пунктах вивантаження, характеру подальшої переробки сировини.

Достатньо велика кількість публікацій [2, 35, 36, 61, 71, 81] присвячена створенню спеціальних профілактичних речовин проти примерзання. Профілактикою змерзання займалися Б. Г. Альошин, Ю. А. Гурін, В. М. Іванов, Н. В. Ігнатова, М. І. Рудник, Е. І. Козаків, В. Н. Курзенев, М. І. Лепнев, С. Ф. Маталасов, Е. П. Северинова, Л. Л. Хотунцев та інші вчені.

Промислові випробування, в процесі яких була відпрацьована технологія профілактики вугілля і кузовів піввагонів спеціальною речовиною ніогрином, проведені Уфимським нафтовим інститутом і інститутом НПОГР [2, 62, 81]. Випробування показали, що ніогрин, що представляє залишки переробки нафти, ефективний тільки при перевезенні вугілля, оскільки він не впливає на його якість.

Крім того, для запобігання примерзанню були випробувані: новий засіб северин [62, 71], суміш парафіну з гасом КП – 6 [121], малопарафініста нафта і парафіністі вуглеводні [61], гідрофобна крейда [26, 72, 90, 91], хімічні реагенти і речовини (NaCl, CaCl₂, MgCl₂ та ін.) [120], що запобігають змерзанню за рахунок пониження температури замерзання розчинів і поглинання вологи [35, 36].

Вказані речовини, як профілактичні засоби, не показали високої ефективності і тому практичного застосування не отримали. Слід особливо відзначити, що при перевезенні залізовмісної сировини (агломераційної руди, залізородного концентрату та ін.) застосування розглянутих профілактичних речовин взагалі неприпустимо.

Науково-дослідницьким інститутом нерудних будівельних матеріалів (м. Тольятті) і Науково-дослідницьким інститутом з проблем Курської магнітної аномалії ім. Л. Д. Шевякова проведені дослідження з обезводнення вакуумуванням, методам сушки сублімації, проморожуванню сировини [117]. Проморожування ефективно при стійких морозах в пунктах навантаження, вивантаження і по маршруту проходження, тому воно знайшло застосування в основному в районах Уралу і Сибіру [116]. Недоліком цих способів є можливість змерзання при зволоженні зневодненої сировини за рахунок атмосферних опадів. Слід також відзначити, що застосування вищезгаданих способів трудомістке і вимагає значних капіталовкладень.

Для відділення вугілля, що примерзло до внутрішньої поверхні кузова піввагона, робилися спроби застосувати електроімпульсні і електрофізичні індукційні установки [3, 7, 56, 68, 69, 73, 75]. Проте вони не вийшли із стадії експериментальних досліджень і практичного застосування не отримали через неефективність, складність конструкції і значність вартості.

Для запобігання примерзанню і змерзанню сировини в дослідному порядку застосували пошаровий поділ сировини сухим матеріалом. Це дещо полегшило вивантаження, проте не вирішило проблеми. Були випробувані покриття внутрішніх поверхонь вагонів спеціальними гідрофобними (водовідштовхувальними) речовинами: пластмасами, поліетиленом та ін. Це опинилося дуже дорогим і ненадійним способом, тому також не знайшло застосування [148].

Досвід застосування профілактичних засобів показав, що вони можуть бути рекомендовані до впровадження лише в тому випадку, якщо не погіршують якості сировини, що перевозиться, створюють водовідштовхувальну плівку, не вимагають дефіцитних матеріалів і значних витрат засобів, а також не викликають корозії піввагонів і не володіють токсичністю і вогнебезпечністю. У зв'язку з вказаним, запобігання змерзання при перевезенні масових вантажів застосування в практиці не отримало. Слід зазначити, що методи боротьби з запобігання змерзання не ефективні при частковому і повному змерзанні [114, 120, 144, 146, 148, 149].

В зв'язку з цим надалі проблема відновлення сипучості змерзання сировини вирішувалася у напрямі використання механічних способів і теплової дії.

Пневмо - і електровітбійні молотки внаслідок низької продуктивності і великої трудомісткості не отримали широкого застосування [6, 58, 74, 80, 84, 115, 119].

Вібро - і буроурорихлеві установки [22, 57-59, 76, 82-87, 90, 118] в основному призначені для відновлення сипучості обмеженого числа вантажів. Недоліком подібних машин є порівняно швидке зношування розпушуючих робочих органів (фрез), особливо при розпушуванні і вивантаженні вантажів, що характеризується декілька збільшеним ступенем змерзання. Слід зазначити, що застосування механічних способів відновлення сипучості часто призводить до пошкодження вагонів.

Проте практика показала, що механічні способи не можуть використовуватися, як основні способи відновлення сипучості, оскільки вони застосовні тільки для певної

категорії вантажів (кам'яного вугілля, коксової дрібниці, вапняку, гравію, щебеню та ін.) фізико-механічні властивості яких дозволяють його використовувати, а також, коли вантажі, що прибувають, мають слабкий або невеликий ступінь змерзання [6, 72, 74, 80]. Всі вищезгадані способи розпушення непридатні для відновлення сипучості залізовмісної сировини з причини їх неефективності.

Найбільше застосування в практиці, як найбільш ефективний спосіб, отримав тепловий. Він набув широкого поширення при вивантаженні значних обсягів сипких вантажів на металургійних комбінатах [119], припортових станціях [111], ГРЕС [89] і хімічних заводах [36].

Для розморожування енергетичного вугілля використовувалися ГР комбінованого типу [76, 89, 92], в яких розморожування здійснюється випромінюванням і конвекцією. Відомі комбіновані способи відновлення сипучості змерзлих вантажів, що є поєднанням механічного і теплового способів [21, 76, 82, 84, 87, 89]. Також відомі розморожуючі пристрої, в яких у якості генератора тепла застосований реактивний двигун [6, 145, 147, 150, 151]. Проте з причини складності конструкції, дорожнечі і використання тільки для вугілля вони широкого поширення не набули.

Одним із способів відновлення сипучості змерзлого вантажу, у тому числі і металургійної сировини, є розморожування їх інфрачервоними променями [6, 31, 74, 80]. Цей спосіб заснований на нагріві сировини інфрачервоними променями, від тіл, нагрітих до 800 – 900 0С.. Глибина проникнення інфрачервоних променів в залізовмісну сировину складає близько 2 мм, на велику глибину сировина розморожується за рахунок передачі тепла теплопровідністю. У зв'язку з вказаним, розморожування інфрачервоними променями економічно ефективно при товщині змерзлого шару що не перевищує 200 – 250 мм і тривалість розморожування не більше 5 годин [6, 80].

Найбільш широке застосування для розморожування на ТВК ПП, що приймають і переробляють великі обсяги масових насипних вантажів: залізовмісної сировини, кам'яного вугілля, будівельних матеріалів та інші [6, 55, 70, 74, 80, 95, 115, 119] отримали конвективні ГР.

Дослідженням проблем перевезення змерзлої сировини і відновлення її сипучості тепловим (конвективним) способом займалися І. І. Батраков, В. К. Виноградов, Я. М. Куртуков, С. А. Куцел, С. С. Наумов, Ю. А. Носков, Х. Ялох-Кох та ряд інших вчених. Результати їх досліджень висвітлені у великому числі публікацій [21, 22, 6, 72, 92, 113, 152].

Моделі визначення тривалості розморожування, засновані на дії обмеженої кількості факторів, теоретичних дослідженнях і лабораторних експериментах, наведено в роботах М. І. Лепнева, С. Ф. Маталасова, Е. П. Севериної та інших [31, 74, 80]. Слід зазначити, що 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.

На ряді підприємств на основі отриманих експериментальних даних з обмеженим числом факторів (тривалість транспортування маршруту сировини і температурі навколишнього середовища в пункті вивантаження) були розроблені нормативні документи (номограми, графіки, таблиці) за визначенням тривалості розморожування сировини у вагонах для практичного застосування. Проте практика їх застосування показала їх неадекватність фактичним умовам перевезень через наявність ряду факторів, що не враховуються або недостатньо враховуються, мають імовірнісний і непрогнозований характер. В результаті отримати достатньо точну модель визначення основного технологічного показника – тривалості розморожування сировини не вдалося. В той же час через відсутність більш точних моделей визначення тривалості розморожування ряд промислових підприємств продовжує використовувати вказаний метод.

Крім того, є ряд інших публікацій, що стосуються визначення тривалості розморожування масової сировини, які ґрунтуються на складних математичних або теплотехнічних моделях. Проте, експериментальна перевірка показала, що фактична тривалість розморожування сировини збігалася з часом, визначеним по запропонованих моделях не більше, ніж в 30 – 40 % випадків, у зв'язку з чим практичного застосування вони не отримали.

Специфічною особливістю процесу підготовки сировини до вивантаження є наявність великої кількості факторів, діючих на сировину, які мають різний характер і змінюються в широкому діапазоні. Слід зазначити, що достатньо обґрунтованого підходу до визначення факторів, які впливають на процес підготовки змерзлої сировини до вивантаження, а також методу визначення тривалості розморожування з достовірними, практичними

результатами не розроблено. Разом з тим, лише в окремих роботах наголошується необхідність оцінки стану змерзлої сировини з його температури для визначення тривалості розморожування. Проте температуру вантажу не можна вважати за достатньо надійний показник.

Дане положення не дозволило повною мірою розкрити закономірності, а також ідентифікувати параметри процесу підготовки змерзлої сировини до вивантаження. Розглянуті методи практично не використовують такого важливого інструменту як вхідний і вихідний контроль процесу, на якому базується визначення тривалості розморожування сировини у вагонах. В результаті вказаного, істотних практичних результатів отримано не було.

Подолання протиріч між існуючим станом роботи ТВК ПП і необхідним рівнем її вдосконалення потребує у першу чергу розробки точного методу та моделі визначення тривалості розморожування, які дозволять забезпечити ефективну роботу ТВК.

У роботах С. М. Турпака [138, 140, 141], Г. Г. Дмитрієва [54], Ю. Г. Котікова [67], С. Ф. Маталасова [80], А. А. Смахова [126], В. В. Колісника [63] висвітлені питання моделювання процесів розморожування і радіаційного нагріву вантажів, проте в них не ідентифіковані основні технологічні параметри процесу розморожування.

Дослідженню теплоакумуючих властивостей матеріалів присвячено ряд робіт [18, 29, 78] А. Л. Бурки, І. В. Гашенко, Н. Е. Ляшенко, проте питання можливості використання тепла акумульованого сировиною при розморожуванні в них не відображені.

Аналіз робіт показав, що питання можливості скорочення витрати теплоносія на розморожування сировини за рахунок використання тепла акумульованого розігрітими шарами сировини і конструкцією вагону належного освітлення не отримав.

Проблеми підвищення ефективності роботи ТВК ПП, транспортно-логістических и транспортно-складських систем висвітлені в цілому ряду робіт [16, 27, 30, 32-34, 62, 88, 93, 127, 137], проте їх робота в період негативних температур детально не розглядалася.

Методологічний інтерес для дисертації представляють роботи В. Е. Парунакяна, С. М. Турпака, В. О. Бойко, К. І. Сізової, в яких дана оцінка функціонування ТВК ПП і ГС крупних металургійних підприємств і на її основі розроблені методи і моделі підвищення ефективності їх роботи.

Так заслуговують на увагу роботи В. Е. Парунакяна [96, 97, 103-110], в яких розглянуті питання ідентифікації потоків, що формують процес матеріалоруку, моделювання процесу переробки вагонопотоку масової сировини в транспортно-вантажному комплексі аглофабрики і розробки принципів формування логістичної системи виробничо-транспортного комплексу промислового підприємства.

Особливо слід зазначити роботи С. М. Турпака [138-143], в яких знайшли відображення питання імітаційного моделювання роботи металургійного підприємства у зимовий період і оптимізації транспортно-технологічних процесів при змерзанні вантажів.

У роботах В. О. Бойко [8-11] досліджена робота вантажної станції, що обслуговує транспортно-вантажний комплекс металургійного підприємства, проаналізована існуюча конструктивно-компонувальна схема станції і завантаження її основних технічних пристроїв. На основі детальної оцінки роботи вантажної станції розроблені методи розрахунку пропускної спроможності, що враховують динаміку вхідного і вихідного вагонопотоків, методи формування конструктивно-компонувальна схема станції і принципово нова схема вантажної станції. На особливу увагу заслуговує той факт, що отримані результати дослідження пройшли апробацію на діючому підприємстві.

Також інтерес представляють роботи К. І. Сізової [122-125], присвячені питанням імітаційного моделювання і логістичного управління роботою технологічної лінії ТВК.

Питання транспортного обслуговування ТВК ПП у зимовий період і його оптимізації в науково-технічній літературі практично не освітлені. У окремих роботах ці питання зачіпаються в контексті прийому вагонів з сировиною і підготовки їх до вивантаження, так в [80] розглянуті питання вдосконалення перевезення змерзлої сировини, в зв'язку, з чим дані рекомендації зі зниження тривалості переробки вагонопотоку сировини в місцях вивантаження. Проте в цій роботі не знайшли належного віддзеркалення питання оптимізації як загальних, так і приватних задач за технологією і організацією роботи ТВК ПП у зимовий період.

У роботі [111] запропонована схема припортової станції, що приймає і переробляє значні обсяги вугілля з оптимальним розташуванням технічних пристроїв і парків станції. Заслуговує на увагу вантажний комплекс з пристроями для розморожування і вивантаження вугілля, проте в умовах металургійних підприємств таку схему станції застосувати не представляється можливим через низьку переробну спроможність при вивантаженні залізозмісної сировини.

З погляду питань, що розглядаються в нашому дослідженні, певний інтерес представляють також дисертаційні роботи: В. О. Бойко [13], А. Г. Бутріна [17], В. А. Лук'янова [77], Г. В. Маслак [79], Г. І. Нечаєва [94], А. Т. Попова [112], К. І. Сізової [125], С. В. Трофімова [136].

На особливу увагу заслуговує дисертаційна робота І. Ф. Ткаченко [134] в якій великий інтерес представляє застосування методів глибокого розвідувального аналізу даних. На їх основі оптимізована технологія термічного зміцнення прокату і визначений вплив хімічних елементів на властивості міцності сталі.

Таким чином, аналіз науково-дослідницьких і теоретичних робіт показав, що:

- не розкриті закономірності та не ідентифіковані показники процесу підготовки сировини у вагонах до вивантаження, що не дозволяє ефективно вирішити дану проблему;
- промислові експерименти, що враховують особливості процесу підготовки змерзлої сировини до вивантаження, багатомірність статистичного масиву даних і застосування сучасних методів аналізу і комп'ютерних технологій для їх обробки не проводилися;

- не встановлені вхідний і вихідний показники процесу;
- не розроблений метод визначення тривалості розморожування сировини у вагонах;
- не розглянуті питання оцінки витрати теплоносія та можливості використання тепла акумульованого сировиною;
- питання транспортного обслуговування ГР, встановлення конструкційних параметрів гаражів (місткості і кількості секцій) та їх розташування, що є дуже важливими факторами в роботі ТВК ПП практично не розглядалися.

Таким чином, поставлені в робочій гіпотезі питання або практично не розроблені і освітлення в літературі не отримали, або вимагають подальшого розвитку.

1.7. Задачі і методи досліджень

На даному етапі розробка методів і моделей вдосконалення роботи ТВК ПП у зимовий період стає дуже актуальною і важливою науково-технічною задачею, яка визначає ефективність взаємодії виробництва і промислового транспорту.

Проведений аналіз публікацій і досліджень показав, що поставлені в робочій гіпотезі питання не розроблені і вимагають свого вирішення, що також свідчить про актуальність дисертаційної роботи

Поставлену в дисертаційній роботі науково-технічну задачу необхідно вирішувати з урахуванням основних положень напряму, що реалізовується на ТВК ПП, стосовно специфічних умов промислового залізничного транспорту. При цьому, в основу роботи слід прийняти розробку нових методів, моделей і алгоритмів для вирішення комплексу питань з підвищення ефективності роботи ТВК ПП при вивантаженні масової сировини у зимовий період, запропонованих у робочій гіпотезі.

На основі вказаного записана цільова функція дослідження, яка передбачає зниження плати за користування вагонами зовнішньої мережі (Спл), витрат на експлуатацію локомотивів (Сл) і витрат на теплоносії (Ст):

$$Z = f [C_{пл} (t_{пп}; n_{гр}; n_{в}; c_{в}); C_{л} (t_{к.п.}; n_{к.п.}; c_{л}); C_{т} (T_{р}; P; n_{гр}; n_{в}; c_{т})] \rightarrow \min \quad (1.1)$$

де $t_{пп}$ – тривалість циклу підготовки сировини у вагонах до вивантаження,

год.;

$n_{гр}$ – кількість груп вагонів з сировиною, гр.;

$n_{в}$ – кількість вагонів з сировиною в одній групі, ваг.;

$c_{в}$ – нормативний тариф плати за користування вагонами зовнішньої мережі, грн;

$t_{к.п.}$ – тривалість контрольної перевірки стану сировини в процесі розморожування, год.;

$n_{к.п.}$ – кількість контрольних перевірок стану сировини;

$c_{л}$ – вартість однієї локомотиво-години, грн;

$T_{р}$ – тривалість розморожування сировини у вагонах, год;

P – витрата теплоносія на розморожування однієї групи вагонів, м³/год;

$c_{т}$ – вартість 1 м³ теплоносія, грн.

При обмеженні:

де ППР – пропускна спроможність гаражів розморожування, ваг./доб.;

ПТВК – переробна здатність транспортно-вантажного комплексу, ваг/доб.

Таким чином, в основу дисертаційної роботи повинні прийматися основні положення, запропоновані робочою гіпотезою, яка може реалізована.

Поставлена в дисертаційній роботі мета визначила наступні задачі дослідження:

1. Дослідити та оцінити роботу ТВК ПП.

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 ТВК ПП.

Об'єктом дослідження є процес вивантаження масової сировини на транспортно-вантажному комплексі, а предметом дослідження – його закономірності і технологічні параметри.

1.8. Висновки до розділу 1

1. 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.

Для їх прийому і вивантаження до складу транспортно-вантажного комплексу промислового підприємства входять вантажна станція і комплект розвантажувального обладнання.

2. 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 витрат. 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.

3. 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.

За результатами проведеного аналізу встановлено, що проблема підвищення ефективності роботи транспортно-вантажного комплексу з вивантаження масової сировини у зимовий період є дуже актуальною і вимагає свого рішення. На цій основі визначена мета дисертаційної роботи.

4. Робоча гіпотеза дисертаційної роботи передбачає, що підвищення ефективності роботи ТВК може бути досягнуто за умови розробки методу та моделі визначення тривалості розморожування на основі отримання багатовимірного різнохарактерного масиву експериментальних даних, обґрунтування і встановлення вхідного і вихідного показників і моделювання усього процесу.

РОЗДІЛ 2
ДОСЛІДЖЕННЯ І ОЦІНКА РОБОТИ ТРАНСПОРТНО-ВАНТАЖНОГО КОМПЛЕКСУ, РОЗРОБКА МЕТОДУ
ВИЗНАЧЕННЯ ТРИВАЛОСТІ РОЗМОРОЖУВАННЯ СИРОВИНИ У ВАГОНАХ

2.1. Дослідження і оцінка роботи транспортно-вантажного комплексу у зимовий період

Проведений аналіз технології і організації роботи ТВК ПП у зимовий період показав, що робота ГР характеризується двома режимами: перехідним і зимовим.

Перехідний режим роботи ГР характерний для осінньо-весняної пори року і охоплює в основному два місяці – листопад і березень, температура навколишнього середовища в пункті вивантаження при цьому не опускається нижче - 5 0С, а тривалість періоду не перевищує 5 днів.

Зимовий режим охоплює, як правило, три місяці – грудень, січень і лютий, при цьому температура навколишнього середовища коливається в діапазоні 5 – - 30 0С, а тривалість не перевищує 31 день. Слід зазначити, що температура навколишнього середовища в пункті вантаження і по маршруту проходження коливається в ще більшому діапазоні. З приведених даних видно, що ГР працюють у зимовому режимі 90,9 %, а в перехідному 9,1 % календарного часу. Характеристика режимів роботи ГР наведена в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Характеристика режимів роботи ГР

Місяць	Середня кількість днів роботи ГР	Режим роботи ГР	Умови роботи		Співвідношення днів роботи ГР при перехідному і зимовому режимах, %
			Температура довкілля в пункті вивантаження, 0С	Період дії негативної температури, днів	
Грудень	31	Зимовий	від -5 до -30	від 3 до 31	90,9
Січень	31				
Лютий	28				
Березень	5	Перехідний	від 0 до -5	від 1 до 5	9,1
Листопад	4				
Всього:	99				100

Для оцінки режимів роботи ГР проведений аналіз середньорічної кількості груп вагонів, розморожених при перехідному і зимовому режимах роботи ГР, результати якого приведені в таблиці 2.2. Кількість вагонів в групі визначається місткістю секції ГР. При проведенні досліджень на базовому підприємстві, місткість секції ГР приймається 22 вагони. Проведений аналіз показав, що при зимовому режимі розморожено 76 – 78 % груп вагонів з сировиною, а при перехідному 22 – 24 %. Слід зазначити, що основна кількість груп вагонів розморожена при зимовому режимі в діапазоні тривалості від 6 до 10 годин.

Таблиця 2.2 – Кількість груп вагонів, розморожених при перехідному і зимовому режимах роботи гаражів розморожування

Режими роботи гаражів розморожування	Питома вага, %	Кількість груп вагонів, од.	Діапазони тривалості розморожування, год.
Перехідний	22 - 24	280 - 290	1 - 5
		620 - 630	6 - 10

Зимовий	76 - 78	250 - 260	11 - 15
		55 - 65	16 - 21
Всього	100	1222	

При тривалості розморожування 1 – 5 годин і не повному відновленні сипучості, маса залишків сировини у вагоні може зменшуватися за рахунок повторних перекидань і додаткового часу дії вібраторів на кузов вагону. Розморожування в діапазоні 6 – 21 година зумовлене зниженими температурами від -5 до -30 0С, що впливають на масову сировину по маршруту проходження, в пунктах вантаження і вивантаження, а також скупченням і тривалим простоем вагонів із змерзлою сировиною в очікуванні розморожування.

У зв'язку з тим, що на діапазон розморожування 1 – 5 годин припадає всього лише 22 – 24 % випадків, подальші дослідження проводилися при зимовому режимі роботи ГР в діапазоні розморожування 6 – 21 годин.

Підготовка змерзлої сировини до вивантаження, при загальній технологічній послідовності виконання операцій, здійснюється на ТВК ПП по двох технологічних схемах просування вагонів. Технологічна схема № 1 – характеризує процес підготовки сировини до вивантаження при штатній ситуації, а схема № 2 – при неякісно розмороженій сировині, виявленій при контрольній перевірці. Співвідношення використання технологічних схем просування вагонів приведене в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Співвідношення використання технологічних схем підготовки змерзлої сировини до вивантаження

№ з/п	Місяць	Питома вага технологічних схем, %	
		№ 1	№ 2
1.	Грудень	26	74
2.	Січень	30	70
3.	Лютий	31	69
4.	Середнє	29	71

Проведений порівняльний аналіз технологічних схем просування вагонів на ТВК ПП показав, що з причини відсутності методу визначення тривалості розморожування сировини у вагонах основною технологічною схемою є технологічна схема № 2. На дану схему припадає до 71 % випадків.

Для оцінки роботи транспортно-вантажного комплексу у зимовий період був проведений поопераційний аналіз тривалості підготовки змерзлої сировини до вивантаження. Технологічний графік підготовки групи вагонів зі змерзлою сировиною до вивантаження наведений на рисунку 2.1.

№, з/п	Найменування операції	Т, год	Тривалість, год						
			4	8	12	16	20	24	28
1.	Приїом поїзда, комерційний і технічний огляд маршрутів	1,25							
2.	Простий маршрутів з сировиною в ПВП в очікуванні розформування і постановки груп вагонів в гаражі розморожування	8,67							
3.	Організація процесу розморожування	13,88							
4.	Простий групи вагонів в очікуванні вивантаження	0,53							
5.	Подача на вивантаження	0,52							
6.	Загальна тривалість	24,85							

Рисунок 2.1 – Технологічний графік підготовки групи вагонів зі змерзлою сировиною до вивантаження

Проведений аналіз показав, що тривалість підготовки змерзлої сировини до вивантаження складає 24,85 години. Основними причинами значної тривалості переробки маршрутів з сировиною є простий груп вагонів в ПВП в очікуванні постановки в ГР через незадовільну організацію роботи ТВК ПП у зимовий період. Для визначення причин створеного положення проведений поелементний аналіз процесу розморожування сировини у вагонах.

Для спрощення обробки даних і проведення аналізу процесу простоїв в очікуванні постановки групи вагонів зі змерзлою сировиною у секцію гаража, простої в очікуванні проведення контрольної перевірки стану сировини в процесі розморожування і простої в очікуванні прибирання групи вагонів з розмороженою сировиною з секції гаража, об'єднані в один міжопераційний простій груп вагонів з сировиною в очікуванні обміну в секції гаражів.

Проведений аналіз звітних даних показав, що міжопераційний простій груп вагонів з сировиною в очікуванні обміну в секції гаражів коливається в діапазоні від 0 до 4 годин. Для визначення середньої тривалості вказаного простою виконана математична обробка даних і визначені статистичні характеристики. На рис. 2.2 приведена гістограма частотного розподілу міжопераційного простою груп вагонів з сировиною в очікуванні обміну в секції гаражів. Середнє значення простою склало 1,25 години.

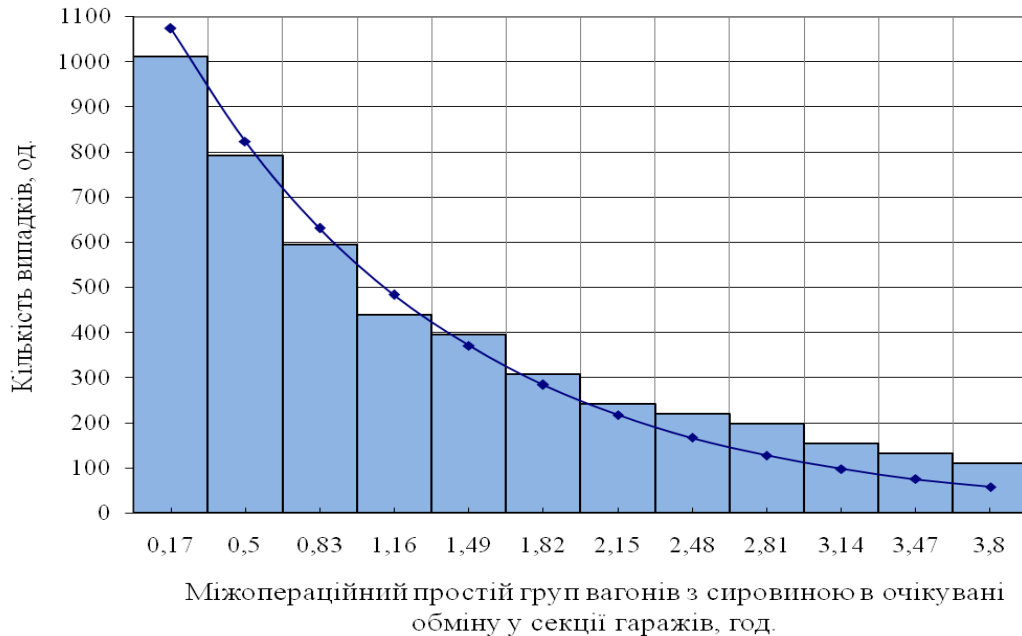


Рисунок 2.2 – Часова характеристика міжопераційного простою груп вагонів з сировиною в очікуванні обміну в секції гаражів, год.

Технологічний графік процесу розморожування групи вагонів представлений на рисунку 2.3.

№, з/п	Найменування операції	Т, год	Тривалість, год						
			2	4	6	8	10	12	14
1.	Міжопераційний простій групи вагонів зі змерзлою сировиною в очікуванні постановки в секцію гаражів	1,25							
2.	Подача групи вагонів зі змерзлою сировиною в секцію гаража	0,77							
3.	Розморожування сировини	6							
4.	Міжопераційний простій групи вагонів з сировиною в очікуванні проведення контрольної перевірки	1,25							
5.	Виведення складу на майданчик, контрольна перевірка стану сировини і подача групи вагонів на додаткове розморожування	0,67							
6.	Додаткове розморожування сировини	2							
7.	Міжопераційний простій групи вагонів з розмороженою сировиною в очікуванні прибирання з секції гаражів	1,25							
8.	Виведення складу на майданчик, контрольна перевірка стану сировини і перестановка групи	0,69							

	вагонів зі змерзлою сировиною в ПВП								
9.	Загальна тривалість	13,88							

Рисунок 2.3 – Технологічний графік процесу розморожування групи вагонів (при тривалості розморожування 8 годин)

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 ГР, контрольна перевірка стану сировини, постановка групи вагонів на додаткове розморожування та ін.) і міжопераційних простоїв становлять 4-5 годин.

Слід зазначити, що більшість ГР були побудовані в 60 – 70 роки при цьому питанням розташування ГР у межах ГС належної уваги не приділялося [87, 90, 91]. Тому на більшості крупних металургійних комбінатів («ММК ім. Ілліча», «Запорозжсталь», «Азовсталь», «Алчевському металургійному комбінаті», "Магнітогорському металургійному комбінаті", "Новоліпецькому металургійному комбінаті") їх розміщення не пов'язане з схемою ВС і КРО, що істотно ускладнює роботу ВС і призводить до значних простоїв. Це особливо позначається при нерівномірності прибуття маршрутів і коливаннях температури навколишнього середовища. ГР на вказаних металургійних комбінатах не мають обмінних колій, які могли б забезпечити своєчасний обмін і відстій груп вагонів.

Слід відзначити, що практично всі ВС мають тупикову схему розташування ГР. Технологія роботи таких станцій припускає попередню переробку маршрутів, що поступають в ПВП, з формуванням груп вагонів для постановки в ГР. Це призводить до збільшення простоїв вагонів на ВС і не забезпечує поточності просування вагонів.

Зазначене знижує ПС ГР і обумовлено також відсутністю методу визначення тривалості розморожування сировини і, як наслідок, неефективною організацією процесу підготовки змерзлої сировини до вивантаження.

2.2. Оцінка існуючої добової пропускнуєї спроможності гаражів розморожування

Початковим положенням для визначення параметрів функціонування ТВК ПП є добова потреба аглофабрики у залізовмісній сировині.

Встановлено, що ПС ТВК визначається її ведучим – вантажним модулем, як детермінованою системою [125]. Відповідно, для забезпечення безперебійної роботи агломераційного виробництва ПС ТВК, має бути не менше добової потреби аглофабрики в залізовмісній сировині. Добова потреба аглофабрики в залізовмісній сировині () приймається відповідно до технологічних нормативів на залізовмісні компоненти шихти для виробництва агломерату і розраховується для річної продуктивності аглофабрики = 12,0 млн. т на рік по формулі:

$$, \text{ ваг.}, \quad (2.1)$$

де - витратний коефіцієнт для залізовмісних компонентів шихти;

- коефіцієнт нерівномірності прибуття сировини;

- вантажопідйомність вагону для перевезення залізовмісної сировини, т

Початкові дані і результати розрахунку добової потреби аглофабрики в залізовмісній сировині виконані за формулою (2.1) і представлені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Розрахунок добової потреби аглофабрики в залізовмісній сировині

Початкові дані	
----------------	--

, млн. т			, т	Розрахункова добова потреба аглофабрики, , ваг.
12,0	0,83	1,1	70	429

ПС ТВК базового ПП складає 430 вагонів на добу. Для вирішення поставленої задачі необхідно синхронізувати роботу ГР і транспортно-вантажного комплексу з пропускної і переробної спроможностям.

У проведених дослідженнях Сізової К. І. [125] встановлено, що для забезпечення безперервної роботи агломераційного виробництва добова ПС ТВК ($P_{ТВК}$) повинна прийматися з умови:

$$P_{ТВК} \geq P_A \quad (2.2)$$

Очевидно, що у зимовий період вона визначається добовою ПС ГР з умови:

$$P_{ГР} \geq P_{ТВК} \quad (2.3)$$

З вищевикладеного виходить:

$$P_{ГР} \geq P_{ТВК} \geq P_A \quad (2.4)$$

Для визначення відповідності ПС ГР і ПС ТВК при різній тривалості розморожування, необхідно оцінити ПС ГР.

Традиційний метод розрахунку добової ПС ГР визначається наступною моделлю:

$$, \text{ ваг.} \quad (2.5)$$

де $N_{секц}$ – кількість секцій ГР, од.;

v - місткість секції ГР, ваг.;

t_m – резерв часу на технічне обслуговування транспортної інфраструктури і ГР, год.;

T_p – тривалість розморожування однієї групи вагонів, год.;

t_n – тривалість постановки групи вагонів в секцію ГР, год.;

t_{np} – тривалість прибирання групи вагонів з секції ГР, год.

Результати проведеного розрахунку по традиційному методу показали, що він фактичною ПС ГР не визначає.

Проведений аналіз процесу розморожування показав, що традиційний метод розрахунку ПС ГР [1] не відповідає сучасним вимогам, оскільки він не враховує точну тривалість розморожування сировини, тривалість виконання ряду додаткових транспортних операцій і міжопераційних простоїв. Відповідно до транспортних і змінених виробничих умов, метод розрахунку ПС ГР повинен додатково враховувати тривалість виведення групи вагонів на контрольну перевірку стану сировини в процесі розморожування, тривалість проведення контрольної перевірки, тривалість постановки на додаткове розморожування, і міжопераційні простої груп вагонів з сировиною в очікуванні обміну в секції

гаражів. Вказане істотно знижує точність традиційного методу розрахунку ПС ГР.

У зв'язку з вищевикладеним, потрібне уточнення методу розрахунку ПС ГР, стосовно існуючих умов, з доповненням математичної моделі зазначеними показниками, при цьому модель розрахунку добової ПС ГР прийме наступний вигляд:

$$, \text{ваг.} \quad (2.6)$$

де t_n – тривалість постановки групи вагонів із змерзлою сировиною в секцію ГР з оцінкою стану змерзлої сировини, год.;

t_{np} – тривалість прибирання групи вагонів з розмороженою сировиною з секції ГР з перевіркою стану сировини, год.;

$t_{оч.н}$ – міжопераційний простій групи вагонів із змерзлою сировиною в очікуванні постановки в секцію гаражів, год.;

$t_{оч.к}$ – міжопераційний простій групи вагонів з сировиною в очікуванні проведення контрольної перевірки, год.;

$t_{в.к}$ – тривалість виведення групи вагонів на контрольну перевірку стану сировини в процесі розморожування, год.;

$t_{к.н}$ – тривалість контрольної перевірки стану сировини, год.;

$t_{н.д}$ – тривалість постановки групи вагонів на додаткове розморожування, год.

$t_{оч.нр}$ – міжопераційний простій групи вагонів з розмороженою сировиною в очікуванні обміну груп вагонів у секції ГР, год.;

Структурна схема методу розрахунку добової ПС ГР наведена на рисунку 2. 4. Такий підхід необхідний для обліку тривалості всіх операцій циклу розморожування і міжопераційних простоїв і, як наслідок, для точного визначення ПС ГР.

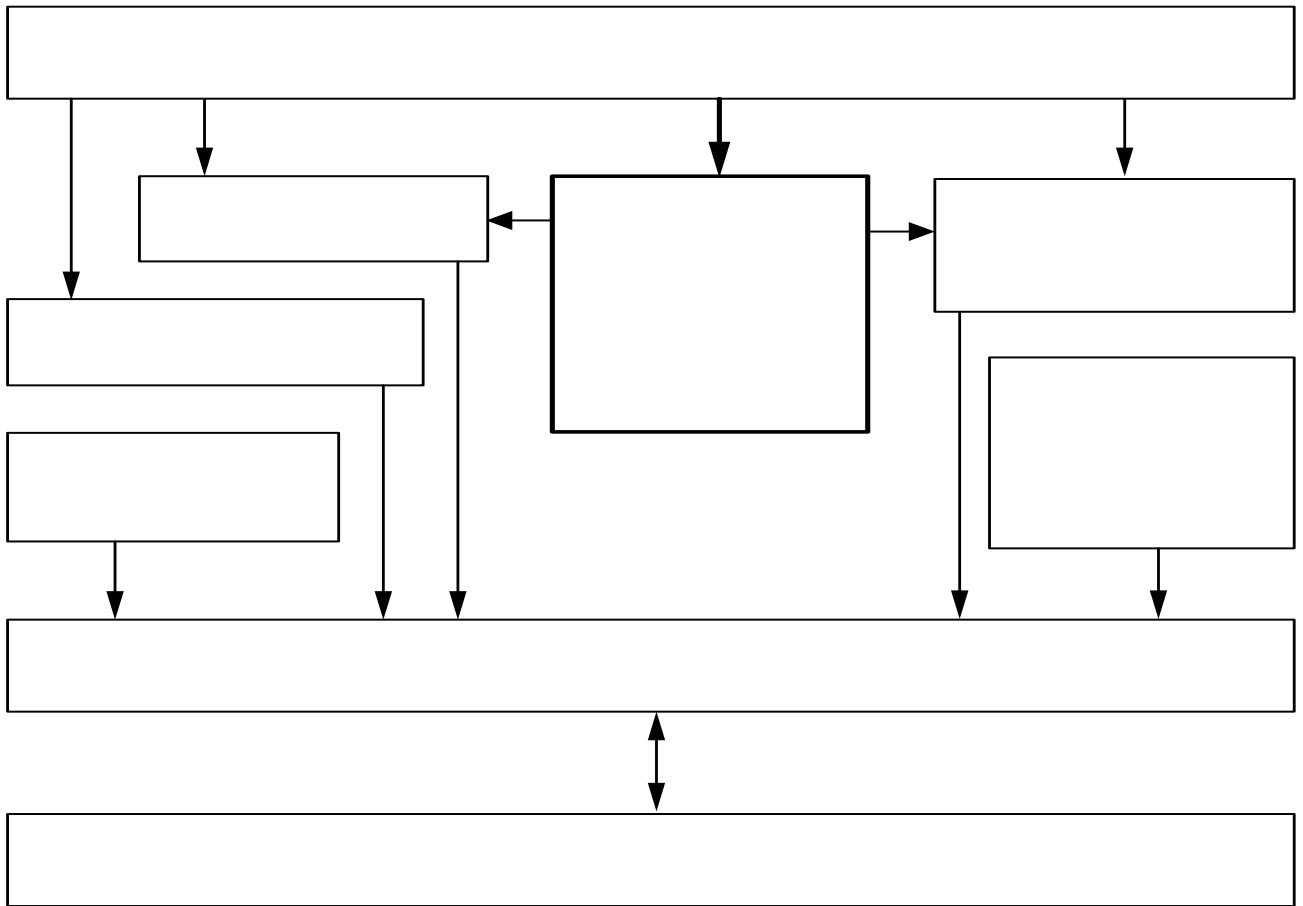


Рисунок 2.4 – Структурна схема методу розрахунку пропускної спроможності гаражів розморожування

Розрахунок ПС ГР проводився за даними базового підприємства для шести секцій ГР місткістю по 22 вагони на основі даних технологічного графіка процесу розморожування групи вагонів (при тривалості розморожування 8 годин). Результати розрахунку ПС ГР наведені у таблиці 2.5.

Проведений розрахунок наявної добової ПС ГР показав, що вона складає 220 вагонів, а добова ПС ТВК базового підприємства - 430 вагонів. Невідповідність ПС ГР і ПС ТВК визначається 210 вагонами. Отже, існуюча система підготовки змерзлої сировини до вивантаження не відповідає загальним технологічним вимогам ТВК і не забезпечує виробничих потреб агрофабрики в сировині. Тому необхідний аналіз основних факторів, визначальних ПС ГР і виявлення тих з них, які дозволять синхронізувати ПС ГР і ПС ТВК.

Таблиця 2.5 – 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 простоя вагонів, годин	3,75
3.	Кількість циклів розморожування однією секцією ГР, циклів/добу	1,7
4.	Пропускна спроможність ГР, вагонів/добу	220

Аналіз факторів, що знижують ПС ГР показав, що основним фактором є відсутність методу визначення тривалості розморожування сировини у вагонах, у зв'язку з чим виконується ряд додаткових транспортних операцій, при цьому виникають міжопераційні простоя груп вагонів.

Даний факт зумовлює необхідність виведення груп вагонів з секції гаражів на контрольні перевірки стану сировини для визначення якості розморожування, що у свою чергу призводить до додаткових витрат локомотивного часу. В результаті тривалість процесу розморожування зростає до 13,88 годин. Вказане зумовлює зниження ПС ГР, збільшення витрати теплоносія і тривалості підготовки змерзлої сировини до вивантаження і, як наслідок, приводить до значних виробничих втрат.

2.3. Встановлення факторів, що впливають на процес підготовки сировини у вагонах до вивантаження

Основоположним завданням підвищення ефективності роботи ТВК ПП у зимовий період є розробка методу визначення тривалості розморожування сировини у вагонах.

Специфічною особливістю процесу підготовки сировини у вагонах до вивантаження є наявність великої кількості факторів, що діють на сировину, мають різний характер і змінюються в широкому діапазоні.

Інтенсивність змерзання масової сировини, яка перевозиться у зимовий період, залежить від великого числа факторів: вологості, рівня негативних температур зовнішнього повітря, фізико-механічних і теплових властивостей сировини, рухомого складу і тривалості його транспортування. Розрізняють наступні види змерзання [21]:

- примерзання до стінок і днища транспортних засобів (товщина змерзлого шару не перевищує 50 мм);
- часткове змерзання (товщина змерзлого шару сировини перевищує 50 мм, але не досягає 1/2 висоти його засипки);
- повне змерзання (товщина змерзлого шару досягає 1/2 висоти засипки сировини).

Для перехідного режиму роботи ГР із знакозмінною температурою характерне примерзання до стінок і днища транспортних засобів, а для зимового режиму із стійкою негативною температурою – часткове і повне змерзання.

Зміна температури сировини при промерзанні спричиняє і зміну їх механічних властивостей. З пониженням температури збільшується опір розчавлюванню, розтягуванню, зрізу і т.д.

За результатами публікацій [74, 80], а також наших досліджень [44-48] встановлено, що на інтенсивність змерзання масової сировини, що прибуває на адресу аглофабрики в період негативних температур, впливають наступні групи факторів:

- фізико-механічні властивості сировини;
- температурні показники операцій транспортної технології;
- часові характеристики операцій транспортної технології.

Вказані фактори мають різний характер і змінюються в широкому діапазоні. Велику відмінність мають кліматичні і експлуатаційні умови в місцях вантаження і вивантаження сировини, а також на шляху проходження маршрутів. Таким чином, питання, пов'язані з розморожуванням змерзлої сировини, вимагають вирішення складної багатофакторної проблеми.

Аналіз результатів визначення тривалості розморожування, за існуючою моделлю, показав його неадекватність реальним експлуатаційним умовам через наявність не врахованих або не достатньо врахованих факторів, що мають імовірнісний і непрогнозований характер [98, 101]. Слід також підкреслити, що традиційні теоретичні підходи, що ґрунтуються на великому числі факторів, достовірних результатів не дають і практичного застосування не отримали [99, 102].

Таким чином, в даний час не існує досить точного методу і моделі визначення тривалості розморожування сировини у вагонах, який враховує основні фактори процесу підготовки сировини до вивантаження.

У зв'язку з вказаним, досить очевидно, що більш переважним є метод встановлення тривалості розморожування на основі обліку обмеженої кількості визначальних факторів.

З метою визначення послідовності проведення подальших досліджень проаналізуємо транспортно-технологічну схему руху масової сировини з пункту навантаження в пункт вивантаження і визначимо фактори, які впливають на процес підготовки змерзлої сировини у вагонах до (табл. 2.6). Діапазони зміни факторів прийняті відповідно до існуючих експлуатаційних умов і визначені на підставі сертифікатів якості, експрес аналізів, відомостей просування маршрутів з моменту постановки порожніх вагонів під навантаження до моменту прибуття на підприємство, даних журналів обліку роботи ГР, діаграм витрати теплоносія і температурним режимам розморожування, добових графіків роботи станції.

Таблиця 2.6 – Фактори, які впливають на процес підготовки змерзлої сировини до вивантаження і орієнтовні діапазони їх зміни

№, з/п	Найменування чинника	Умовні позначення	Орієнтовний діапазон зміни
1.	Вологість сировини, %	В	7 - 15
2.	Гранулометричний склад, мм	Х	0,05 - 0,4
3.	Насипна маса, т/м ³	Vm	2,95 - 3,15
4.	Температура навколишнього середовища в пункті відправлення, 0С	свідпр	0 - -25
5.		ст	0 - -26

	Температура навколишнього середовища при транспортуванні маршруту сировини, 0С		
6.	Температура навколишнього середовища в пункті прибуття, 0С	сприб	0 - - 24
7.	Температура навколишнього середовища при постановці сировини у секцію гаражів, 0С	спост	0 - -23
8.	Тривалість навантаження маршруту сировини, год.	тп	5 - 15
9.	Простий маршруту з сировиною в очікуванні відправлення, год.	Пвідпр	0 - 14
10.	Тривалість транспортування маршруту з сировиною, год.	ттранс	20 - 100
11.	Простий вагонів з сировиною в очікуванні постановки у секцію гаражів, год.	Ппост	0 - 60
12.	Простий груп вагонів з сировиною в очікуванні обміну у секції гаражів, год.	Побм	0 - 5
13.	Тривалість обміну груп вагонів у секції гаражів, год.	тобм	1,3 - 2,1
14.	Тривалість розморожування групи вагонів з сировиною, год.	Тр	1 - 24
15.	Тривалість підйому температури у секції гаражів, год.	tтемп	1,5 - 2,5
16.	Середня температура розморожування сировини, 0С	сс	50 - 120
17.	Середня витрата теплоносія на розморожування однієї групи вагонів з сировиною, м ³ /год.	Р	600 - 1440
18.	Стан замерзлої сировини, який вимірюється глибиною входження стрижня перед розморожуванням, см	hn	1 - 25
19.	Стан замерзлої сировини, який вимірюється глибиною входження стрижня у процесі розморожуванням, см	hk	10 - 70
20.	Маса залишків сировини у вагоні після розморожування та вивантаження, кг	тзал	0 - 500

Для ідентифікації факторів процесу підготовки змерзлої сировини до вивантаження необхідно мати в своєму розпорядженні багатовимірний і різнохарактерний масив експериментальних даних, що забезпечує високу достовірність отриманих результатів. Прийнятий підхід визначає необхідність: проведення промислового експерименту, який враховує фізико-механічні властивості сировини, температурні і часові характеристики операцій транспортного процесу, основні характеристики процесу розморожування, характеристики змерзлої сировини і якості розморожування, багатовимірність статистичного масиву даних, застосування сучасних методів аналізу і комп'ютерних технологій для їх обробки.

В цьому випадку проведення цілеспрямованих експериментальних і статистичних досліджень, а також комп'ютерних експериментів дозволить комплексно, всесторонньо і об'єктивно оцінити фактори, які впливають на тривалість розморожування сировини, встановити закономірності процесу, а потім розробити метод визначення тривалості розморожування.

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.

В даний час на ряді металургійних підприємств застосовується показник стану змерзлої сировини, який визначається орієнтовно глибиною входження металевго стрижня і формує попередню оцінку для визначення тривалості розморожування перед постановкою групи вагонів в ГР. Даний показник недостатньо кількісно оцінений і тому на практиці дає недостатньо точні результати. Проте його доцільно прийняти у якості попереднього вхідного показника. 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.

Багаторічною практикою вивантаження сировини на ТВК ПП, у якості результуючого показника процесу розморожування, приймається величина маси залишків сировини у вагоні після вивантаження на вагоноперекидачі, яка об'єктивно показує коректність і достовірність прийнятого показника. Тому при проведенні подальших досліджень, маса залишків сировини у вагоні після вивантаження прийнята як вихідний показник процесу.

Дослідження закономірностей процесу підготовки змерзлої сировини до вивантаження доцільно провести в рамках промислового експерименту [1]. Для проведення промислового експерименту необхідно розробити програму і метод.

2.4. Програма і метод проведення промислового експерименту

Метою проведення промислового експерименту є отримання багатовимірного різнохарактерного масиву даних процесу з визначенням факторів, що впливають на нього і їх взаємозв'язки, а також встановленням вхідного

і вихідного показників.

Задачами експериментальних досліджень є:

- отримання багатовимірних різнохарактерних масивів даних;
- ідентифікація факторів, що впливають на процес;
- оцінка стану змерзлої сировини перед розморожуванням;
- оцінка стану сировини при проміжному контролі;
- визначення якості розморожування шляхом оцінки маси залишків сировини у вагоні після вивантаження на вагоноперекидачі.

Таким чином, у якості початкових показників для проведення експерименту прийняті: вхідний оцінний показник стану змерзлої сировини і показник якості розморожування сировини при дії всіх основних факторів, що впливають на процес.

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

$$F = \{ h; W; c; t; П; Q; m \} \quad (2.7)$$

де h - стан змерзлої сировини, $h = \{ h_n; h_k \}$;

h_n - глибина входження стрижня перед розморожуванням, см;

h_k - глибина входження стрижня у процесі розморожуванням, см;

W - фізико-механічні властивості сировини, $W = \{ B; X; V_m \}$;

B - вологість сировини, %;

X - гранулометричний склад сировини, мм;

V_m - насипна маса сировини, т/м³;

C – температурні показники операцій транспортного процесу, 0С;

$C = \{ c_{свідпр}; c_{транс}; c_{сприб}; c_{спост} \}$, – температура навколишнього середовища в пункті відправлення, при транспортуванні, в пункті прибуття і при постановці вагонів в ГР відповідно, 0С;

t – часові характеристики операцій транспортного процесу, год.;

$t = \{ t_{п}; t_{транс}; t_{обм} \}$ – тривалість вантаження, транспортування маршруту, обміну подач вагонів в ГР, відповідно, год.;

$П$ – часові характеристики, пов'язані з простоем вагонів, год.;

$П = \{ П_{відпр}; П_{пост}; П_{обм} \}$, – тривалість простою в очікуванні відправлення, постановки і прибирання з ГР відповідно, год.;

Q - основні характеристики процесу розморожування, $Q = \{ T_p; c_s; P; t_{темп} \}$;

T_p - тривалість розморожування змерзлої сировини, год.;

c_s - середня температура розморожування змерзлої сировини, оС;

P - середня витрата теплоносія при розморожуванні групи вагонів, м³/ч;

$t_{темп}$ - тривалість підйому температури в секції, год.;

m - маса залишків сировини у вагоні після вивантаження, кг.

Таким чином, у якості вихідного приймається найбільш об'єктивний і доступний показник якості розморожування – маса залишків сировини у вагоні. Функція мети має вигляд:

$$m_{зал} \rightarrow \min \quad (2.8)$$

Схема ТВК ПП наведена на рисунку 2.5, а технологічна схема проведення промислового експерименту з рішенням поставлених задач на рисунку 2.6.

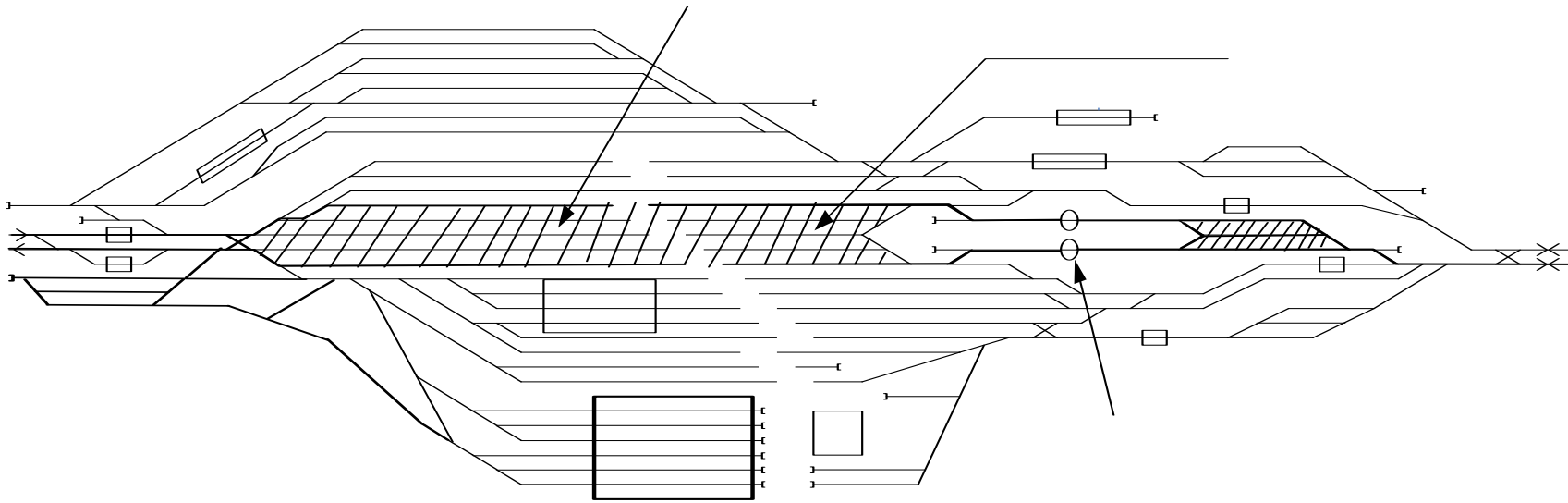


Рисунок 2.5 – Схема транспортно-вантажного комплексу промислового підприємства

Вхідний показник - стан змерзлої сировини, вимірюваний глибиною входження стрижня, см;
вихідний показник - маса залишків сировини у вагоні після вивантаження, критерійне значення від 0 до 500 кг

Рисунок 2.6 – Технологічна схема проведення промислового експерименту

Промисловий експеримент планується провести на ТВК ПП у зимовий період, з урахуванням всіх температурних і часових показників операцій транспортного процесу відповідно до розробленого методу. В процесі промислового експерименту необхідно провести хронометражі всього процесу переробки вагонопотоку зі змерзлою сировиною, включаючи прийом маршрутів та їх розформування, підготовчі операції, обмін груп вагонів в ГР, комплексну оцінку стану змерзлої сировини і якості розморожування.

Для проведення промислового експерименту усі фактори, що впливають на процес, об'єднані в групи за наступними ознаками:

- фізико-механічні властивості сировини;
- температурні показники операцій транспортного процесу (вантаження, транспортування і вивантаження сировини);
- часові показники операцій транспортного процесу;
- основні характеристики процесу розморожування;
- характеристика змерзлої сировини;
- характеристика якості розморожування.

Одним з важливих питань проведення промислового експерименту є забезпечення достовірності результатів. З цією метою визначена мінімальна кількість вагонів з сировиною, на яких проводилися експериментальні дослідження за відомим методом [1, 64, 91].

Відповідно до плану експерименту [23] задана надійність $H = 0,999$ і помилка Δ , узята в долях стандарту

σ . При помилці $\pm 0,05\sigma$ необхідне проведення досліджень на 4338 вагонах. Тому для обліку взаємного впливу великої кількості факторів на процес підготовки змерзлої сировини до вивантаження, а також забезпечення достовірності результатів і обґрунтованості висновків, при проведенні виробничого експерименту, планується обробити і дослідити не менше 4400 вагонів з масовою сировиною, що прибула з різних родовищ, за різних температурних і часових умов транспортної технології.

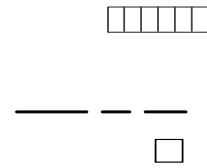
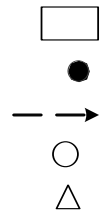
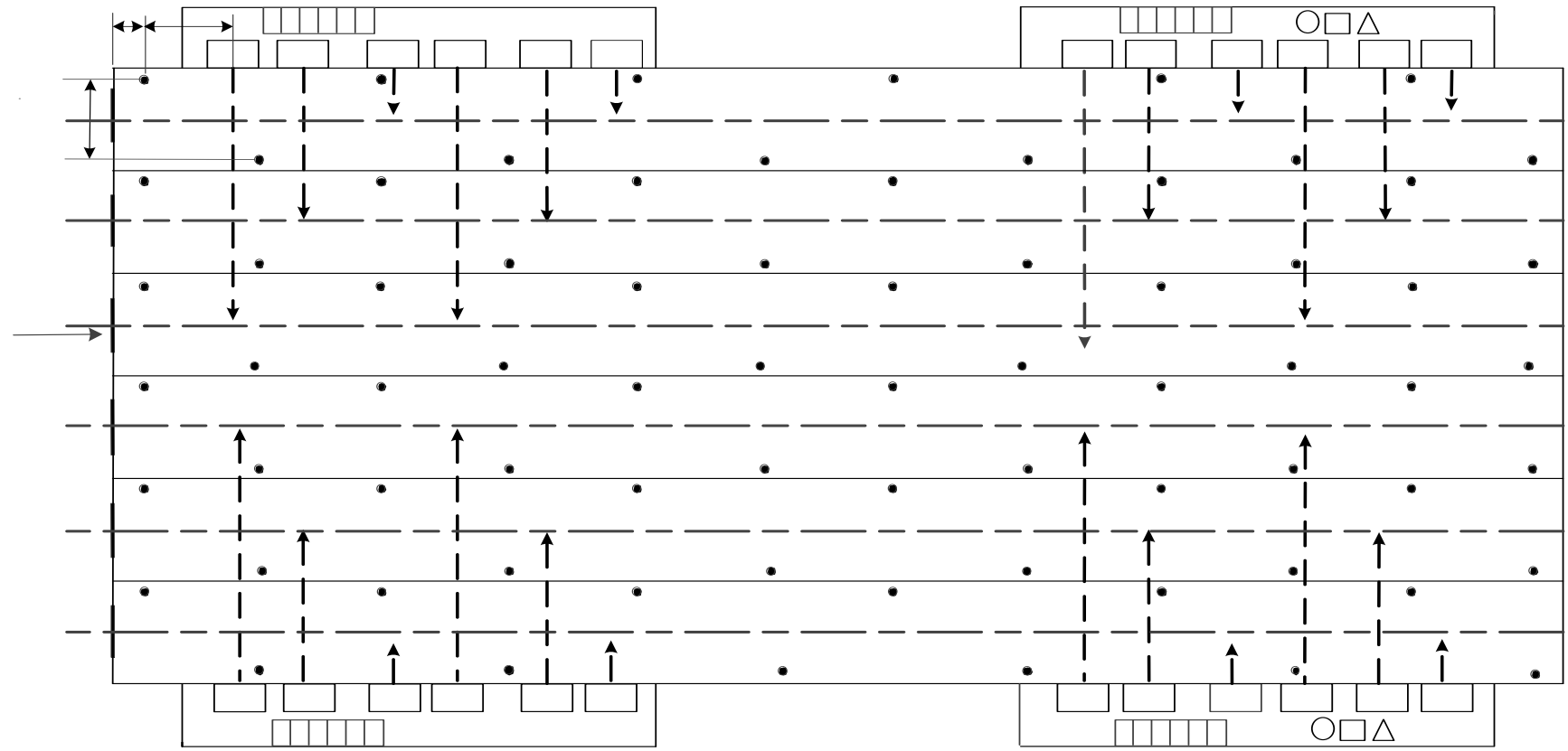
Фізико-механічні властивості сировини, температурні і часові показники транспортного процесу, характеристики процесу розморожування визначаються на основі звітних даних, перевізних документів, сертифікатів і експрес аналізів.

Для визначення стану змерзлої сировини у виробничих умовах пропонується метод, що передбачає застосування спеціального вимірювального стрижня, який вводиться в змерзлу сировину під впливом навантаження перед розморожуванням.

Метод визначення стану змерзлої сировини у вагоні передбачає проведення контрольних вимірів в чотирьох місцях у основи вершин сировини з боку протилежного напрямку руху поїзда. Для забезпечення достовірності результатів по кожному вагону обчислюються середні значення глибини входження вимірювального стрижня [1].

Для визначення точної тривалості розморожування, після закінчення процесу, проводиться проміжна перевірка стану сировини з фіксацією тривалості розморожування і глибини входження стрижня вимірювального пристрою. При цьому операція розморожування продовжується стільки раз, поки вимірювальний стрижень не увійде у сировину на глибину 60 см і більше. Дана величина прийнята на підставі дослідних вимірів, вона характеризує розморожений стан сировини, що забезпечує його якісне вивантаження і відповідає нормативній масі залишків сировини у вагоні.

Метод визначення температури розморожування передбачає застосування термометрів опору, пристрою контролю і реєстрації значень параметрів температури ФШЛ 501-19. Термометри опору встановлюються уздовж секції в дванадцяти крапках з наступним розподілом по висоті: три на рівні головки рейки, три на рівні розвантажувальних кришок люків піввагонів, три на рівні середини кузова піввагона, три на рівні верхньої частини кузова піввагона. Реєстрація здійснюється фіксацією на діаграмній стрічці точки і індексу каналу первинного перетворювача. Пристрій ФШЛ 501-19 комплектується перекладними лінійками, які мають оцифровані відмітки і написи аналогічними шкалами пристрою. Накладаючи на діаграмну стрічку перекладну лінійку і суміщаючи початкові і кінцеві відмітки лінійки і діаграмної стрічки, проводиться відлік зареєстрованих величин. Схема установки датчиків фіксації температури і витрати теплоносія в гаражах розморожування масової сировини наведені на рисунку 2.7.



При проведенні досліджень температура розморожування обмежувалася 120 оС, виходячи з умови забезпечення збереження конструкції і обладнання вагонів. Для забезпечення рівномірності розморожування температура не повинна розрізнятися в окремих точках по довжині і висоті секції більш ніж на 10 – 25 0С, а на рівні головки рейки вона повинна складати на 10 – 20 0С нижче, ніж у верхній точці секції ГР.

Існуючий метод визначення витрати теплоносія встановлює його загальні витрати, що враховує всі тепловтрати, які мають місце при роботі ГР. Розрахунок витрати теплоносія проводиться відповідно до розробленого методу і передбачає визначення фактичної витрати теплоносія з його подальшим коректуванням і урахуванням основних зовнішніх факторів.

Аналітичний вираз для розрахунку фактичної годинної витрати теплоносія секцією ГР (Рф.г.) представлено в наступному вигляді:

$$, \text{ м}^3 , \quad (2.9)$$

де P_z – годинна витрата теплоносія, м^3 ;

k_1 – поправочний коефіцієнт на показники дифманометра;

k_2 – поправочний коефіцієнт на питому вагу теплоносія.

Показник годинної витрати теплоносія визначається за діаграмою з використанням спеціального шаблону.

Як результуючий показник прийнята маса залишків вантажу у вагоні. Після вивантаження на вагоноперекидачі залишки сировини в піввагонах розташовуються на дні кузова уздовж одного з бортів у вигляді прямої трикутної призми.

Після вивантаження групи вагонів подаються на тензометричні залізничні ваги для визначення маси залишків сировини у вагоні. Для спрощення обробки даних фіксується середня маса залишків сировини у вагоні по всій групі.

2.5. Оцінка результатів промислового експерименту

Промисловий експеримент проводився в період листопад – березень відповідно до розробленої програми і методу.

Експеримент був проведений в умовах транспортно-вантажного комплексу базового підприємства (ПРАТ «Маріупольський металургійний комбінат ім. Ілліча»), що приймає і переробляє масову сировину.

Масив даних для подальших досліджень отриманий за результатами підготовки і вивантажень 4700 вагонів з масовою сировиною, що прибув з різних родовищ, за різних температурних і часових умов на шляху прямування, з різними фізико-механічними властивостями і вологістю. При цьому враховувався весь діапазон коливань вказаних факторів.

Статистичні характеристики транспортного процесу (навантаження, транспортування і підготовка змерзлої сировини до вивантаження) наведені в додатку А (табл. А.1), а статистичні характеристики стану змерзлої сировини, процесу розморожування сировини і її фізико-механічних властивостей (середні значення) приведені в додатку А (табл. А.2).

Для загальної оцінки процесу підготовки змерзлої сировини у вагонах до вивантаження дані були систематизовані за показниками наступних груп факторів: фізико-механічними властивостям сировини, температурним і часовим характеристикам транспортного процесу, основним характеристикам процесу розморожування, характеристикам змерзлої сировини і якості розморожування.

На основі даних промислового експерименту для подальших досліджень в якості початкових були визначені фактори і встановлені області, в яких їх оптимізація найбільш доцільна [1]. Інакше кажучи, встановлена область інтересів, в якій вони мають бути досліджені. Характеристика області визначення факторів процесу за результатами промислового експерименту наведена у таблиці 2.7.

Для подальших досліджень даних промислового експерименту необхідно обробити їх з урахуванням точності фіксації їх значень, інформації про кривизну поверхні відгуку і діапазону зміни параметра оптимізації [23, 64]. На основі методу планування експерименту було підтверджено, що погрішності у фіксації факторів не перевищують 3 % і відповідають середній точності. Рівні та інтервали варіювання факторів процесу підготовки змерзлої сировини до вивантаження наведені у таблиці 2.8.

Таблиця 2.7 - Характеристика області визначення факторів процесу

Найменування групи факторів	№, п/п	Найменування фактора	Область визначення
Фізико-механічні властивості сировини	1.	Вологість сировини, %	8 - 14
	2.	Гранулометричний склад, мм	0,07 - 0,3
	3.	Насипна маса, т/м ³	3 - 3,1
Температурні показники транспортного процесу	4.	Температура навколишнього середовища в пункті відправлення, °С	0 - -30
	5.	Температура навколишнього середовища при транспортуванні маршруту сировини, °С	0 - -24
	6.	Температура навколишнього середовища в пункті прибуття, °С	0 - - 20
	7.	Температура навколишнього середовища при постановці вагонів з сировиною у секцію гаражів, °С	0 - -22
Часові показники транспортного процесу	8.	Тривалість навантаження маршруту сировини, год.	4 - 12
	9.	Простій маршруту з сировиною в очікуванні відправлення, год.	0,5 - 11,5
	10.	Тривалість транспортування маршруту з сировиною, год.	21 - 89
	11.	Простій вагонів з сировиною в очікуванні постановки у секцію гаражів, год.	0 - 50
	12.	Простій груп вагонів з сировиною в очікуванні обміну у секції гаражів, год.	0 - 4
	13.	Тривалість обміну груп вагонів у секції гаражів, год.	1,3 - 1,7
Основні характеристики процесу розморожування	14.	Тривалість розморожування групи вагонів з сировиною, год.	1 - 21
	15.	Тривалість підйому температури у секції гаражів, год.	1,7 - 2,3
	16.	Середня температура розморожування сировини, °С	68 - 110
	17.	Середня витрата теплоносія на розморожування однієї групи вагонів з сировиною, м ³ /год.	620 - 1440
Характеристика змерзлої сировини	18.	Стан змерзлої сировини, який вимірюється глибиною входження стрижня перед розморожуванням, см	1 - 20
	19.	Стан змерзлої сировини, який вимірюється глибиною входження стрижня у процесі розморожуванням, см	8 - 60
Характеристика якості розморожування	20.	Маса залишків сировини у вагоні після розморожування та вивантаження, кг	10 - 450

Таблиця 2.8 – Рівні та інтервали варіювання факторів процесу підготовки змерзлої сировини до вивантаження

Найменування групи факторів	Найменування фактора	Основний рівень	Нижній рівень	Верхній рівень	Інтервал варіювання
Фізико-механічні властивості сировини	Вологість сировини, %	11	8	14	3
	Гранулометричний склад, мм	0,185	0,07	0,3	0,115
	Насипна маса, т/м ³	3,05	3,01	3,09	0,04
Температурні показники транспортного процесу	Температура навколишнього середовища в пункті відправлення, °С	-15	0	-30	15
	Температура навколишнього середовища при транспортуванні маршруту сировини, °С	-12	0	-24	12
	Температура навколишнього середовища в пункті прибуття, °С	-10	0	-20	10
	Температура навколишнього середовища при постановці сировини у секцію гаражів, °С	-11	0	-22	-11
Часові показники транспортного процесу	Тривалість навантаження маршруту сировини, год.	8	4	12	4
	Простій маршруту з сировиною в очікуванні відправлення, год.	6	0,5	11,5	5,5
	Тривалість транспортування маршруту з сировиною, год.	55	21	89	34
	Простій вагонів з сировиною в очікуванні постановки у секцію гаражів, год.	25	0	50	25
	Простій груп вагонів з сировиною в очікуванні обміну у секції гаражів, год.	2	0	4	2
	Тривалість обміну груп вагонів у секції гаражів, год.	1,5	1,3	1,7	0,2
Основні характеристики процесу розморожування	Тривалість розморожування групи вагонів з сировиною, год.	11	1	21	10
	Тривалість підйому температури у секції гаражів, год.	2	1,7	2,3	0,3
	Середня температура розморожування сировини, °С	89	68	110	21
	Середня витрата теплоносія на розморожування однієї групи вагонів з сировиною, м ³ /год.	1030	620	1440	410
Характеристика змерзлої сировини	Стан змерзлої сировини, який оцінюється глибиною входження вимірювального стрижня перед розморожуванням, см	10,5	1	20	9,5
	Стан сировини, який оцінюється глибиною входження вимірювального стрижня у процесі розморожуванням, см	34	8	60	26
Характеристика якості розморожування	Маса залишків сировини у вагоні після розморожування та вивантаження, кг	230	10	450	220

2.6. Розробка методу визначення тривалості розморожування сировини у вагонах

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. Парні статистичні залежності вихідного показника (маси залишків сировини у вагоні після вивантаження) від факторів наведені у додатку А (табл. А.3), а результуючі парні статистичні залежності вихідного показника від основних факторів – у таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – 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 $y = a + b \cdot x$	
				a	b
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, перед розморожуванням, см	12,37	-0,364	191,217	-1,628

Проведений аналіз статистичних залежностей показав, що найбільш високі коефіцієнти кореляції зв'язують масу залишків сировини у вагоні з тривалістю розморожування (0,382), станом змерзлої сировини (-0,364), температурою розморожування (0,279) і вологістю сировини (0,272), а решта факторів характеризується ще нижчими коефіцієнтами кореляції.

Тривалість розморожування є технологічним показником, а температура навколишнього середовища в пункті відправлення – змінною величиною, яка може змінюватися в широкому діапазоні від "плюсових" до "мінусових" значень, причому вона характеризується низьким коефіцієнтом кореляції 0,171.

Вологість і тривалість навантаження маршруту сировини хоча і характеризуються відносно високими коефіцієнтами кореляції, проте кожен з них не можна використовувати як критерій ефективності, оскільки вони можуть діяти тільки спільно з температурою навколишнього середовища.

Температура розморожування сировини є параметром, який обмежується умовою забезпечення збереження конструкції і обладнання вагонів, тому цей фактор є нормативним.

Таким чином, управління перерахованими факторами не забезпечує отримання надійних результатів, а отже не представляється можливим приймати їх у якості вхідного показника.

Разом з цим є всі підстави вважати, що серед вказаних показників стан змерзлої сировини є найбільш об'єктивним показником. Тому для отримання достовірних результатів у якості інтегрального вхідного показника, що комплексно відображає і враховує дію всіх факторів, прийнятий стан змерзлої сировини, після удосконалення методу з його кількісною оцінкою, який пройшов дослідну перевірку.

На основі проведених досліджень отримано багатовимірний масив експериментальних даних, визначений вихідний показник – маса залишків сировини у вагоні, вибраний і обґрунтований вхідний показник – стан змерзлої сировини (рис. 2.8).

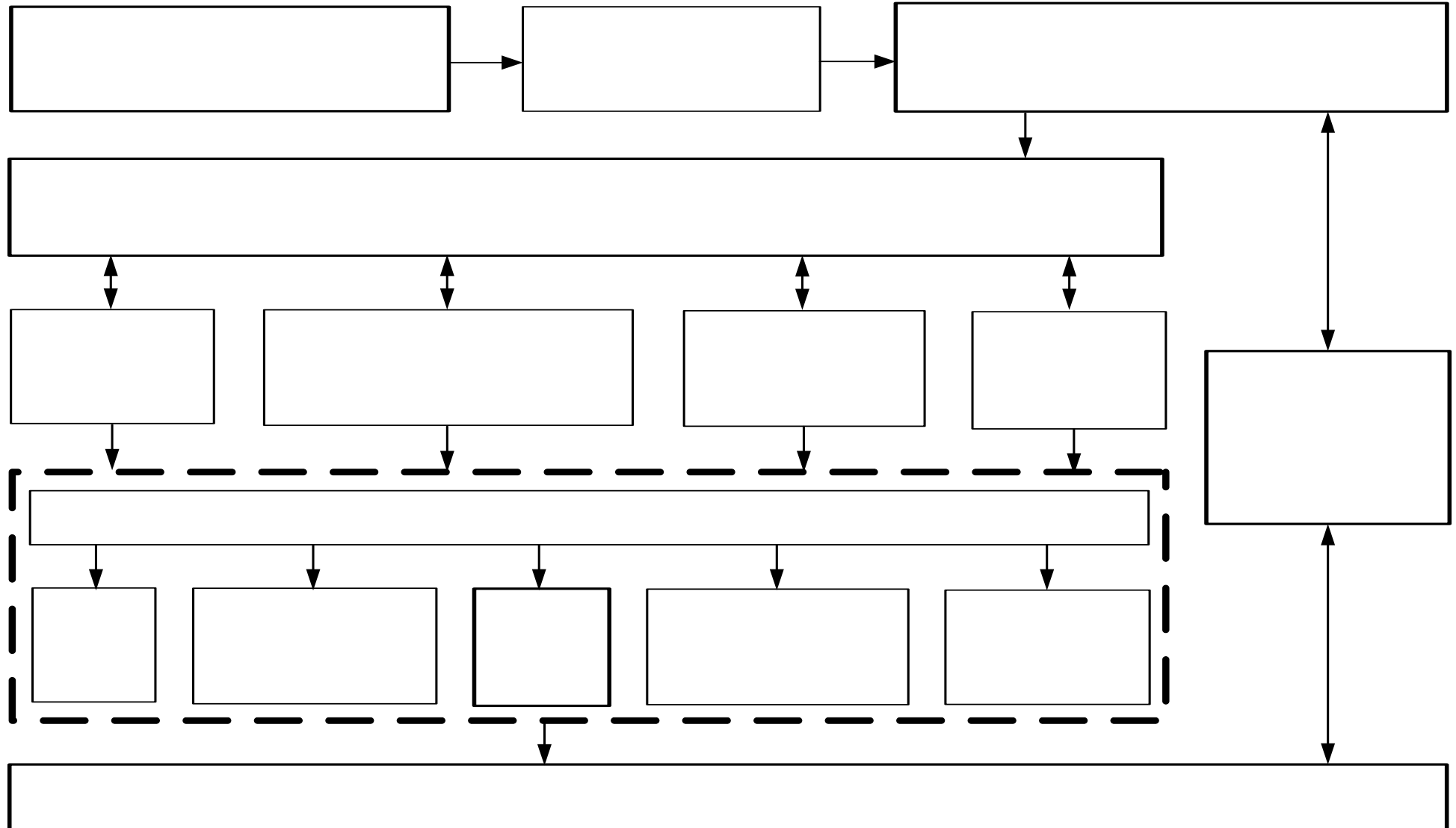


Рисунок 2.8 – Структурна схема методу визначення тривалості розморожування сировини у вагонах

Для формування методу визначення тривалості розморожування сировини на наступному етапі досліджень за вхідним і вихідним показниками необхідно провести моделювання процесу. За результатами математичного моделювання спочатку мають бути встановлені кількісні залежності факторів процесу при основних значеннях стану змерзлої сировини, а потім безпосередня залежність між вхідним показником – станом змерзлої сировини і технологічним параметром – тривалістю його розморожування.

Таким чином, розроблені принципові основи для формування методу визначення тривалості розморожування сировини, на базі яких здійснюється математичне моделювання процесу. З цією метою на наступному етапі проводиться вибір методу математичного моделювання і моделювання процесу в цілому, за результатами якого розробляється модель визначення тривалості розморожування сировини.

2.7. Висновки до розділу 2

1. При дослідженні процесу підготовки сировини до вивантаження ідентифіковано два режими роботи гаражів: перехідний і зимовий. Дослідження процесу проводилися при зимовому режимі в діапазоні розморожування 6 - 21 година, що охоплює 75 - 77 % випадків.

2. При оцінці пропускної спроможності гаражів розморожування встановлено, що традиційний метод розрахунку не визначає фактичної пропускної спроможності. У зв'язку з тим, що існуючий метод розрахунку пропускної спроможності гаражів не враховує контрольні перевірки стану сировини і міжопераційні простой вагонів, він був доповнений зазначеними показниками.

3. Проведений розрахунок показав, що при добовій пропускній спроможності гаражів 220 вагонів переробна спроможність транспортно-вантажного комплексу забезпечується на 50 %.

Аналіз факторів, що знижують пропускну спроможність гаражів показав, що основним фактором є відсутність методу визначення тривалості розморожування, в зв'язку з чим потрібне виконання ряду додаткових транспортних операцій (виведення групи вагонів з гаражів для контрольної перевірки стану сировини в процесі розморожування, контрольна перевірка, постановка групи вагонів на додаткове розморожування) при цьому виникають міжопераційні простой вагонів.

4. 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.

5. На основі проведеного промислового експерименту в умовах транспортно-вантажного комплексу крупного металургійного комбінату, за результатами підготовки і вивантаження 4700 вагонів з масовою сировиною, отримано багатовимірний різнохарактерний масив даних для подальших досліджень.

6. 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.

Отримані у другому розділі результати оцінки роботи транспортно-вантажного комплексу і розробки методу визначення тривалості розморожування сировини у вагонах опубліковано у роботах [37, 38, 44, 98-101].

РОЗДІЛ 3
РОЗВИТОК МЕТОДУ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ, МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ І РОЗРОБКА
МОДЕЛІ ВИЗНАЧЕННЯ ТРИВАЛОСТІ РОЗМОРОЖУВАННЯ СИРОВИНИ У ВАГОНАХ

3.1. Постановка задачі

Визначення закономірностей процесу підготовки змерзлої сировини до вивантаження на основі отриманого багатовимірного, різнохарактерного масиву експериментальних даних вимагає застосування спеціального методу і математичного апарату, які забезпечать:

- дослідження закономірностей процесу на основі математичного моделювання і встановленні кількісних залежностей факторів процесу при основних значеннях стану змерзлої сировини;
- розробку моделі головного технологічного показника – тривалості розморожування сировини у вагонах зі встановленням її залежності від найбільш впливових факторів.

Структурна схема моделювання процесу підготовки змерзлої сировини до вивантаження наведена на рисунку 3.1.

Проведений комплексний кореляційний аналіз за результатами експерименту, а також оцінка ряду спеціальних робіт [4, 24-28, 65, 66, 129] показали що, вживані методи статистичного аналізу: дисперсійний, регресійний, кореляційний та ін., володіють надто низькою ефективністю при безпосередньому використанні для досліджень багатовимірного різнохарактерного масиву експериментальних даних, отриманого при проведенні досліджень процесу. Однією з основних причин вказаного є одночасна випадкова зміна великого числа незалежних змінних в процесі формування масиву. До теперішнього часу ця проблема вирішувалася, головним чином, шляхом виймання з початкового масиву окремих вибірок, виходячи з різних апріорних міркувань: із заданими інтервалами зміни досліджуваної змінної та ін.

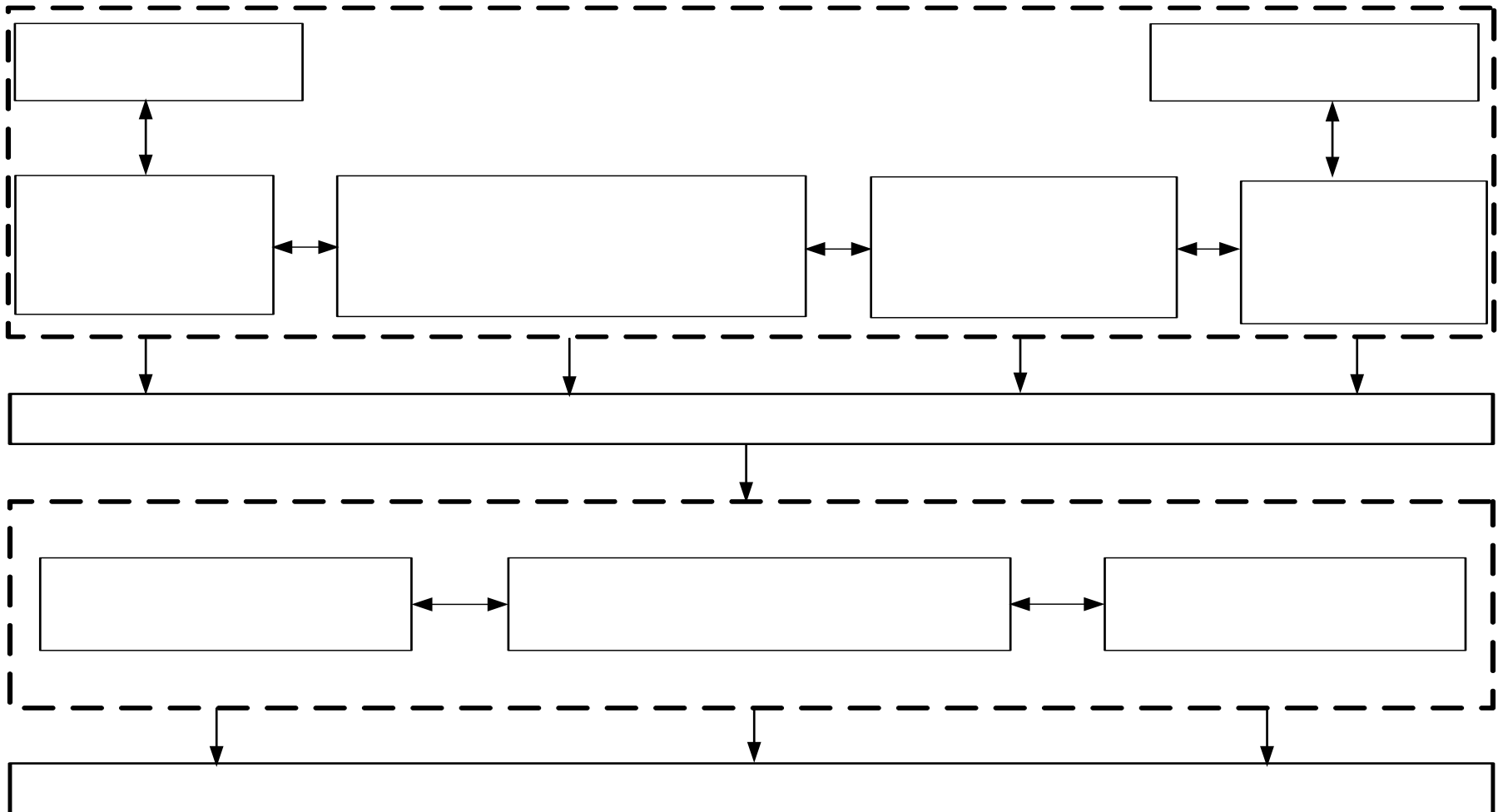


Рисунок 3.1 – Структурна схема моделювання процесу підготовки змерзлої сировини до вивантаження

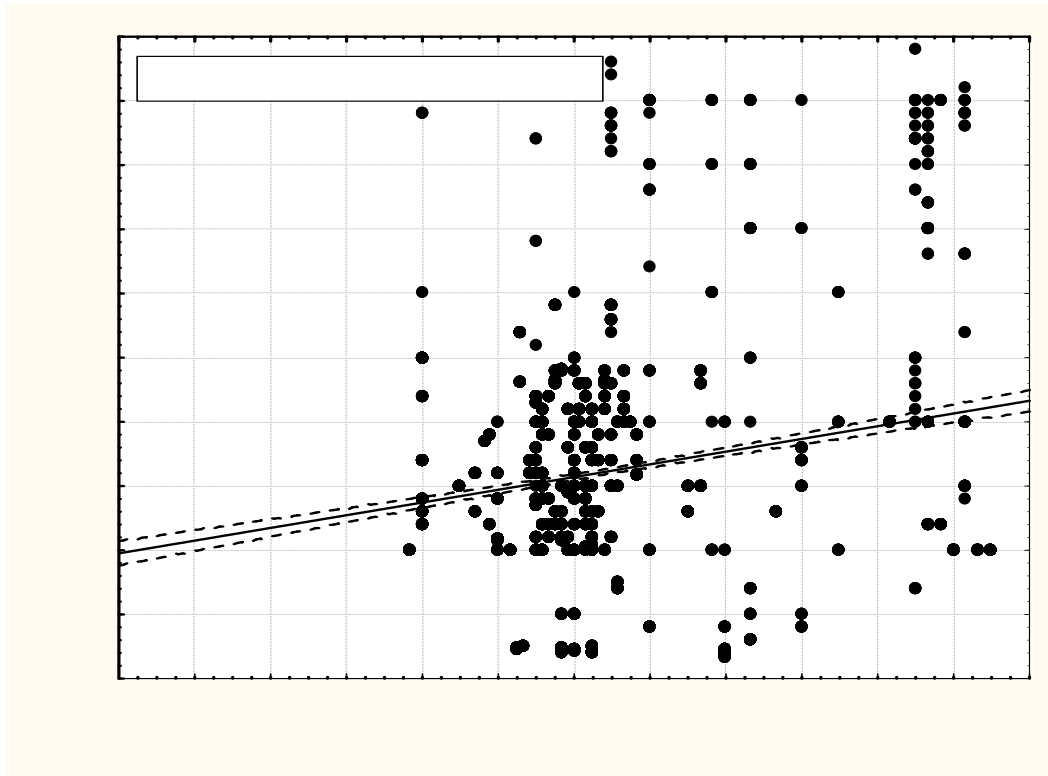
Такий підхід призводить до ряду негативних наслідків. Перш за все, практично неможливим стає виявлення об'єктивно існуючих залежностей між всіма змінними багатовимірною масиву. Крім того, розбиття початкового масиву вказаним способом здійснюється на основі не завжди надійної і об'єктивної попередньої інформації, що призводить до, часто спостережуваною на практиці, залежності результатів статистичного аналізу від методу угруповання початкових даних та інших суб'єктивних факторів. Іншим наслідком їх використання є необхідність розробки математично складних, повністю формальних регресійних моделей для досягнення необхідного ступеня адекватності статистичного опису. Істотним недоліком даних моделей, в світлі сучасних вимог до багаторівневого моделювання, є також складність інтерпретації параметрів вказаних моделей та їх конкретних результатів, на базі відомих фізичних механізмів досліджуваних явищ і процесів.

Дане положення свідчить про те, що глибина аналізу, що досягається при існуючих методах обробки даних, виявляється недостатньою.

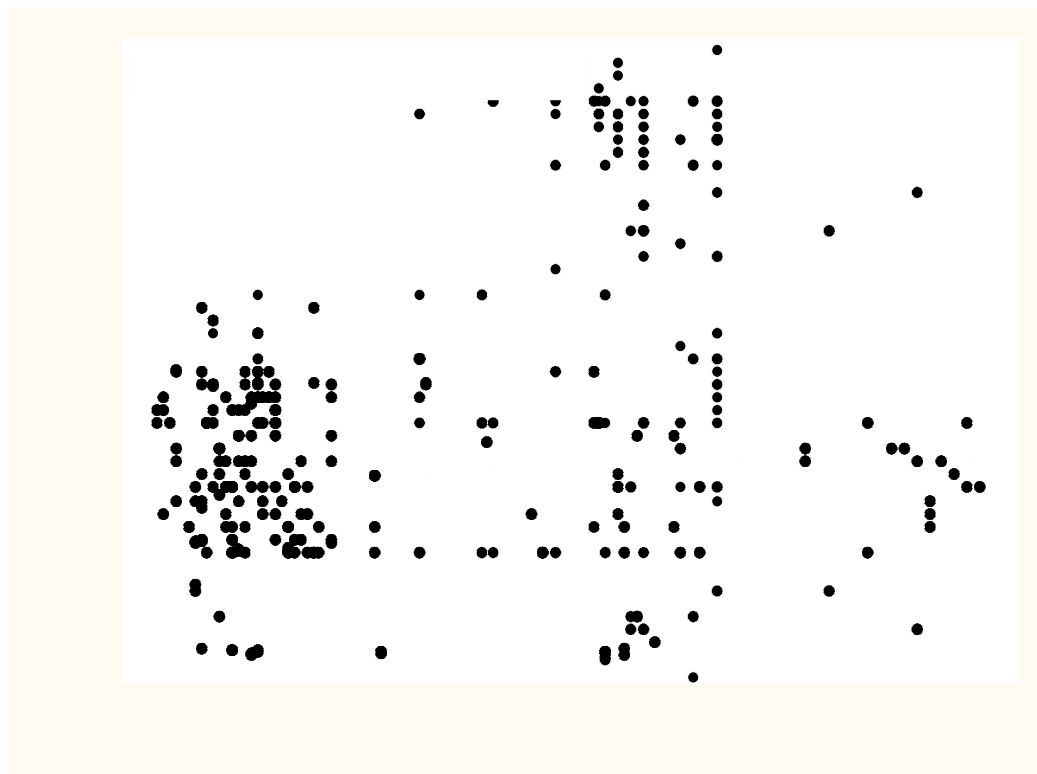
Як ілюстрація на рисунку 3.2 показані діаграми розсіяння і результати регресійного аналізу, що характеризують вплив ряду факторів на масу залишків вантажу у вагоні після вивантаження.

Як видно, навіть в тих випадках, коли коефіцієнти кореляції є статистично значущими, вони мають низькі значення, а основна маса експериментальних точок знаходиться за межами 95 % довірчих інтервалів, що свідчить про не випадковий характер спостережуваного розкиду і пов'язане з неврахованим впливом додаткових факторів.

Таким чином, широко використовуваний в даний час, традиційний методологічний підхід до проведення статистичних досліджень в області процесу підготовки сировини до вивантаження не можна визнати в нашому випадку досить результативним, оскільки він не дозволяє розширювати і поглиблювати досягнуте розуміння закономірностей впливу фізико-механічних властивостей сировини, часових і температурних параметрів транспортного процесу на тривалість розморожування. В результаті, не забезпечується подальше дослідження процесу підготовки сировини до вивантаження і вирішення вказаної проблеми.



a)



б)

Рисунок 3.2 – 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

Виходячи з цілого ряду літературних джерел [60, 130-135, 153] для обробки багатовимірного, різнохарактерного масиву даних доцільно застосувати сучасні методи поглибленого аналізу статистичних даних. Тому наступним етапом роботи є вибір цього методу.

3.2. Вибір і розвиток методу математичного моделювання

Для виявлення всіх внутрішніх зв'язків і отримання достовірних і надійних показників, тривалості розморожування, як технологічного параметра, в дисертаційній роботі доцільно використовувати нові методи ГРАД, що одержують застосування.

В даний час розроблені і почали широко використовуватися два основні методи ГРАД: метод нейронних мереж і група методів Data mining [60]. ГРАД дозволяє виявити стійкі приховані закономірні зв'язки між досліджуваними змінними і подолати вказані недоліки традиційних методів статистичних досліджень.

Метод нейронних мереж заснований на відомому кібернетичному принципі «чорного ящика». Для його реалізації в досліджуваному масиві виділяють «повчальну» вибірку, яка використовується для «тренування» відповідної комп'ютерної програми, з метою визначення коефіцієнтів рівнянь регресії. Отримані рівняння використовуються надалі для досліджень частини початкового масиву, що залишилася. Основним недоліком методу нейронних мереж є складна неявна форма рівнянь регресії, як правило, що не має якого-небудь реального фізичного сенсу і прихована в надрах комп'ютерної програми.

Група методів Data mining включає ряд комп'ютерних технологій: аналіз вигляду і оцінку параметрів імовірнісних розподілів досліджуваних змінних, метод головних компонентів [134]; побудову «дерев класифікації і регресії» з перехресною перевіркою отриманих результатів в межах різних частин початкового масиву, що забезпечує найбільш повну і точну класифікацію.

Дані методи почали широко застосовуватися останніми роками в експериментальних дослідженнях з метало - і матеріалознавства [131, 132], а також для аналізу фінансової і бізнес – інформації, де продемонстрували свою високу ефективність. Відповідні комп'ютерні технології включені до складу багатьох сучасних обчислювальних систем: Statistica, SPSS, NAG та ін.

На їх основі оптимізована технологія термічного зміцнення прокату [131], визначений вплив хімічних елементів на властивості міцності сталі [133] та ін. У роботах [130, 134] запропонована технологія аналізу експериментальних даних, і показана перспективність її використання при аналізі експериментальних даних [132, 135].

Разом з тим, для досліджень багатовимірних, різнохарактерних масивів експериментальних даних, що відносяться до процесу підготовки змерзлої сировини у вагонах до вивантаження сировини, такий підхід до останнього часу не застосовувався.

У зв'язку з вказаним, для проведення досліджень в дисертаційній роботі використовується, що відповідає поставленим вимогам, технологія ГРАД «Data mining» [60, 130-135].

3.3. Сутність комп'ютерної технології «Data Mining» і методу комп'ютерного моделювання реальних явищ і процесів (computer simulations).

Комп'ютерна технологія ГРАД «Data mining» включає комплекс комп'ютерних програм і макросів, реалізованих в рамках обчислювальних систем See-5-demo, WizWhy-3.01-demo, SciLab 4.1, MuPad для виконання наступних операцій:

- побудови «дерев класифікації і регресії» (дендрограм);
- розрахунку параметрів математичних моделей методами покрової висхідної або низхідної множинної регресії, в рамках системи загальних регресійних моделей, що дозволяють відображати роздільний і спільний вплив, як кількісних, так і якісних змінних;
- побудови кривих частотних розподілів залежних змінних на основі заданих законів розподілів керуючих параметрів, з використанням розроблених регресійних моделей, методами комп'ютерних експериментів;
- побудови комп'ютерних діаграм розсіяння і їх регресійний аналіз в умовах роздільної і спільної зміни технологічних параметрів.

Сутність методу комп'ютерної технології «Data Mining» в дослідженні процесу підготовки змерзлої сировини до вивантаження полягає в тому, що за наявності багатовимірного масиву експериментальних даних він забезпечує:

- виявлення об'єктивних закономірностей впливу факторів (фізико - механічних властивостей сировини, температурних і тимчасових показників транспортного процесу, характеристик процесу розморожування і змерзлої сировини) на масу залишків сировини у вагоні та залежності технологічного параметра – тривалості розморожування від найбільш впливових факторів процесу;
- розробку фізично обґрунтованих регресійних моделей, що відображають дію усіх статистично значимо впливових незалежних змінних на масу залишків сировини у вагоні і тривалість розморожування;
- аналітичне і статистичне моделювання дії кожною незалежною змінною в умовах, як постійних, так і змінних значень решти управляючих параметрів;
- максимальну повну перевірку адекватності розроблених математичних моделей за рахунок побудови, як кривих частотних розподілів, так і комп'ютерних парних кореляційних залежностей.

Суть методу комп'ютерного моделювання в дослідженні процесу підготовки сировини до вивантаження при спільному впливі факторів полягає в тому, що він забезпечує:

- більш повний облік всіх можливих комбінацій різних значень незалежних змінних;
- визначення умов, при яких функція відгуку набуває максимального або мінімального значення;
- перевірку висновків теоретичних розробок без проведення реальних експериментів у разі їх надмірної складності або дорожчечі;
- отримання нових «експериментальних» даних, які можуть бути піддані подальшому аналізу і дослідженню.

Таким чином, комплекс досліджень процесу підготовки змерзлої сировини до вивантаження з використанням комп'ютерної технології «Data mining» включає:

- проведення статистичної перевірки експериментальних даних для оцінки груп факторів;
- проведення широкого комплексу статистичних досліджень впливу даних факторів на масу залишків сировини у вагоні і визначення найбільш значущих факторів;
- дослідження спільного впливу факторів на масу залишків сировини у вагоні методом комп'ютерних експериментів в максимально широкому діапазоні зміни вибраних факторів.

На підставі вищевикладеного, для дослідження багатовимірного різнохарактерного масиву експериментальних даних, вдосконалено метод математичного моделювання з доповненням сучасною технологією ГРАД «Data mining», який дозволить встановити приховані закономірні внутрішні зв'язки між великою кількістю факторів процесу. Алгоритм методу математичного моделювання з доповненням сучасною технологією ГРАД «Data mining» наведено на рисунку 3.3.

3.4. Розробка моделі визначення маси залишків сировини у вагоні

3.4.1. Глибокий розвідувальний аналіз даних процесу підготовки змерзлої сировини до вивантаження

При обробці результатів промислових експериментів використовувалися основні положення методики професора Ткаченко І. Ф., що отримала останнім часом широке застосування в метало- і матеріалознавстві [134], з її доопрацюванням стосовно дослідження процесу підготовки змерзлої сировини у вагонах до вивантаження.

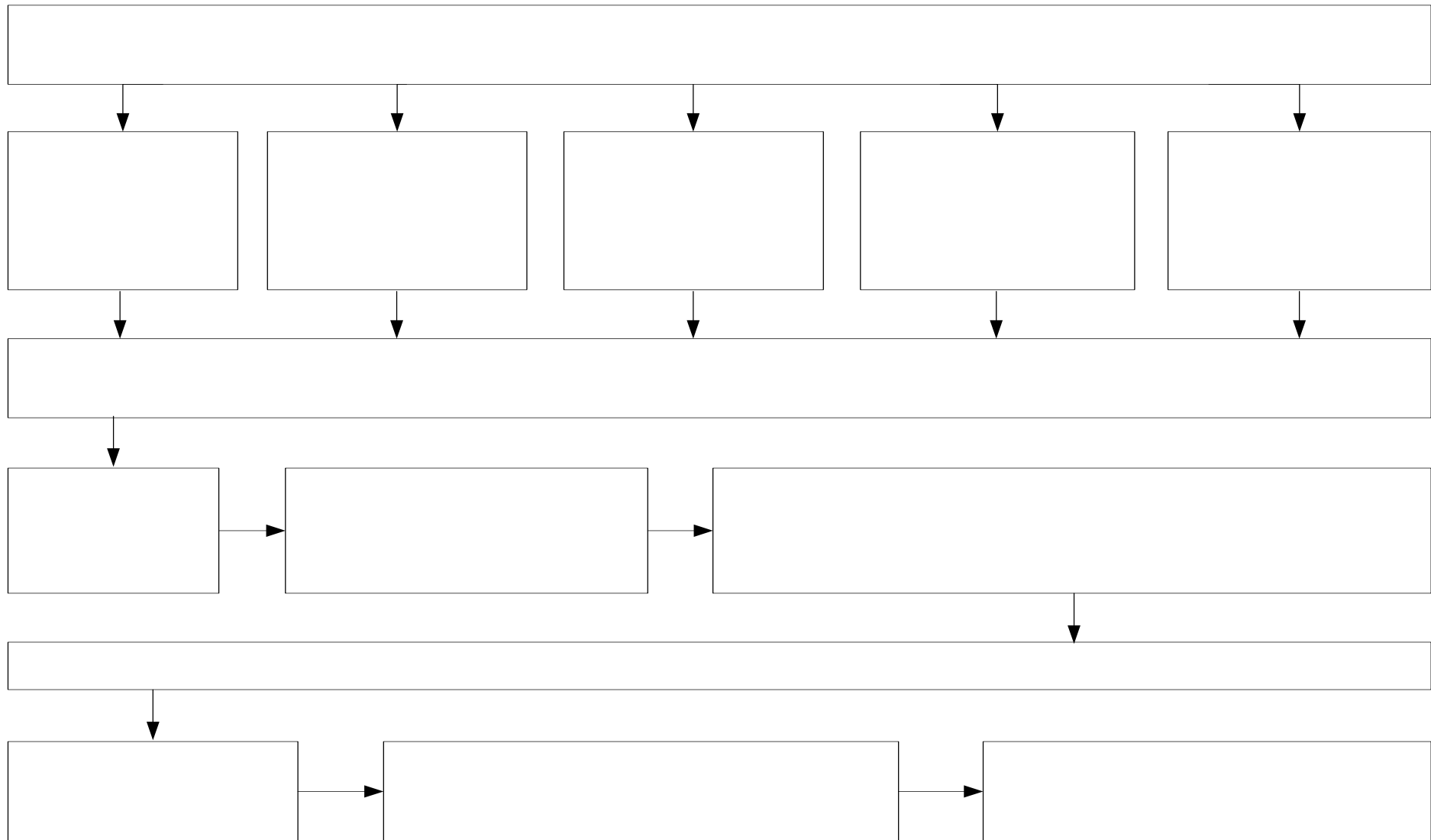


Рисунок 3.3 – Алгоритм методу математичного моделювання з доповненням технологією глибокого розвідувального аналізу даних «Data mining»

В процесі досліджень послідовно виконувалися: глибокий розвідувальний аналіз експериментальних даних; побудова математичної моделі методом множинної регресії; перевірка адекватності регресійної моделі і дослідження спільного впливу факторів на масу залишків вантажу у вагонах методами комп'ютерних експериментів.

Результати ГРАД, представлені у вигляді класифікаційної моделі (CART – Classification and Regression Tree - дерево класифікації і регресії) на рисунку 3.4, дозволили встановити п'ять факторів, які мають приховані закономірні зв'язки з масою залишків сировини у вагоні. Перш за все, слід зазначити, що з прийнятих факторів статистично значущий вплив на масу залишків сировини у вагоні надають: стан змерзлої сировини, вимірюване глибиною входження стрижня, тривалість розморожування сировини у вагонах, температура розморожування сировини у вагонах, температура навколишнього середовища при транспортуванні маршруту сировини, тривалість навантаження маршруту сировини.

В той же час, слід підкреслити статистичну незалежність величини маси залишків сировини у вагоні від тривалості транспортування і температури в пункті вивантаження, які в даний час використовуються для визначення тривалості розморожування.

Особливо необхідно відзначити, що маса залишків сировини у вагоні найбільш значущо визначається (вузли 1, 2) станом змерзлої сировини і в значно меншому ступені залежить від решти змінних факторів. Це свідчить про те, що глибина входження вимірювального стрижня повною мірою характеризує стан змерзлої сировини.

Відповідно до класифікаційної моделі, вплив на масу залишків сировини у вагоні також надають температура розморожування сировини у вагонах і тривалість навантаження маршруту сировини (вузли 3 - 6). Це зумовлено тим, що з одного боку збільшення тривалості вантаження збільшує міцність змерзання і, як наслідок, масу залишків сировини у вагоні після вивантаження (вузол 4), з іншою, - збільшення температури розморожування сировини підвищує ефективність розморожування і, як наслідок, знижує до мінімуму масу залишків вантажу (вузол 6). При збільшенні тривалості розморожування сировини (вузол 8) і підвищенні температури навколишнього середовища по маршруту проходження, маса залишків сировини у вагоні зменшується (вузол 12).

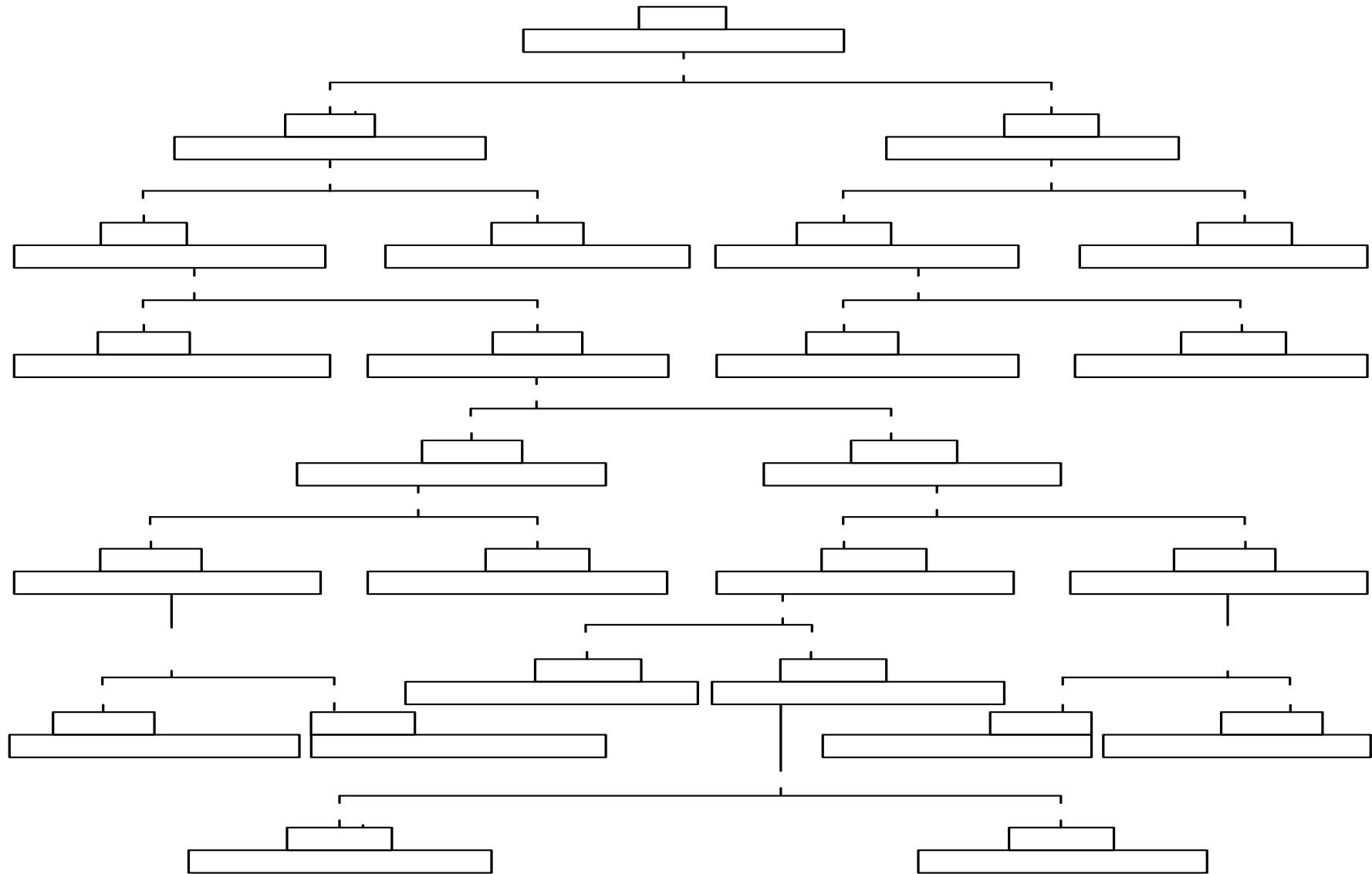


Рисунок 3.4 – Класифікаційна модель, яка характеризує вплив факторів на масу залишків сировини у вагоні

Результати проведеного промислового експерименту показали, що глибина входження вимірювального стрижня представлена практично на всіх рівнях дендрограми (вузли 1, 2, 9, 10, 13-16, 19-22), і досить всесторонньо і адекватно характеризує стан змерзлої сировини. Це дає підставу вважати, що показник стану змерзлої сировини може прийматися в якості визначального, для подальших досліджень.

3.4.2. Розробка моделі визначення залишків сировини у вагоні

Отримані результати досліджень показують, що проведений ГРАД, на відміну від традиційних методів, дозволяє виявити основні закономірності впливу факторів на масу залишків вантажу у вагоні. В той же час, зроблені висновки, носять попередній характер, оскільки при їх отриманні не розглядалися всі можливі поєднання значень досліджених незалежних змінних.

З метою підтвердження отриманих результатів, на базі розвідувального аналізу, було проведено дослідження початкових даних методами множинної регресії. Результати експериментальних досліджень були використані для розробки математичної моделі множинної регресії в кількісній формі, що характеризує вплив вказаних факторів на вихідний показник. В результаті досліджень розроблена модель визначення маси залишків сировини у вагоні, яка має наступний вигляд:

, (3.1)

- де T_r – тривалість розморожування сировини у вагонах, год.;
- t_c – температура розморожування сировини у вагонах, 0С;
- h_n – стан змерзлої сировини, см;
- t_s – температура навколишнього середовища при транспортуванні маршруту сировини, 0С;
- t_p – тривалість навантаження маршруту сировини, год.

Для зіставлення показників фактичної маси залишків сировини у вагоні і отриманих в результаті розрахунку по моделі (3.1) використано критерій Вілкоксона. Так при дослідженні 50 груп вагонів було встановлено 14 нетипових здвигів. Сума рангів нетипових здвигів (T_{emp}) склала 453. Критичне значення критерію Вілкоксона ($T_{кр}$) при рівні значущості $p_{Ткрр} = 0,01$ – $T_{кр2}[153]$, показала, що вона дозволяє досить точно розрахувати не тільки середні значення маси залишків сировини у вагоні при різних фізико - механічних властивостях сировини, часових і температурних показниках транспортного процесу, що змінюються, але і адекватно описує спостережувані частотні розподіли.

Гістограма, побудована на основі комп'ютерних експериментів (рис. 3.5), досить точно збігається з кривою частотного розподілу, отриманою на основі результатів експериментальних досліджень, що свідчить про високий ступінь адекватності отриманої моделі. Отримана модель відображає практично всі умови експлуатації і діапазони зміни величини факторів. Збіжність показників моделювання і фактичних даних є задовільною (рівень збіжності 0,89 - 0,91).

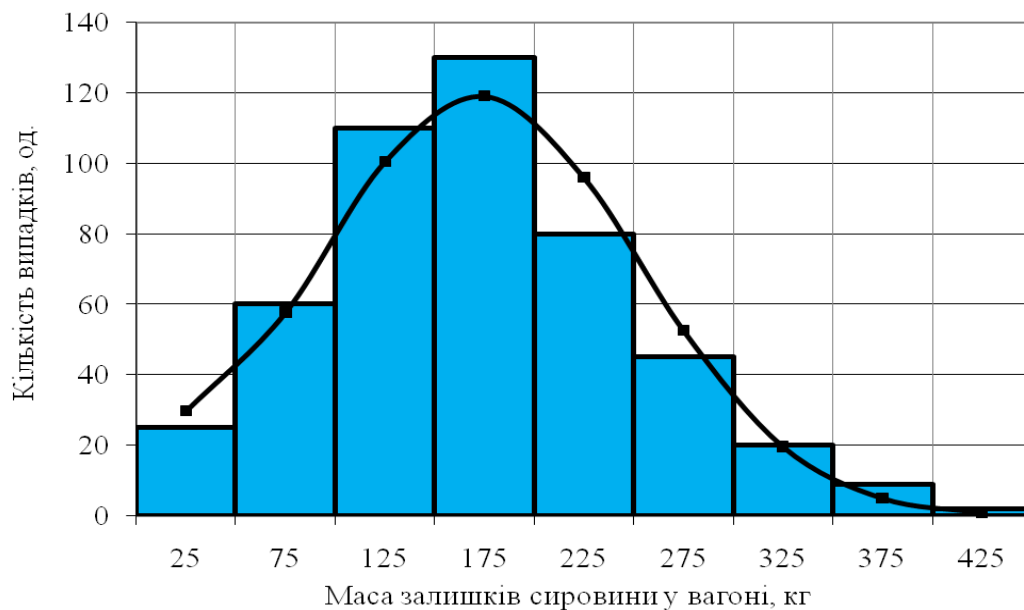


Рисунок 3.5 – Експериментальна крива і розрахункова гістограма частотного розподілу маси залишків сировини у вагоні

Комп'ютерне моделювання підтверджує, що найбільший вплив на масу залишків сировини у вагоні при їх роздільній дії надають: стан змерзлої сировини (h_n) - коефіцієнт 12,882 і тривалість розморожування сировини у вагонах (T_p) – коефіцієнт 1,656. Аналіз результатів моделювання підтверджує, що визначальним фактором процесу підготовки змерзлої сировини до вивантаження і досягнення мінімальної маси залишків сировини у вагоні є стан змерзлої сировини. Іншим значущим фактором є тривалість розморожування сировини у вагонах, яка є технологічним параметром процесу і приймається в основу подальших досліджень.

3.4.3. Моделювання спільного впливу основних факторів процесу на масу залишків сировини у вагоні

Один з головних напрямів практичного використання регресійних моделей - прогнозування значень досліджуваних контрольних характеристик при заданих рівнях технологічних параметрів. Як правило, така задача вирішується шляхом проведення розрахунків з використанням відповідних рівнянь регресії при декількох допустимих значеннях керуючих змінних. Добре відомо, проте, що в реальних умовах всі без виключення технологічні параметри змінюються в певних допустимих межах, причому характер таких змін є некерованим і, як правило, випадковим. У зв'язку з вказаним, важливе значення має оцінка діапазону варіювання показника якості розморожування (маси залишків сировини у вагоні) в умовах одночасних змін параметрів процесу в допустимих діапазонах.

У дисертаційній роботі вказана задача вирішувалася методом комп'ютерних експериментів. В рамках розробленого підходу використовувалися регресійні моделі, отримані із застосуванням розглянутої вище комплексної комп'ютерної технології аналізу багатовимірних масивів даних і статистичного аналізу. Допустимі коливання технологічних параметрів моделювали шляхом генерування випадкових чисел для кожної незалежної змінної. Закони статистичних розподілів таких чисел визначали на основі відповідних експериментальних даних.

У багатьох випадках, особливо при проведенні комп'ютерних експериментів, для дослідження спільного впливу факторів, діапазони розрахункових значень маси залишків сировини у вагоні перевищували спостережувані на практиці. Ці дані свідчать про великі можливості розробленої моделі і методу моделювання, що дозволяють визначати масу залишків сировини у вагоні, при таких поєднаннях факторів, які в принципі допустимі в даних умовах транспортного процесу і процесу підготовки сировини до вивантаження, проте рідко реалізуються на практиці у зв'язку з дією суб'єктивних факторів або через обмежений обсяг вибірок. Крім того, запропонований метод дозволяє визначати максимальну ширину діапазонів (розмах) можливих змін залежних змінних, зумовлених випадковими відхиленнями управляючих параметрів, існуючих в реальних умовах. Отримані в ході подальших досліджень результати показали, що запропонований підхід дозволяє дати досить повну оцінку маси залишків сировини у вагоні у розглядуваних умовах процесу підготовки сировини до вивантаження. При цьому можуть бути точно визначені умови процесів, що забезпечують, зокрема, екстремальні значення маси залишків сировини у вагоні.

З метою додаткової перевірки можливостей моделі (3.1) було виконано дослідження сумісного впливу факторів на масу залишків сировини у вагоні методом комп'ютерних експериментів. Діаграми розсіяння, що характеризують вплив основних факторів на масу залишків сировини у вагоні, розраховане на основі регресійної моделі (3.1) методом Монте – Карло і приведені на рисунку 3.6, а відповідні їм коефіцієнти кореляції і параметри рівняння регресії наведені у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати кореляційного і регресійного аналізів розрахункових і експериментальних парних статистичних залежностей маси залишків сировини від факторів

№, з/п	Найменування фактора	Коефіцієнти кореляції		Параметри рівняння регресії $y = a + y * x$			
				a		y	
		експ.	розр.	експ.	розр.	експ.	розр.
1.	Тривалість розморожування сировини у вагонах, год.	0,382	0,311	128,619	121,321	4,019	3,952
2.	Стан змерзлої сировини, см	-0,364	-0,385	191,217	199,807	-1,628	-1,631
3.	Температура розморожування сировини, 0С	0,279	0,271	-75,141	-67,369	2,656	2,641
4.	Тривалість навантаження маршруту сировини, год.	0,184	0,187	101,021	100,342	8,103	7,841
5.	Температура довкілля при транспортуванні сировини, 0С	0,121	0,127	175,991	159,369	1,527	1,472

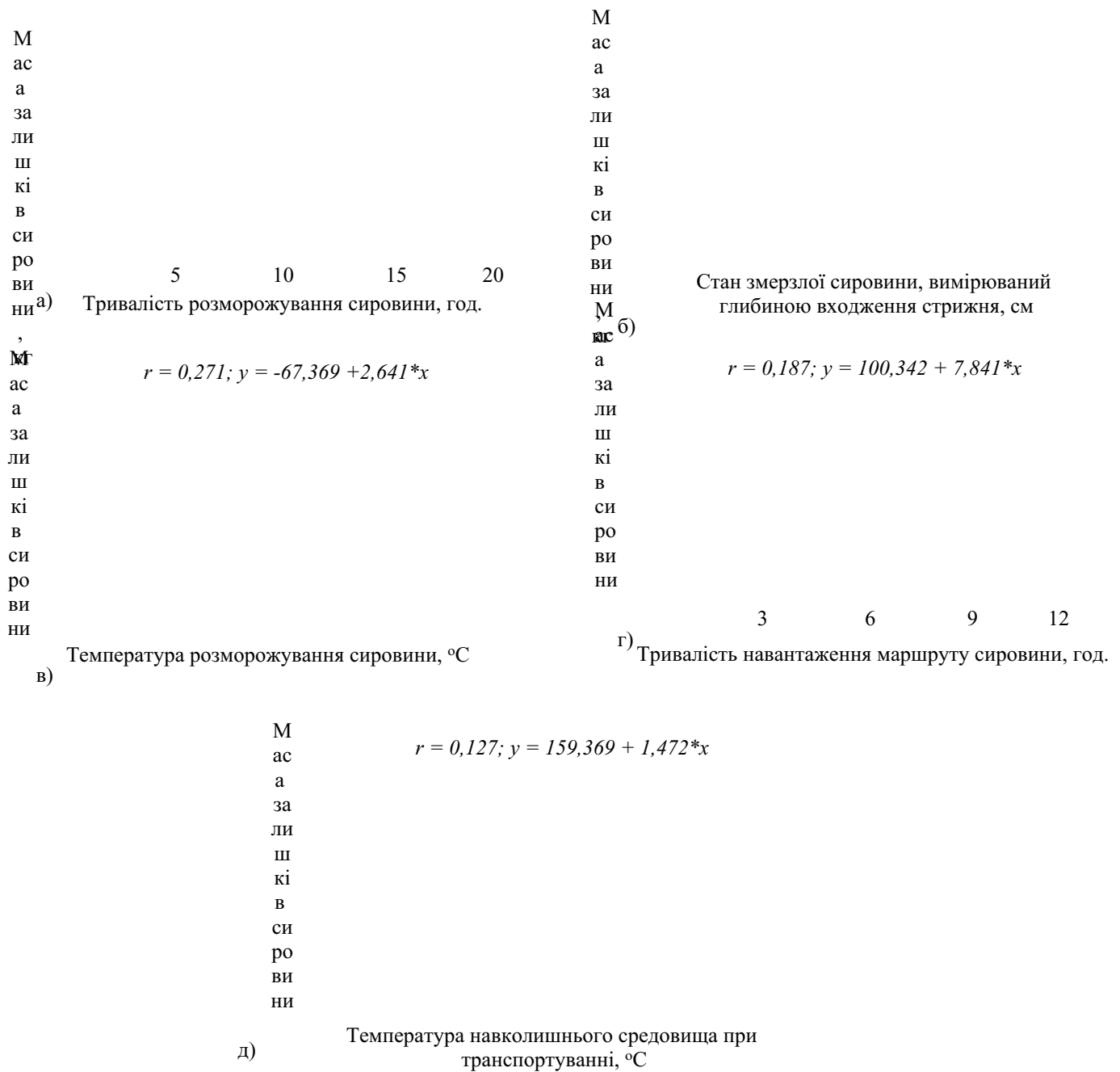


Рисунок 3.6 – Комп'ютерні діаграми розсіяння, що характеризує вплив тривалості розморожування сировини (а), стана змерзлої сировини (б), температури розморожування сировини (в), тривалості навантаження маршруту сировини (г) і температури навколишнього середовища (д) при транспортуванні на масу залишків сировини у вагоні

Комп'ютерні діаграми розсіяння показують, що зміна маси залишків вантажу у вагоні після розморожування і вивантаження можливо в ширших межах, ніж спостерігається експериментально. Очевидно це пов'язано з тим, що метод комп'ютерних експериментів забезпечує більш повний облік всіх можливих комбінацій різних значень незалежних змінних. Зіставлення результатів кореляційного аналізу комп'ютерних і реальних регресійних залежностей (табл. 3.3) показує досить точну їх відповідність.

Аналіз приведених діаграм і даних таблиці 3.1 дозволив визначити умови, при яких маса залишків сировини у вагоні має найменші значення (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Характеристика умов, відповідних мінімальній величині маси залишків вантажу у вагоні

№, з/п	Найменування фактора	Величина показника	Коефіцієнт кореляції
1.	Тривалість розморожування сировини у вагонах, год.	15 - 20	0,382
2.	Стан змерзлої сировини, см	60 - 70	-0,364
3.	Температура розморожування сировини у вагонах, 0С	60 - 80	0,279
4.	Тривалість навантаження маршруту сировини, год.	3 - 6	0,184
5.	Температура довкілля при транспортуванні маршруту сировини, 0С	- 15 - - 30	0,121

Дослідженнями встановлено, що процес підготовки сировини у вагонах до вивантаження, визначається трьома основними показниками: вхідним – станом змерзлої сировини (γ_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.

3.5. Розробка моделі визначення тривалості розморожування сировини у вагонах

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

(3.2)

Для зрівняння показників фактичної тривалості розморожування сировини у вагонах і отриманих в результаті розрахунку по моделі (3.2) використано критерій Вілкоксона. Він дозволив встановити не тільки спрямованість змін, але і їх вираженість. Так при дослідженні 47 груп вагонів було встановлено 11 нетипових здвигів та 3 нульові здвиги. Сума рангів нетипових здвигів (T_{emp}) склала 397. Критичне значення критерію Вілкоксона ($T_{кр}$) при рівні значущості $p = 0,05$ складає $T_{кр}$, а при $p = 0,01$ – $T_{кр}$. Оскільки у нашому випадку основний типовий здвиг негативний, то додатковий нетиповий здвиг буде позитивним на рівні значущості $p = 0,05$. Гістограма, побудована на основі комп'ютерних експериментів (рис. 3.7), досить точно збігається з кривою частотного розподілу. Це свідчить про високий рівень збіжності результатів теоретичних і експериментальних досліджень.

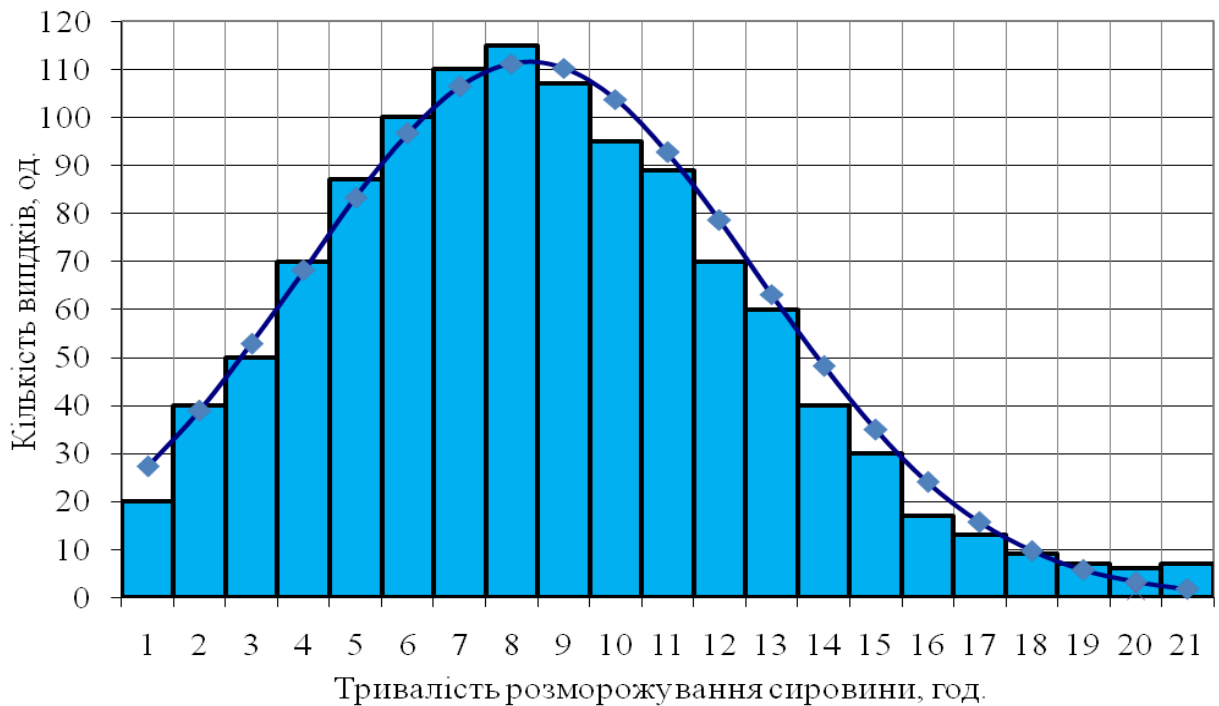


Рисунок 3.7 – Експериментальна крива і розрахункова гістограма частотного розподілу тривалості розморожування сировини у вагонах

На основі розробленої моделі побудована залежність тривалості розморожування сировини у вагонах від стану змерзлої сировини, вимірюване глибиною входження стрижня, яка приведена на рисунку 3.8.



Рисунок 3.8 – Залежність тривалості розморожування сировини у вагонах від стану змерзлої сировини, вимірюваний глибиною входження стрижня

Апробація моделі визначення тривалості розморожування сировини у вагонах підтвердила задовільну збіжність теоретичних, експериментальних і виробничих даних (рівень збіжності 0,87 - 0,89).

Розроблене рішення захищено патентом України № 83469 [128], впроваджено на базовому підприємстві (Додаток Б) і рекомендовано до використання у практиці ТВК ПП. Розроблені метод та модель визначення

тривалості розморожування сировини у вагонах забезпечують вивантаження вагонів з нормативними залишками сировини і дозволяють перейти до питання підвищення ефективності роботи ТВК ПП.

3.6. Висновки до розділу 3

1. Аналіз ряду спеціальних робіт показав, що традиційні методи статистичного аналізу непридатні для досліджень багатовимірного різнохарактерного масиву експериментальних даних. Тому отримав розвиток метод математичного моделювання з доповненням сучасною технологією глибокого розвідувального аналізу даних «Data mining», який дозволив встановити приховані закономірні внутрішні зв'язки між великою кількістю чинників процесу, що діяли.

2. На першому етапі на основі ГРАД розроблена класифікаційна модель, яка дозволила оцінити вплив факторів на вихідний показник - масу залишків сировини у вагоні. Слід зазначити, що стан змерзлої сировини представлений практично на всіх рівнях моделі. Це дає підставу вважати, що він може прийматися, як визначальний показник для подальших досліджень.

З метою підтвердження отриманих результатів, на базі розвідувального аналізу, було проведено дослідження експериментальних даних методами покрокової множинної регресії. В результаті розроблена модель, що характеризує вплив факторів на масу залишків сировини у вагоні. Збіжність показників моделювання і фактичних даних є задовільною (0,89 – 0,91).

Дослідженнями, проведеними на основі моделювання процесу підготовки змерзлої сировини у вагонах, встановлено, що процес визначається трьома основними факторами: вхідним показником (стан змерзлої сировини), технологічним показником (тривалість розморожування сировини у вагоні) і вихідним показником (маса залишків сировини у вагоні).

3. На другому етапі моделювання встановлені закономірності зміни визначальних показників процесу і розроблена 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.

4. Розроблене рішення з підготовки змерзлої сировини у вагонах до вивантаження упроваджене на базовому підприємстві, як принципово нове, захищено патентом України і рекомендовано до використання в практиці ТВК ПП.

Отримані у третьому розділі результати розвитку методу математичного моделювання, моделювання процесу і розробки моделі визначення тривалості розморожування сировини у вагонах опубліковано в роботах [39, 44, 47, 102, 128].

4.1. Постановка задачі

Важливим фактором підвищення ефективності роботи ТВК ПП є забезпечення добової потреби аглофабрики у сировині. ПС ТВК у зимовий період значною мірою визначається ПС ГР, яка залежить від системи підготовки змерзлої сировини у вагонах до вивантаження. Існуюча система роботи ТВК ПП є стримуючим фактором, що обмежує проектну продуктивність аглофабрики. Розробка методу і моделі визначення тривалості розморожування сировини у вагонах у всьому діапазоні експлуатаційних умов дозволяє вирішити задачу підвищення ефективності роботи ТВК ПП. Рішення вказаної задачі пов'язане з необхідністю її поетапного рішення. На першому етапі технічне рішення досягається за рахунок скорочення міжопераційних простоїв вагонів і додаткових транспортних операцій. Другий етап передбачає перспективне рішення за рахунок комплексного підходу заснованого на використанні акумульованого тепла, потокової системі роботи та вдосконалені конструкції гаражів.

Для дисертаційної роботи дуже важливим питанням є розробка методу і моделі визначення витрати теплоносія на розморожування сировини у вагонах, з подальшим встановленням можливості використання тепла акумульованого сировиною в процесі розморожування. Вказане дозволить оцінити і підвищити ефективність роботи ТВК ПП.

4.2. Розробка моделі і визначення витрати теплоносія на розморожування групи вагонів

Наявність методу і моделі визначення тривалості розморожування сировини дозволяє оцінити і мінімізувати витрату теплоносія. Дослідження витрати теплоносія в процесі розморожування масової сировини у вагонах проводилися для шести секцій ГР по двадцять два вагони кожна на базовому підприємстві. Розрахунок витрати теплоносія на розморожування груп вагонів проводився при різній тривалості. Первинні дані з витрати приймалися по звітних формах, обґрунтованих свідченнями, - стаціонарного реєструючого приладу.

Слід особливо зазначити, що якщо питанням розробки моделей визначення тривалості розморожування сировини у вагонах присвячений ряд досліджень [6, 80] і запропонований ряд рекомендацій [31, 74], то з розробки температурних режимів і витрати теплоносія на розморожування сировини у вагонах публікацій практично немає.

Для більш поглибленого дослідження впливу витрати теплоносія на процес було виконано моделювання температурного режиму розморожування сировини у вагонах з прив'язкою теплоносія по кожній секції в діапазоні тривалості розморожування від 1 до 21 години. З цією метою фіксувалися температура і витрата теплоносія у всіх шести секціях ГР при розморожуванні груп вагонів з сировиною. Слід зазначити, що витрата теплоносія включає витрату безпосередньо на процес розморожування і додаткову технологічну витрату теплоносія, яка зумовлена необхідністю підтримки печей ГР в робочому стані при обміні груп вагонів і виведенні груп вагонів на контрольну перевірку.

Основними факторами, що впливають на витрату теплоносія, є температура і тривалість розморожування. Температура визначалася за спеціальною методикою і обмежувалася 120 оС, 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 проведених досліджень розроблена графічна модель традиційного режиму розморожування групи вагонів з сировиною (рис. 4.1).

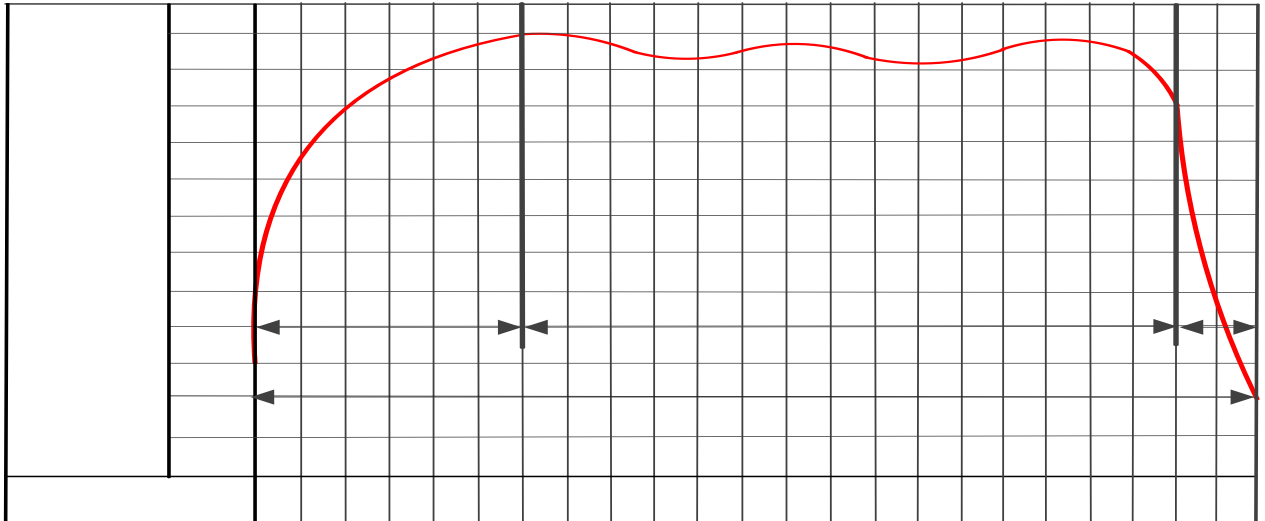


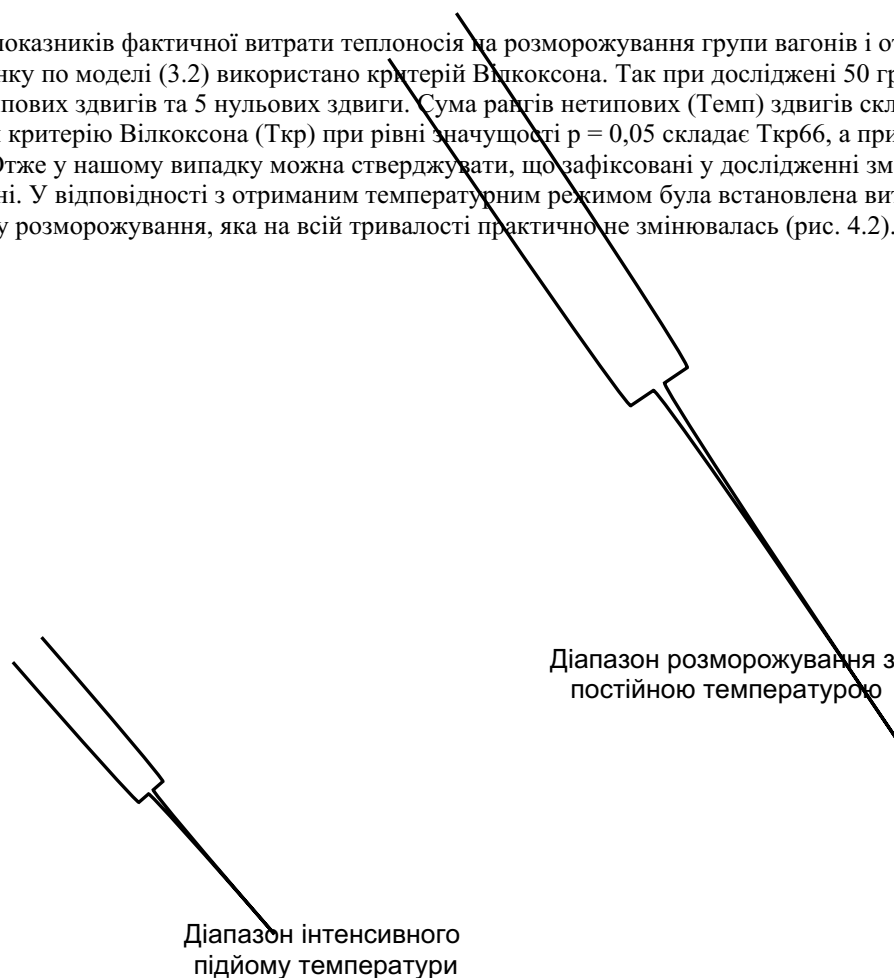
Рисунок 4.1 – Графічна модель традиційного режиму розморожування групи вагонів з сировиною

З графічної моделі традиційного режиму розморожування видно, що на першій стадії в діапазоні від 0 до 6 годин відбувається інтенсивний підйом температури в секції до 120 оС, потім на другій стадії витрата теплоносія трохи знижується і температура в секції в діапазоні від 6 до 21 години підтримується постійною на рівні 110 - 120 оС, що забезпечує збереження конструкції та обладнання вагонів. Після закінчення розморожування подача теплоносія в секцію ГР припиняється. При прибиранні групи вагонів з ГР зниження відбувається інтенсивніше і вона опускається до 60 оС. При постановці групи вагонів в секцію ГР і виникаючих міжопераційних простоях груп вагонів температура в секції знижується до 20 – 30 оС.

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

(4.1)

Для оцінки показників фактичної витрати теплоносія на розморожування групи вагонів і отриманих в результаті розрахунку по моделі (3.2) використано критерій Вілкоксона. Так при дослідженні 50 груп вагонів було встановлено 9 нетипових здвигов та 5 нульових здвигов. Сума рангів нетипових (Темп) здвигов склала 383. Критичне значення критерію Вілкоксона ($T_{кр}$) при рівні значущості $p = 0,05$ складає $T_{кр66}$, а при рівні значущості $p = 0,01$ – $T_{кр97}$. Отже у нашому випадку можна стверджувати, що зафіксовані у дослідженні зміни не випадкові і значущі на 1 % рівні. У відповідності з отриманим температурним режимом була встановлена витрата теплоносія за стадіями процесу розморожування, яка на всій тривалості практично не змінювалась (рис. 4.2).



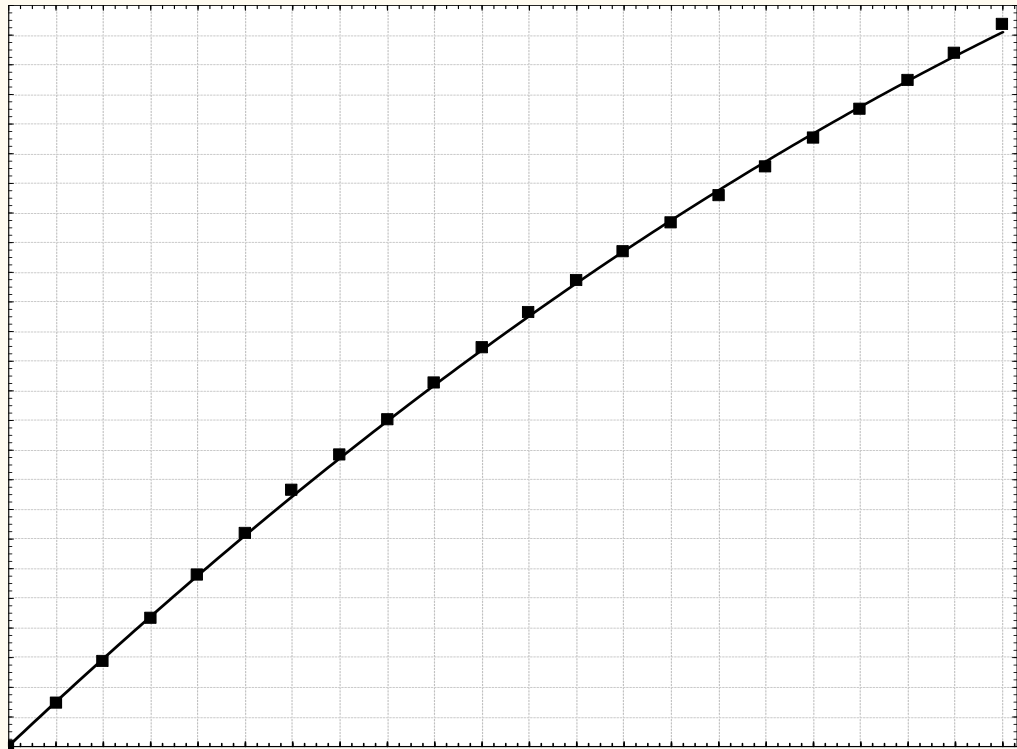


Рисунок 4.2 – Залежність витрати теплоносія від тривалості розморожування в діапазоні 1-21 година при традиційному режимі

Перевірка моделі (4.4), показала її збіжність з фактичною витратою теплоносія на рівні 0,89 – 0,91. Метод і модель визначення тривалості розморожування сировини у вагонах дозволили отримати більш точні дані з витрати теплоносія і оцінити його у всьому діапазоні тривалості розморожування.

На підставі проведених досліджень і розробленої моделі (4.4) була визначена витрата теплоносія на розморожування групи вагонів при традиційному режимі (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Середня витрата теплоносія при традиційному режимі

№ з/п	Тривалість розморожування, год.	Кількість розморожених груп вагонів за сезон, од.	Діапазон витрати теплоносія на групу вагонів, тис. м ³
1.	6	535 - 545	8,6 - 12,2
2.	7		
3.	8		
4.	9		
5.	10	210 - 220	13,4 - 15,7
6.	11		
7.	12		
8.	13	115 - 125	16,7 - 18,6
9.	14		
10.	15		
11.	16		
12.	17	35 - 45	19,6 - 21,5
13.	18		
14.	19	15 - 25	22,4 - 24,4
15.	20		
16.	21		

Оцінка витрати теплоносія при традиційному режимі показала, що середня витрата теплоносія при тривалості розморожування групи вагонів (22 вагони) складає 11,1 тис. м³. В результаті проведеного аналізу встановлено, що за весь сезон фактична витрата теплоносія досягає 12,1 млн. м³ на рік, а температура розморожування підтримується на такому рівні, який не сприяє економії витрати теплоносія і вимагає значних виробничих витрат. Такі значні витрати свідчать про актуальність і необхідність розробки технічних рішень, що забезпечують зниження витрати теплоносія.

4.3. Дослідження, розробка моделі і визначення витрати теплоносія на розморожування групи вагонів з використанням акумульованого тепла

4.3.1. Дослідження витрати теплоносія на розморожування групи вагонів з використанням акумульованого тепла

В процесі досліджень, на підставі оброблених експериментальних даних, було встановлено, що при розморожуванні сировини мають місце цілком певні періоди розморожування, що відображають скорочену витрату теплоносія при його регулюванні в порівнянні з традиційним режимом. Вони носять нерегулярний характер і раніше не враховувалися.

Графічна модель розморожування групи вагонів з пониженою витратою теплоносія наведена на рисунку 4.3.

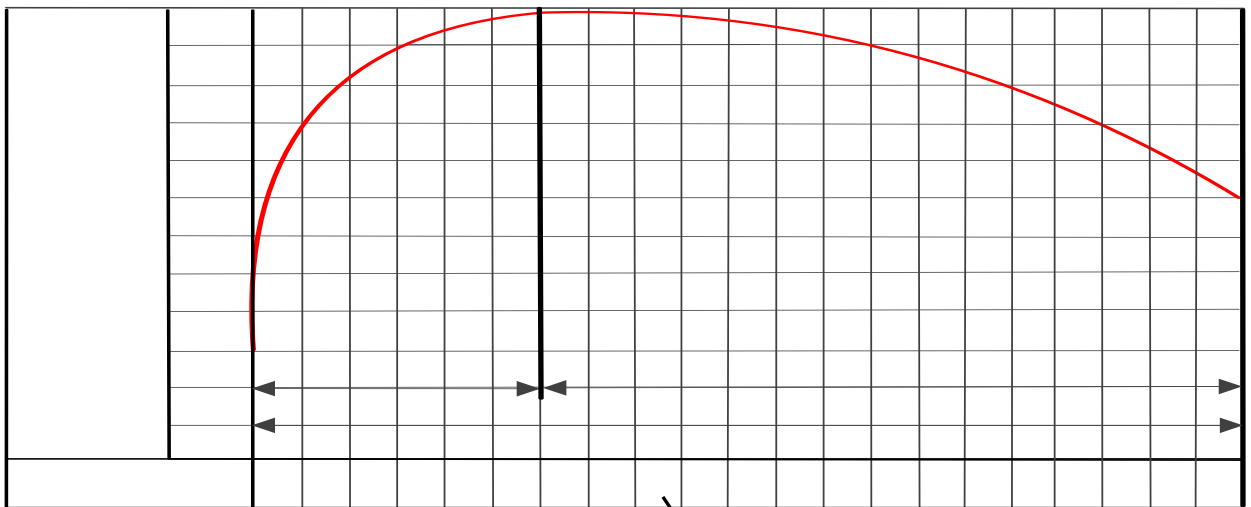


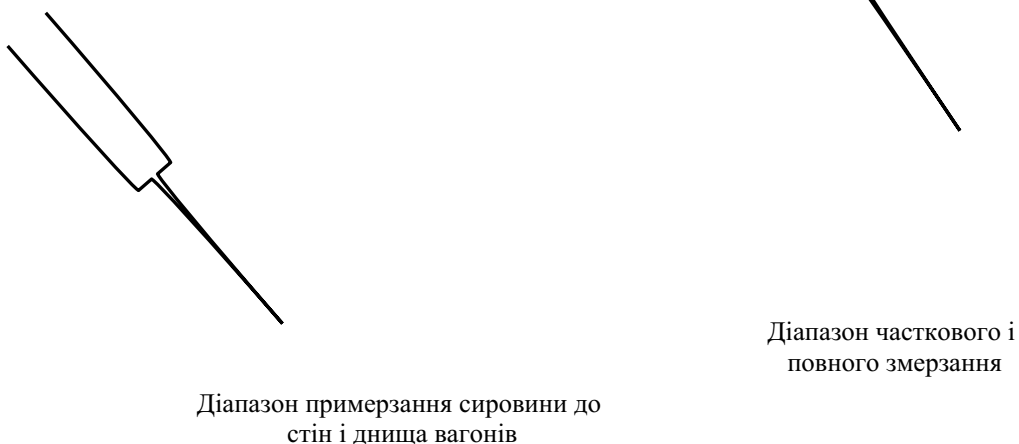
Рисунок 4.3 - Графічна модель розморожування групи вагонів з пониженою витратою теплоносія

З графічної моделі розморожування групи вагонів з пониженою витратою теплоносія видно, що на першій стадії розморожування відбувається по аналогії з традиційним режимом, потім на другій стадії витрата теплоносія скорочується і температура в секції в діапазоні від 6 до 21 годин знижується до 70 оС. Після закінчення розморожування подача теплоносія в секцію ГР припиняється. При прибиранні групи вагонів з ГР зниження відбувається інтенсивніше і вона опускається до 60 оС. При постановці групи вагонів в секцію ГР і виникаючих міжопераційних простоях груп вагонів температура в секції знижується до 20 - 30 оС.

Слід зазначити, що процес розморожування на другій стадії протікав приблизно з такою ж інтенсивністю, як і при традиційному режимі за рахунок накопиченого внутрішнього тепла сировиною і конструкцією вагону.

Режиму з пониженою витратою теплоносія відповідає ситуація, коли в процесі розморожування змерзлої сировини витрата теплоносія знижується з умови підтримки в секції ГР мінімально необхідної температури для протікання процесу розморожування.

Для загальної оцінки залежності витрати теплоносія від тривалості розморожування за групами вагонів з урахуванням його регулювання була побудована діаграма розсіяння (рис. 4.4).



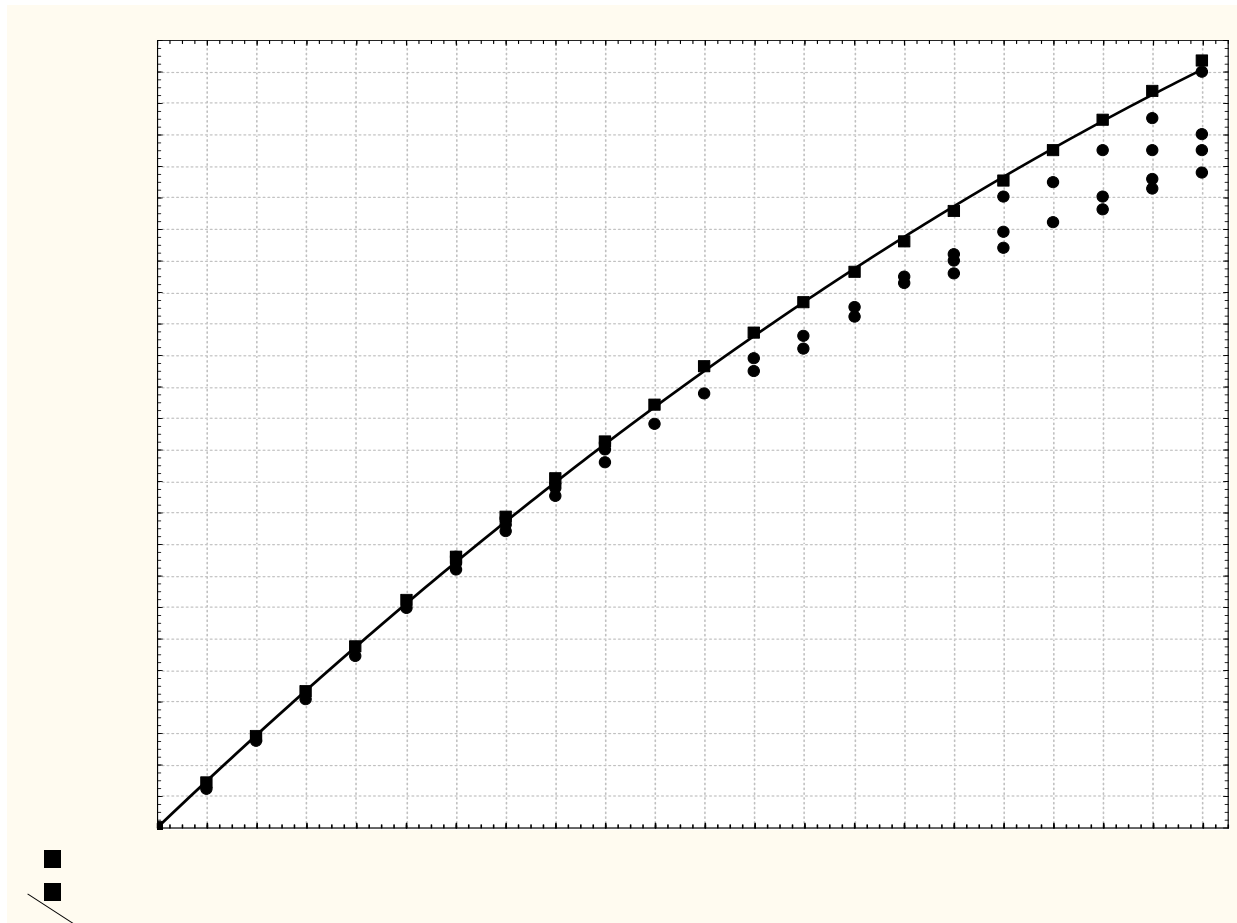


Рисунок 4.4 – Діаграма розсіяння, побудована за результатами експериментальних даних і характеризує залежність витрати теплоносія від тривалості розморожування

З діаграми видно, що отримані дані обмежуються зверху максимальними значеннями витрати теплоносія, а регульовані – певними діапазонами тривалості розморожування: перший діапазон 1 – 6 годин, другий – 6 - 21 годин. Вказані діапазони узгоджуються з теоретичною класифікацією видів змерзання і дають підставу вважати, що перший діапазон характеризує процес примерзання сировини до стінок і днища вагону, а другий – процес часткового і повного змерзання.

При цьому чітко простежується, що зниження величини витрати теплоносія відбувається тільки в другому діапазоні тривалості розморожування. Це підтверджує теоретичні положення розглянутих публікацій [18, 78] про наявність теплоакуюлюючих властивостей матеріалів.

Найбільш ефективним заходом щодо зниження витрати теплоносія є метод використання накопиченого (акумульованого) тепла.

За результатами проведених досліджень представляється необхідним детальніше розглянути питання використання акумульованого тепла при розморожуванні масової сировини з метою розробки технології його використання в практичних умовах.

Подальший розгляд питань використання акумульованого тепла потребує проведення аналізу ряду літературних джерел з питань акумуляції.

Метод використання акумульованого тепла при розморожуванні сировини в ГР відомий давно, проте на достатньому науковому рівні питання не було розроблене і відповідно практичного застосування при розморожуванні сировини в ГР до теперішнього часу він не знайшов. В той же час дане питання має велике практичне значення.

Аналіз літературних джерел з розморожування масової сировини [6, 55], показав, що у ряді робіт, пов'язаних з вирішенням проблеми розморожування змерзлої сировини у вагонах, зачіпається питання можливості використання акумульованого тепла [70, 74].

Вперше можливість використання акумульованого тепла при розморожуванні була відмічена в роботі С. Ф. Маталасова [80]. Проте в своїх дослідженнях він дав лише загальну оцінку доцільності використання даного явища.

У роботі Ю. А. Батракова [6] також указується на можливість використання акумульованого тепла при розморожуванні матеріалу. На вказаний фактор звертається увага і в роботі В. Н. Расстригіна [115]. Слід зазначити, що у вказаних роботах відсутні конкретні практичні і теоретичні рекомендації з використання акумульованого тепла при розморожуванні масової сировини.

Метод використання акумульованого тепла широко використовується в різних галузях промисловості [18, 29, 78]. Проте для застосування при розморожуванні масової сировини на ТВК ПП необхідне детальне опрацювання даного питання в конкретних експлуатаційних умовах.

Таким чином, застосування методу використання акумульованого тепла при розморожуванні змерзлої сировини дозволить знизити витрату теплоносія. Тому надалі питання температурного режиму розморожування розглядаються з урахуванням використання акумульованого тепла.

Теоретичні і практичні роботи підтверджують доцільність використання акумульованого тепла. У зв'язку з вказаним, виникає необхідність розробки механізму регулювання витрати теплоносія при розморожуванні сировини з використанням акумульованого тепла.

На підставі вищевикладеного був спланований і проведений промисловий експеримент з апробації режиму розморожування з використанням акумульованого тепла.

Метою проведення промислового експерименту є визначення часових і температурних параметрів процесу розморожування групи вагонів з використанням акумульованого тепла.

Основними задачами експерименту є:

- встановлення стадій, температурних і часових діапазонів використання акумульованого тепла при розморожуванні групи вагонів з сировиною;
- визначення витрати теплоносія на розморожування групи вагонів з сировиною;
- визначення маси залишків сировини у вагонах після вивантаження.

Промисловий експеримент планується провести на конвективних ГР базового підприємства відповідно до розробленого методу. В процесі промислового експерименту необхідно провести комплексну оцінку і хронометражі всього процесу розморожування масової сировини, включаючи обмін груп вагонів в ГР, активні стадії розморожування з нормативною і зниженою витратою теплоносія, пасивну стадію розморожування поза ГР, вхідний, проміжний і вихідний контролю стану сировини, температуру на різних стадіях розморожування.

Умови проведення експериментальних досліджень з апробації технології розморожування з використанням акумульованого тепла:

- тривалість транспортування маршрутів з масовою сировиною від 20 - 30 до 80 - 100 годин;
- температура навколишнього середовища в пункті вантаження, по маршруту проходження, і в пункті вивантаження від 0 0С до - 30 0С;
- середня температура активних стадій розморожування від 60 до 120 0С;

Експеримент планується провести при розморожуванні масової сировини, що має різні фізико - механічні властивості, в конвективних ГР продуктами згорання теплоносія. У якості теплоносія використовуються газові відходи доменного виробництва – доменний газ. Контрольні перевірки величини розмороженого шару сировини проводилися вимірвальним стрижнем.

Як початкові показники для проведення експерименту прийняті: вхідний оціночний показник - стан змерзлої сировини і вихідний показник якості розморожування - маса залишків сировини у вагоні. Температура розморожування, витрата теплоносія, стан змерзлої сировини, маса залишків сировини у вагоні, вхідний, проміжний і вихідний контролю проводилися аналогічно програмі і методу промислового експерименту приведеному раніше.

Експеримент проводиться в наступній послідовності:

На першому етапі відбираються дві досвідчені групи вагонів (по 22 вагони) з масовою сировиною з одного маршруту з однаковими фізико - механічними властивостями, однаковими часовими і температурними параметрами процесу транспортування і очікування розморожування на ТВК ПП. Вказані групи вагонів одночасно ставляться в дві секції ГР. Тривалість розморожування першої групи вагонів визначається по розробленому методу, причому на всій тривалості розморожування відбувається в секції ГР з подачею теплоносія. Тривалість розморожування другої групи з подачею теплоносія в секції ГР складає 60 % - 90 % від тривалості першої, причому через кожну годину 8 – 14 вагонів із загальної групи повинні подаватися в парк пасивного розморожування. Вагони, що залишилися 10 % - 40 % від загальної тривалості - розморожуються поза секцією ГР - у парку пасивного розморожування з використанням акумульованого тепла. Слід відзначити, що через кожну годину 4 - 5 вагонів із загальної групи подаються на вивантаження, після якого відбувається оцінка маси залишків сировини у вагонах на тензометричних залізничних вагах. Слід зазначити, що при активному розморожуванні першої і другої групи вагонів в секції ГР оцінюється витрата теплоносія.

На другому етапі по закінченню процесу розморожування вагони першої групи і вагони, що залишилися від другої подаються на вивантаження, після якого проводиться оцінка маси залишків сировини у вагонах на вагах. Технологічна схема проведення експерименту представлена на рисунку 4.5.

Рисунок 4.5 – Технологічна схема проведення експерименту

Промисловий експеримент проводився в умовах транспортно-вантажного комплексу базового підприємства відповідно до розробленої програми і методу.

Основні результуючі показники експерименту з апробації розморожування з використанням акумульованого тепла приведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Основні результуючі показники експерименту з апробації розморожування з використанням акумульованого тепла

Кількість вагонів, од.	Тривалість стадії розморожування, год.		Маса залишків сировини у вагоні	Витрата теплоносія на розморожування групи вагонів, тис. м ³
	активна	пасивна		
Перший етап А. Контрольна група вагонів				
22	6	0	у нормі	8,5
Б. Експериментальна група вагонів				
5	3	1	понад норму	4,3
4	3	2	понад норму	4,3
4	4	2	понад норму	5,8
4	4,5	1,5	у нормі	6,5
5	4,5	2,5	понад норму	6,5
Другий етап А. Контрольна група вагонів				
22	9	0	у нормі	12,2
Б. Експериментальна група вагонів				
4	7	1	понад норму	9,7
5	7	2	у нормі	9,7
4	7	3	понад норму	9,7
5	8	1	у нормі	10,1
4	8	2	понад норму	10,1
Третій етап А. Контрольна група вагонів				
22	13	0	у нормі	15,6
Б. Експериментальна група вагонів				
4	8	1	понад норму	10,9
5	9	2	понад норму	12,0
4	10	3	у нормі	13,0
5	11	4	понад норму	13,9
4	12	5	понад норму	14,9
Четвертий етап А. Контрольна група вагонів				
22	21	0	у нормі	21,4
Б. Експериментальна група вагонів				
5	15	5	понад норму	17,0
4	15	6	понад норму	17,0
4	16	5	у нормі	17,8
4	16	6	понад норму	17,8
5	17	4	у нормі	18,5

Результати експерименту показали, що при збереженні загальної розрахункової тривалості розморожування груп вагонів зі змерзлою сировиною якість розморожування не знизилася. Це підтверджено перевіркою маси залишків сировини, які не перевищували нормативного значення.

На основі отриманих результатів проведеного промислового експерименту встановлено, що процес розморожування сировини у вагонах раціонально розділити на дві стадії: на активну - з подачею теплоносія в секцію ГР і пасивну - за рахунок акумуляції тепла розмороженими шарами сировини і конструкцією вагону на відкритому повітрі поза секцією ГР.

В результаті оцінки тривалості стадій розморожування встановлено, що загальна тривалість процесу ділиться між стадіями в співвідношенні 75 – 80 % і 20 – 25 % відповідно.

Результати промислового експерименту підтвердили принципове положення про те, що поставлена мета може бути реалізована практично. Наступним етапом роботи є ідентифікація параметрів акумуляції.

4.3.2. Ідентифікація режиму, параметрів і діапазону використання акумульованого тепла при розморожуванні сировини у вагонах

Для ідентифікації режиму, параметрів і діапазону використання акумульованого тепла досліджено процес розморожування сировини у вагонах для найбільшої тривалості – 21 години.

На основі проведених досліджень встановлено, що на першій стадії в діапазоні від 0 до 6 годин відбувається інтенсивний підйом температури в секції до 120 оС, при цьому витрата теплоносія досягає - 1440 м³/год. На даній стадії відбувається відтавання сировини від робочих поверхонь кузова вагону і утворюється зовнішній шар розмороженої сировини 5 – 10 см, тепла якого виявляється недостатньо для акумуляції (рис. 4.6).

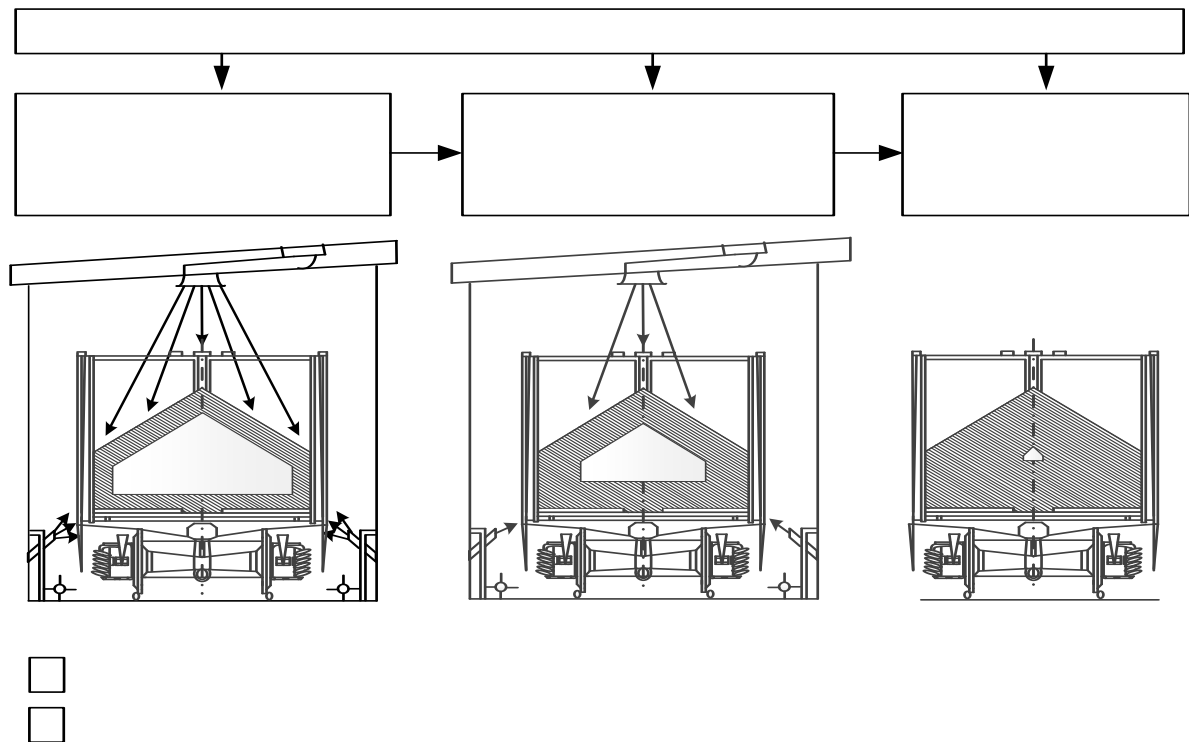


Рисунок 4.6 – Стан сировини на різних стадіях процесу розморожування

При подальшому розморожуванні в діапазоні від 6 до 16 годин, проводилося зниження витрати теплоносія з 1440 м³/год. до 1100 - 1200 м³/год. і відповідно температури в секції з 120 оС до 50 оС, при цьому оцінювалася величина розмороженого шару. Встановлено, що при збільшенні розмороженого шару сировини до 40 – 50 см починає діяти тепло акумульоване розмороженими шарами і передача його змерзлим шарам, яке дозволяє скорочувати подачу теплоносія на 15 – 25 %. Слід відзначити, що оптимальна дія тепла, акумульованого сировиною відбувається при підтримці температури розморожування на рівні 75 – 85 оС.

На завершальній стадії при тривалості розморожування понад 16 годин і величині розмороженого шару більше 50 см, незважаючи на зниження температури, що продовжується, розморожування сировини відбувається без подачі теплоносія тільки за рахунок накопиченого тепла розмороженими шарами і конструкцією вагону.

На момент початку прибирання групи вагонів з ГР температура в секції знижується до 40 оС, а після прибирання опускається до 30 оС. На етапах очікування і постановки групи вагонів в ГР температура в секції знижується до 20 оС.

Результуючий показник якості розморожування – маса залишків сировини у вагонах після вивантаження не перевищувала нормативних значень і тим самим підтвердила ефективність і доцільність застосування режиму розморожування з використанням акумульованого тепла.

На основі дослідження закономірностей процесу розморожування з використанням акумульованого тепла розроблена графічна модель режиму розморожування сировини з використанням акумульованого тепла (рис. 4.7).

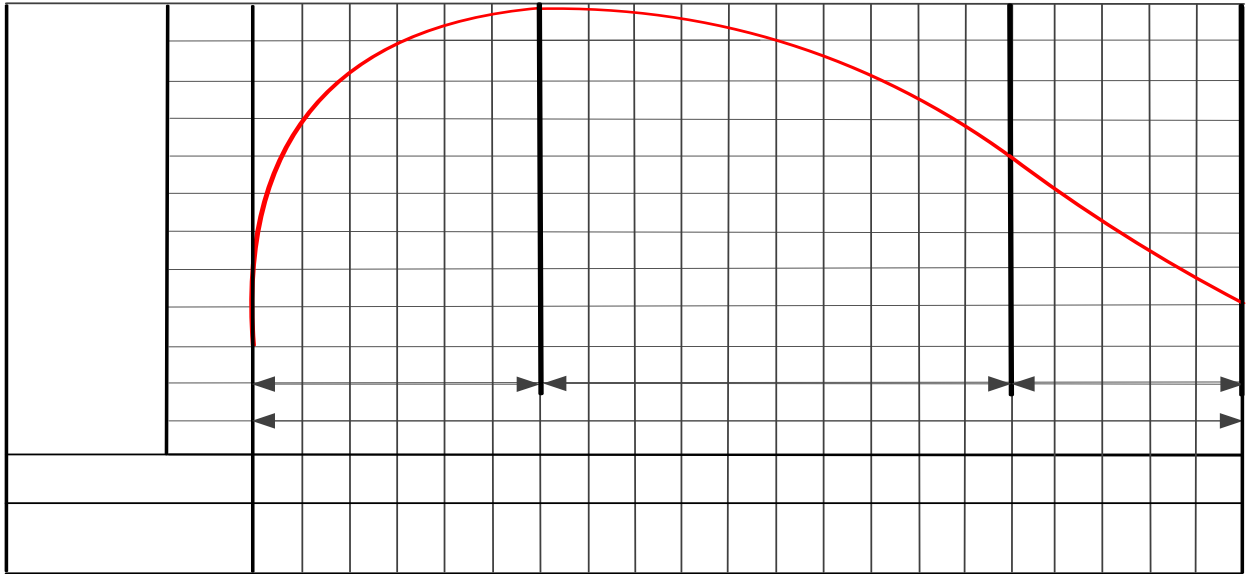


Рисунок 4.7 – Графічна модель режиму розморожування сировини з використанням акумульованого тепла

На основі проведених досліджень встановлено, що процес розморожування груп вагонів з сировиною раціонально розділити на три стадії: активну з нормативною подачею теплоносія, перехідну з пониженою витратою теплоносія і пасивну без подачі теплоносія. Співвідношення тривалості стадій розморожування груп вагонів з сировиною приведені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Співвідношення тривалості стадій розморожування груп вагонів з сировиною

Загальна тривалість розморожування, год	Діапазон стадії розморожування, год		
	активної з максимальною витратою теплоносія	перехідної з пониженою витратою теплоносія	пасивної без подачі теплоносія
6	2-3	3-4	1-2
7			
8			
9			
10	3-3,5	4,5-5,5	2,5-3
11			
12			
13	4-4,5	6-7	3-3,5
14			
15			
16			
17	4,5-5	7,5-8,5	4-4,5
18			
19	5,5-6	9-10	4,5-5
20			
21			

В результаті проведених досліджень, в умовах діючого виробництва, встановлені стадії температурні і часові діапазони використання акумульованого тепла. На спосіб розморожування сировини у вагонах отримано патент України № 83469 [128].

Проведені дослідження показали, що процес розморожування включає другу і третю стадії розморожування, при яких використовується акумульоване тепло, що дозволяє скоротити витрату теплоносія і збільшити ПС ГР.

При проведенні промислового експерименту з апробації режиму розморожування масової сировини з використанням акумульованого тепла була проведена промислова перевірка розробленого методу визначення тривалості розморожування сировини у вагонах, яка показала збіжність на рівні (0,87 – 0,89) і підтвердила правомірність і доцільність їх практичного використання.

4.3.3. Розробка моделі визначення витрати теплоносія на розморожування групи вагонів з використанням акумульованого тепла

Результати досліджень показали, що потрібна розробка методу розрахунку витрати теплоносія з урахуванням фактора використання акумульованого тепла. У зв'язку з вказаним, виникла необхідність систематизації отриманих даних і встановлення витрати теплоносія на розморожування сировини з використанням акумульованого тепла у всьому діапазоні тривалості розморожування.

Слід зазначити, що зниження витрати теплоносія починається з шостої години розморожування, оскільки розморожування в діапазоні 1 – 6 годин відбувається без дії акумульованого тепла. Залежності витрати теплоносія при різних режимах розморожування груп вагонів з сировиною наведені на рисунку 4.8.

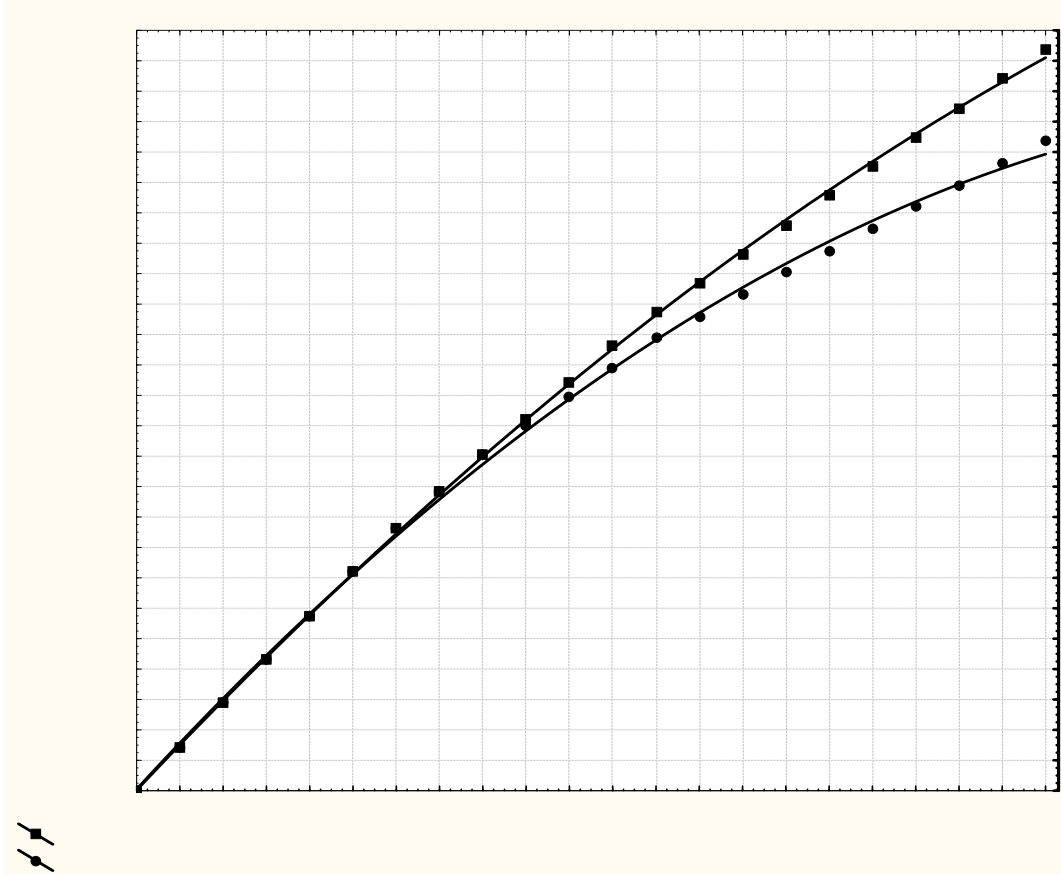


Рисунок 4.8 – Залежності витрат теплоносія при різних режимах розморожування груп вагонів з сировиною

З рисунка 4.8 видно, що із збільшенням тривалості розморожування витрата теплоносія скорочується. Із статистичних даних було визначено, що максимальне значення скорочення витрати теплоносія по діапазону тривалості розморожування 6 - 21 година складає 2800 - 3000 м³.

В результаті проведеного аналізу була отримана залежність витрати теплоносія від тривалості розморожування з урахуванням фактору використання акумульованого тепла, яка представлена у вигляді полінома другого ступеня:

$$, \text{ м}^3, \quad (4.2)$$

де a – коефіцієнт, що враховує додаткову технологічну витрату теплоносія;

b – коефіцієнт, що характеризує вид сировини;

c – коефіцієнт, що характеризує температурний режим розморожування.

Коефіцієнт, що враховує додаткову технологічну витрату теплоносія зумовлений необхідністю підтримки запальних пристроїв печей ГР в робочому стані. Відповідно до проведених розрахунків встановлено, що коефіцієнт, що враховує додаткову технологічну витрату теплоносія коливається в діапазоні $20,1 \div 50,3$.

Коефіцієнт, що характеризує вид сировини зумовлений різною вологістю, фізико-механічними властивостями і змістом заліза. Коефіцієнт, що характеризує вид сировини коливається в діапазоні $1500,3 \div 1551,3$. Встановлено, що мінімальне значення коефіцієнта відповідає вологості залізовмісної сировини 8 % і вмісту заліза

64,5 %, а максимальне значення – вологості 12 % і вмісту заліза 68 %.

Коефіцієнт, що характеризує температурний режим розморожування (нормативний і з пониженою витратою теплоносія) який визначається витратою теплоносія і температурою розморожування. Відповідно до проведених розрахунків встановлено, що коефіцієнт, який характеризує температурний режим розморожування коливається в діапазоні $15,3 \div 28,7$. Значення коефіцієнта коливається у діапазоні зміни температури розморожування 60 - 120 оС.

На підставі проведених досліджень для кліматичних умов Приазов'я встановлені наступні значення коефіцієнтів: $ab = 1546,2$; cPa) залежно від тривалості розморожування (Tp) з урахуванням фактору використання тепла акумульованого сировиною, яка має наступний вигляд:

$$, м3. \quad (4.3)$$

Для зрівняння показників фактичної витрати теплоносія з урахуванням фактору використання тепла акумульованого сировиною і отриманих в результаті розрахунку по моделі (3.2) використано критерій Вілкоксона. Так при дослідженні 43 груп вагонів було встановлено 17 нетипових здвигів та 2 нульові здвиги. Сума рангів нетипових здвигів ($Temp$) склала 307. Критичне значення критерію Вілкоксона ($Tкр$) при рівні значущості $p = 0,05$ складає $Tкрр = 0,01$ - $Tкрр = 0,05$. Контрольна перевірка запропонованої моделі показала збіжність між фактичною і розрахованою за моделлю (4.3) 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.

Отриману залежність можна рекомендувати для використання в інженерних розрахунках для впорядкування і скорочення витрати теплоносія.

На основі розробленої моделі (4.3) була визначена витрата теплоносія при режимі розморожування з пониженою витратою (табл. 4.4).

Оцінка витрати теплоносія для режиму з пониженою витратою показала, що середня витрата теплоносія на розморожування однієї групи вагонів в порівнянні з традиційним режимом скоротилася з 11,1 тис. м3 до 10,9 тис. м3, при цьому загальна витрата скоротилася з 12,1 до 11,6 млн. м3.

Впровадження у виробництво технології розморожування масової сировини з використанням акумульованого тепла забезпечить скорочення витрати теплоносія на одну групу вагонів на 1 %, а в цілому за період негативних температур на 4,2 %.

Таблиця 4.4 – Середня витрата теплоносія при режимі розморожування з пониженою витратою

№, з/п	Тривалість розморожування, год	Кількість розморожених груп вагонів за сезон, од.	Діапазон витрати теплоносія на групу вагонів, тис. м3
1.	6	535 - 545	8,5 - 12,0
2.	7		
3.	8		
4.	9		
5.	10	210 - 220	13,0 - 14,9
6.	11		
7.	12		
8.	13	115 - 125	15,6 - 17,0
9.	14		
10.	15		
11.	16	35 - 45	17,8 - 19,2
12.	17		
13.	18		
14.	19	15 - 25	19,9 - 21,4
15.	20		
16.	21		

4.4. Розробка методу і моделі підвищення ефективності роботи транспортно-вантажного комплексу промислового підприємства

4.4.1. Заходи першого етапу

На першому етапі підвищення ефективності роботи ТВК ПП досягається на основі методу і моделі визначення тривалості розморожування сировини, що дозволяють скоротити міжопераційні простої і виключити з тривалості циклу обслуговування операції, пов'язані з контрольною перевіркою стану сировини. При цьому модель розрахунку добової ПС ГР (2.6) прийме наступний вигляд:

$$, \text{ваг.} \quad (4.4)$$

Скорочення міжопераційних простоїв і виключення операції з виводу групи вагонів на контрольну перевірку стану сировини дозволило збільшити ПС ГР і, як наслідок, ПС ТВК. Результати розрахунку пропускної спроможності гаражів розморожування наведені у таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Результати розрахунку пропускної спроможності гаражів

№, з/п	Найменування показника	Існуюча величина показника	Величина показника після першого етапу
1.	Тривалість підготовки групи вагонів зі змерзлою сировиною до вивантаження, годин	24,85	21,18
2.	Тривалість циклу розморожування групи вагонів, годин у тому числі:	13,88	10,21
2.1	- тривалість постановки групи вагонів у секцію ГР, годин	0,77	0,77
2.2	- розморожування групи вагонів з сировиною, годин	6	8
2.3	- виведення групи вагонів з секції ГР і контрольна перевірка стану сировини, годин	0,67	0
2.4	- додаткове розморожування групи вагонів з сировиною, годин	2	0
2.5	- тривалість прибирання групи вагонів з секції ГР, годин	0,69	0,69
2.6	- міжопераційні простої вагонів, годин	3,75	0,75
3.	Кількість циклів розморожування однією секцією ГР, циклів/добу	1,7	2,4
4.	Пропускна спроможність ГР, вагонів/добу	220	320

З даних приведених в таблиці 4.5 видно, що тривалість підготовки змерзлої сировини до вивантаження знизилася з 24 - 25 годин до 21 - 22 годин, а добова ПС ГР збільшилася до 320 вагонів. При цьому дефіцит добової ПС ГР з вивантаження сировини знизився до 110 вагонів. Слід зазначити, що заходи першого етапу дозволили скоротити тривалість експлуатації локомотивів на 4,5 - 4,7 локомотиво-години на добу.

4.4.2. Заходи другого етапу

Перспективне комплексне рішення питання передбачає розробку методу і моделі підвищення ефективності роботи ТВК ПП на основі використання тепла акумульованого сировиною, потокової системи роботи і вдосконалення конструкції гаражів.

Процес підготовки змерзлої сировини до вивантаження представлений у вигляді послідовних виконуваних операцій по роботі з групами вагонів, тобто технологічній лінії з розморожування сировини, яка є центральним елементом ТВК у зимовий період. Ефективність підготовки змерзлої сировини до вивантаження визначається відлагодженою і ритмічною роботою технологічної лінії. Тому для технологічної лінії з потоковою системою роботи розроблено графічну модель режиму розморожування з використанням акумульованого тепла наведену на рисунку 4.9. На підставі проведених досліджень встановлені наступні основні принципи потокової системи підготовки змерзлої сировини для вивантаження, які передбачають що:

- при тривалості розморожування в діапазоні 6 - 12 годин застосовується варіант пасивного розморожування за рахунок використання акумульованого тепла в секції гаража без подачі теплоносія;
- при тривалості розморожування в діапазоні 12 - 21 година застосовується варіант пасивного розморожування за рахунок використання акумульованого тепла в секції гаражів без подачі теплоносія, або поза секцією гаражів на відкритому повітрі на коліях парку пасивного розморожування.

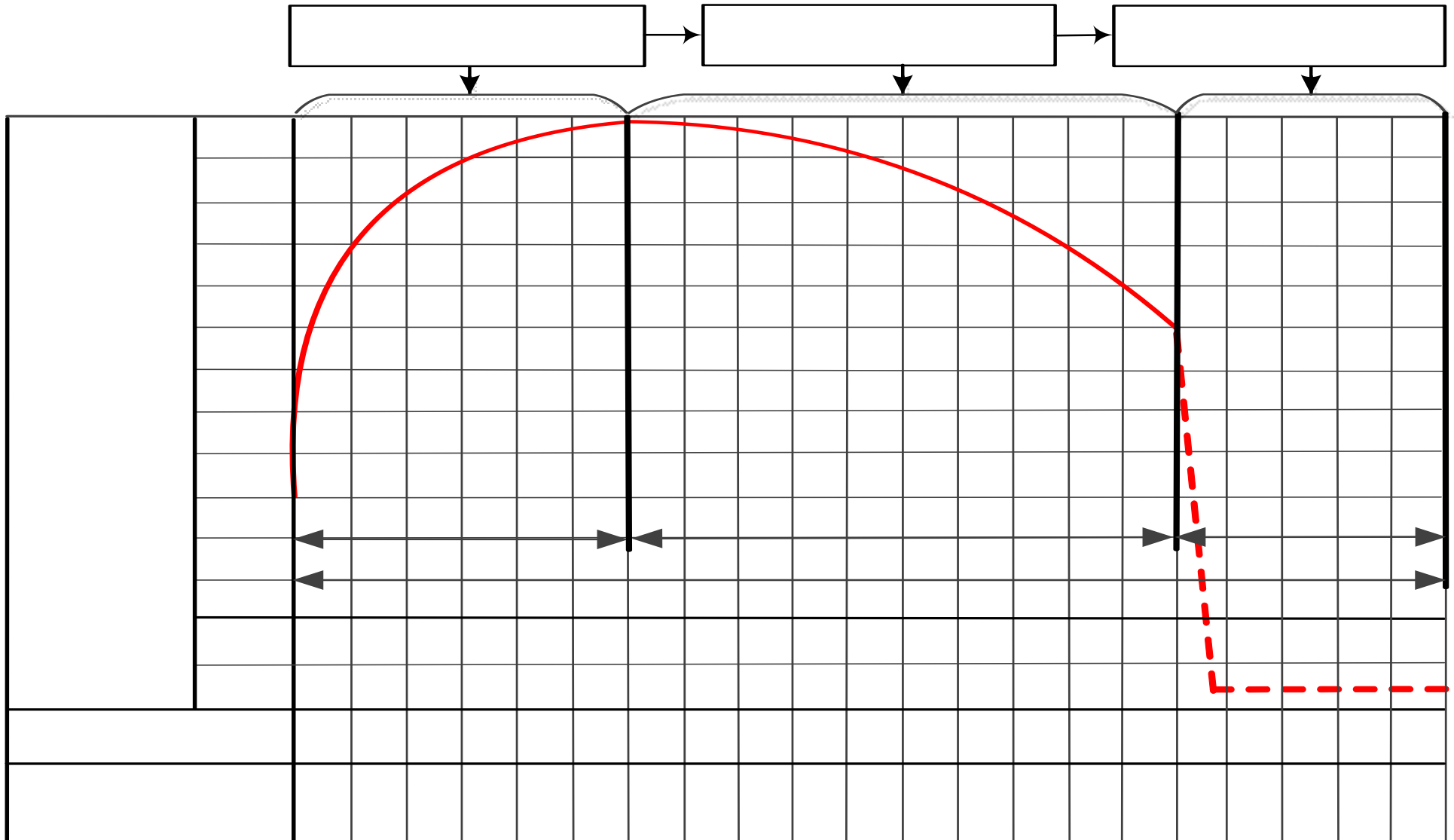


Рисунок 4.9 – Графічна модель розморожування сировини у вагонах з використанням акумульованого тепла

На основі графіка режиму розморожування розроблено графік потокової системи підготовки змерзлої сировини до вивантаження з використанням акумульованого тепла приведений на рисунку 4.10.

№, п/п	Найменування операції	Температура розморожування, °С	Витрата теплоносія, м³/год.	Тривалість операції, год.	Час (Т), год.		
					0 7	14	21
1.	Стадії процесу розморожування:						
1.1	Активна стадія – розморожування сировини з максимальною витратою теплоносія	0 - 120	1400 - 1440	6			
1.2	Перехідна стадія – розморожування сировини - з пониженою витратою теплоносія і частковим використанням акумульованого тепла в секції ГР	120 - 70	1100 - 1400	10			
1.3	Пасивна стадія – розморожування сировини - з використанням акумульованого тепла поза секцією ГР	0 - -20	0	5			
	Загальна тривалість процесу розморожування			21			

Рисунок 4.10 – Графік потокової системи підготовки змерзлої сировини до вивантаження з використанням акумульованого тепла

Потокова система підготовки змерзлої сировини до вивантаження передбачає наступну послідовність виконання операцій: з парку технологічного відстою маршрутів група вагонів переставляється в підготовчий парк, в якому проводиться вхідний контроль стану сировини, а потім проводиться постановка групи вагонів в секцію ГР. Після активної і перехідної стадій розморожування в секції ГР, проводиться перестановка групи вагонів в парк пасивного розморожування, в якому розморожування проводиться за рахунок тепла акумульованого розмороженими шарами і конструкцією вагонів. Після закінчення стадії пасивного розморожування і вивантаження попередньої групи вагонів на вагоноперекидачі, вагони з сировиною переставляються на колії постановки вагонів під вивантаження.

Потокова система роботи зумовлює необхідність наявності спеціального комплексу, що включає підготовчий парк, гаражі і парк пасивного розморожування. При цьому ГР мають бути прохідного типу, підготовчий парк повинен розташовуватися перед гаражами, а парк пасивного розморожування між гаражами і коліями постановки вагонів під вивантаження. На підставі вищевикладеного розроблена схема технологічної лінії з потоковою системою роботи наведена на рисунку 4.11.

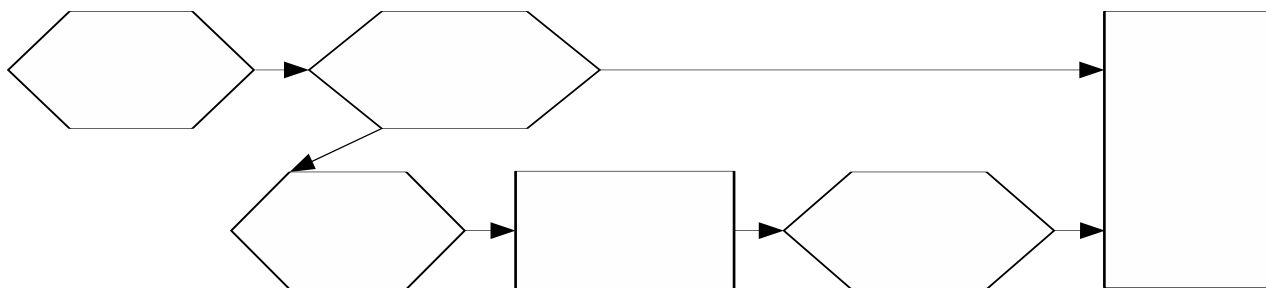


Рисунок 4.11 – Схема технологічної лінії з потоковою системою роботи

Застосування запропонованої схеми технологічної лінії з потоковою системою роботи дозволить разом з високою продуктивністю і чітким розділенням потоків вагонів із змерзлою і розмороженою сировиною, скоротити тривалість підготовки змерзлої сировини до вивантаження, збільшити ПС ГР і ПС ТВК. Висока переробна спроможність технологічної лінії досягається за рахунок потокового просування вагонів, а також розділення поїзних і маневрових маршрутів. Послідовне розташування парків сприяє зменшенню числа кутових заїздів і скороченню обсягу маневрової роботи.

Перспективна потокова система підготовки змерзлої сировини до вивантаження з використанням акумульованого тепла дозволяє збільшити ПС ГР за рахунок виключення з тривалості циклу розморожування групи вагонів міжопераційних простоїв і тривалості пасивного розморожування поза секцією гаражів – в спеціалізованому парку.

Аналіз показав, що одним з визначальних факторів недостатньої ПС ГР є неправильне встановлення параметрів конструкції гаражів (місткості і кількості секцій) що істотно ускладнюють їх транспортне обслуговування.

Для визначення потрібних конструкційних параметрів гаражів розморожування, отримав розвиток метод і модель розрахунку ПС ГР, які дозволяють встановлювати кількість секцій відповідно до потрібної ПС ТВК.

Спочатку визначається тривалість циклу розморожування однієї групи вагонів:

$$, \text{ год.} \quad (4.5)$$

де T_p – тривалість розморожування групи вагонів, год.;

$t_{ц.о.}$ – тривалість циклу обслуговування групи вагонів, год.;

При потоковій системі роботи тривалість циклу обслуговування визначається на основі тривалості операцій постановки і прибирання групи вагонів в секцію ГР:

$$, \text{ год.} \quad (4.6)$$

На наступному етапі представляється можливим визначити пропускну спроможність однієї секції ГР. Запропонована математична модель розрахунку добової пропускну спроможності однієї секції ГР має наступний вигляд:

$$, \text{ ваг.}, \quad (4.7)$$

де v – місткість секції, ваг.;

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

Кількість секцій ГР встановлюється на основі потрібної ПС ТВК ($P_{ТВК}$) і записується наступним виразом:

$$, \text{ од.} \quad (4.8)$$

На основі кількості секцій визначається добова ПС ГР:

$$, \text{ ваг.} \quad (4.9)$$

Перевірка ПС ГР проводиться виходячи з умови (2.4).

У зв'язку з тим, що при потоковій системі підготовки змерзлої сировини до вивантаження з використанням акумульованого тепла пасивна стадія проводиться поза секцією гаражів тривалість розморожування сировини у вагонах визначається на основі активної і перехідної стадій:

$$, \text{ год.} \quad (4.10)$$

де t_a – тривалість активної стадії розморожування, год.;

t_n – тривалість перехідної стадії розморожування, год.;

Встановлення параметрів конструктивної схеми технологічної лінії з переробки вагонопотоку, що забезпечує надійну технічну зв'язаність транспортної і вантажної ланок в різних експлуатаційних умовах, приведено в роботах [13, 19, 20, 125]. Грунтуючись на розроблених раніше принципах [10, 12, 14, 15, 106, 107] місткість секції ГР потрібно встановлювати кратній кількості вагонів, що прибувають у маршрутах з масовою сировиною. Такий підхід дозволить скоротити обсяг маневрової роботи, простій вагонів, завантаження маневрових локомотивів і технічних елементів станції.

Комплексний підхід рішення задачі дозволив розробити перспективний метод підвищення ефективності роботи ТВК ПП, на основі використання акумульованого тепла, впровадження потокової системи роботи та вдосконалення

конструкції гаражів. Розроблений метод дозволить збільшити добову пропускну спроможність гаражів розморожування з 320 до 430 вагонів і тим самим забезпечити переробну спроможність транспортно-вантажного комплексу.

Для оцінки стану змерзлої сировини перед розморожуванням у виробничих умовах пропонується новий метод, що передбачає застосування спеціального вимірювального стрижня з масштабною розміткою в сантиметрах, який вводиться в змерзлу сировину під впливом постійного навантаження. Стан змерзлої сировини досить точно можна оцінити кількісно наступною залежністю:

$$h = f(h_n) \quad (4.11)$$

де h_n – глибина входження вимірювального стрижня спеціального пристрою, що оцінює стан змерзлої сировини, см.

Спеціальний пристрій для оцінки стану змерзлої сировини (рис. 4.12) включає робочий орган – металевий стрижень з масштабною розміткою і динамометричний механізм, яким є пружина стиснення, ув'язнена в корпусі з торцевими заглушками з двох сторін. Пружина рухомим кінцем упирається в шайбу, нерухомо сполучену з вимірювальним стрижнем. Шайба, в ненавантаженому стані пружини, упирається в торцеву заглушку з внутрішньої сторони. При прикладанні зусилля на утримувачі спеціального пристрою вимірювальний стрижень входить в змерзлу сировину. Глибина входження в змерзлу сировину оцінюється по масштабній розмітці в сантиметрах, нанесеній на стрижень. Необхідне зусилля, що прикладається до утримувачів пристрою, оцінюється величиною деформації пружини. Перед початком використання пристрій проходить тарировку у всіх умовах вимірювань, що проводяться.

Основною деталлю пристрою, що дозволяє з високою точністю визначати величину зусилля, яке прикладається, є пружина стискування. Проведений вибір [5] показав, що вимогам, які пред'являються, відповідає гвинтова пружина стискування № 413 (II клас, розряд 1), виготовлена з дроту сталі марки 50ХФА, що володіє підвищеною теплостійкістю і витривалістю в циклах (до $1 \cdot 10^5$ циклів), що дозволяє розраховувати на тривалий термін служби.

Вимірювальний стрижень має бути виготовлений з вуглецевої легованої сталі марки 60С2. Наконечник стрижня має бути загострений у вигляді конуса під кутом 60 градусів і підданий гарту для забезпечення твердості і зносостійкості.

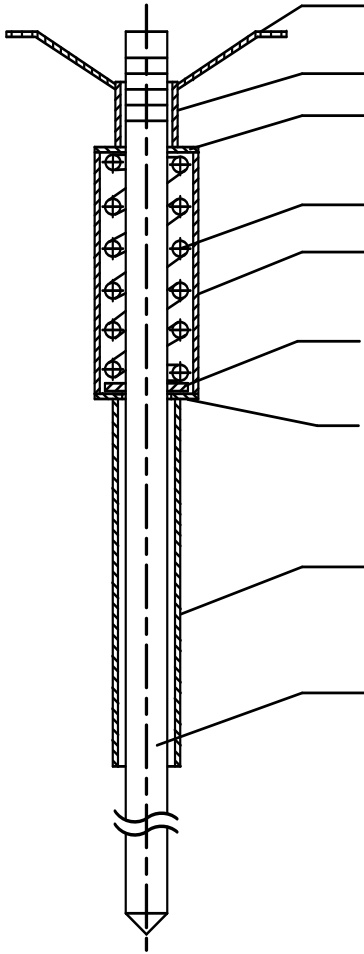


Рисунок 4.12 – Принципова схема спеціального пристрою, що оцінює стан змерзлої сировини

В умовах підвищеної інтенсифікації виробництва однією з переваг є скоротечність оцінки стану змерзлої сировини, що не сприяє збільшенню тривалості використання (простого) вагонів зовнішньої мережі.

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 %. Модель визначення витрати теплоносія з використанням акумульованого тепла впроваджена, а методи підвищення ефективності роботи транспортно-вантажного комплексу та оцінки стану змерзлої сировини у вагоні прийняті до впровадження на базовому підприємстві (Додаток Б). На спосіб розморожування сировини у вагонах отримано патент України № 83469 [128]. Розроблені рішення рекомендовані до використання у практиці ТВК ПП.

4.5. Розрахунок економічного ефекту від впровадження технічних рішень з підвищення ефективності роботи транспортно-вантажного комплексу ПРАТ «ММК ім. Ілліча»

На основі впроваджених на ПРАТ «ММК ім. Ілліча» метода і моделі визначення тривалості розморожування сировини у вагонах та моделі визначення витрати теплоносія при розморожуванні з використанням акумульованого тепла проведений розрахунок середньорічного економічного ефекту (Ер) від скорочення плати за користування вагонами (Спл), а також зниження витрат на експлуатацію локомотивів (Сл) і теплоносій (Ст):

$$Er_{пл} + C_{л} + C_{т}, \text{ грн.} \quad (4.12)$$

Скорочення плати за користування вагонами зовнішньої мережі:

$$C_{пл,д} - t_{ц,п} * n_{в} * c_{в}, \text{ грн.} \quad (4.13)$$

де $t_{ц,д}$ - середня тривалість циклу обслуговування групи вагонів при підготовці сировини до вивантаження (до впровадження технічних рішень), $t_{ц,д}$
 $t_{ц,п}$ - середня тривалість циклу обслуговування групи вагонів при підготовці сировини до вивантаження (після впровадження технічних рішень), $t_{ц,п} = 2,21$ год.;

пв - кількість вагонів, які виводились на контрольну перевірку стану сировини у процесі розморожування за увесь зимовий період, пв
св - середня плата за 1 вагоно-годину на комбінаті, св

$$Спл = (5,88 - 2,21) * 16544 * 6,6 = 400728,8 \text{ грн.}$$

Скорочення витрат на експлуатацію локомотивів:

$$\text{Сл.п.} * \text{пк.п.} * \text{сл, грн.} \quad (4.14)$$

де тк.п. - тривалість контрольної перевірки стану сировини в процесі розморожування, тк.п. год.;
пк.п. - кількість контрольних перевірок стану сировини, пок.п.
сл - вартість 1 локомотиво-години на комбінаті, сл

Сл

Скорочення витрат на теплоносій (Ст) розраховується на основі витрати на теплоносій при традиційному режимі розморожування (Стр) та режимі розморожування зі зниженою витратою (Сзн):

$$\text{Сттр} - \text{Сзн}, \text{ грн.} \quad (4.15)$$

Витрати на теплоносій при традиційному режимі розморожування:

$$\text{Стгр} * \text{Ртр} * \text{ст, грн.} \quad (4.16)$$

де Нгр - кількість груп вагонів, розморожених при і - й тривалості;
Ртр - витрата теплоносія на розморожування однієї групи і - й тривалості при традиційному режимі, м3;
ст - вартість 1 м3 теплоносія, ст
Витрати на теплоносій при режимі розморожування зі зниженим витратою:

$$\text{Сзнгр} * \text{Рзн} * \text{ст, грн.} \quad (4.17)$$

де Рзн - витрата теплоносія на розморожування однієї групи і - й тривалості при режимі зі зниженою витратою, м3;

Результати розрахунку середньорічних витрат на теплоносій при різних режимах розморожування наведені у таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Результати розрахунку середньорічних витрат на теплоносій при різних режимах розморожування

Тривалість розморожування, год.	Діапазон витрати теплоносія на групу вагонів, тис. м3		Кількість розморожених вагонів за зимовий період	Середні витрати на розморожування за зимовий період, грн.	
	при традиційному режимі	при режимі зі зниженою витратою		при традиційному режимі	при режимі зі зниженою витратою
6	8,6 - 12,2	8,5 - 12,0	535 - 545	9500000	9100000
7					
8					
9					
10	13,4 - 15,7	13,0 - 14,9	210 - 220		
11					
12					
13					
14	16,7 - 18,6	15,6 - 17,0	115 - 125		
15					
16					
17					
18	19,6 - 21,5	17,8 - 19,2	35 - 45		
19					
20					
20					
19	22,4 - 24,4	19,9 - 21,4	15 - 25		
20					

21					
----	--	--	--	--	--

Скорочення витрат на теплоносій:

Ст

Середньорічний економічний ефект:

Ер

Середньорічний економічний ефект від впровадження технічних рішень по підвищенню ефективності роботи транспортно-вантажного комплексу агрофабрики ПРАТ «ММК ім. Ілліча» з вивантаження масової сировини у зимовий період склав 1,1 млн. грн.

4.6. Висновки до розділу 4

1. 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.

2. В процесі досліджень ідентифіковано основний традиційний режим з постійною температурою розморожування і максимальною витратою теплоносія. В результаті оцінки витрати теплоносія при підготовці сировини у вагонах до вивантаження розроблено модель його витрати (рівень збіжності 0,89 - 0,91).

3. На підставі оброблених експериментальних даних, було встановлено, що при розморожуванні сировини мають місце цілком певні періоди розморожування, що відображають скорочену витрату теплоносія при його регулюванні у порівнянні з традиційним режимом. Вони носять нерегулярний характер і раніше не враховувалися.

4. 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 оС, при тривалості до 12 годин процес здійснюється з урахуванням використання тепла акумульованого сировиною і поступовим зниженням температури до 50 - 60 оС, 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), що забезпечує економію теплоносія, збільшення пропускної здатності гаражів і фактичної переробної спроможності транспортно-вантажного комплексу.

5. 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 до вивантаження знизилася з 24 - 25 годин до 21 - 22 годин, а добова ПС ГР збільшилася до 320 вагонів.

На другому етапі розроблено перспективний метод на основі використання акумульованого тепла, впровадження потокової системи роботи та вдосконалення конструкції гаражів, який забезпечує збільшення ПС ТВК, зниження транспортних витрат і економію теплоносія.

Для вказаного методу запропонований спеціальний комплекс, що включає підготовчий парк, гаражі і парк пасивного розморожування. При цьому ГР мають бути прохідного типу, підготовчий парк повинен розташовуватися перед гаражами, а парк пасивного розморожування між гаражами і коліями постановки вагонів під вивантаження.

Вдосконалені метод і модель розрахунку ПС ГР, які дозволяють встановлювати кількість секцій відповідно до потрібної ПС ТВК. При чому місткість секції гаражів розморожування встановлюється кратній кількості вагонів, що перебувають у маршрутах з масовою сировиною.

6. 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 базовому підприємстві. На спосіб розморожування сировини у вагонах отримано патент України № 83469. Розроблені рішення рекомендовані до використання у практиці ТВК ПП.

7. 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 теплоносія на 4 - 5 %.

Отримані у четвертому розділі результати розробки методу і моделей підвищення ефективності роботи ТВК ПП опубліковано в роботах [40-43, 45, 46, 48-53, 128].

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 в 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 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 оС, при тривалості до 12 годин процес здійснюється з урахуванням використання тепла акумульованого сировиною і поступовим зниженням температури до 50 - 60 оС, 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), що 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 «Маріупольський металургійний комбінат ім. Ілліча». Розроблені рішення з підготовки змерзлої сировини у вагонах до вивантаження захищені патентом України і рекомендовані до використання у практиці ТВК ПП.

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 теплоносій на 4 – 5 %.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Адлер Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский. – М.:, Издательство «Наука», 1976. – 279 с.
2. Алешин Б. Г. Расширить применение ниогрина / Б. Г. Алешин, И. А. Тынтерев, А. И. Матанцев, В. Я. Медведева, Л. Н. Ткачева, П. Л. Ольков // Промышленный транспорт. – 1979. – №2. – С. 10-11.
3. Анисимов Г. И. Импульсные способы зачистки остатков смерзшихся грузов / Г. И. Анисимов // Промышленный транспорт. – 1988. – №2. – С. 22-25.
4. Антонов А. В. Системный анализ: учебн. для вузов / А. В. Антонов. – 2-е изд. – М.: Высш. шк., 2006. – 545 с.
5. Анурьев В. И. Справочник конструктора - машиностроителя / В. И. Анурьев. – М.: Машиностроение, 1979. – 557 с.
6. Батраков И. И. Перевозка смерзающих грузов / И. И. Батраков, Ю. А. Носков, В. Н. Харламов, В. А. Шкурин. – М.: Транспорт, 1988. – 208 с.
7. Бичуцкий Г. М. Еще раз об очистке вагонов с помощью электроимпульсной установки / Г. М. Бичуцкий // Промышленный транспорт. – 1982. – №2. – С. 8.
8. Бойко В. А. Анализ и структуризация процесса продвижения вагонопотоков, прибывающих на металлургическое предприятие / В. А. Бойко, Ю. В. Гусев // Вісник Приазовського державного технічного університету. – 2004. – №14. – С. 323-328.
9. Бойко В. А. Совершенствование системы управления транспортно-грузовыми комплексами металлургических предприятий на основе логистических принципов / В. А. Бойко, В. Э. Парунакян, Ю. В. Гусев // Журнал «Металл и литье Украины». – №7. – 2005. – С. 85-89.
10. Бойко В. А. Оценка эффективности использования станционных мощностей на промышленных предприятиях. / В. А. Бойко // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2008. – №15 (123). – С. 209-215.
11. Бойко В. А. Метод оценки перерабатывающей способности технических устройств грузовой станции с учетом динамики ее работы / В. А. Бойко, Ю. В. Гусев // Вісник Приазовського державного технічного університету. – 2009. – №19. – С. 261-266.
12. Бойко В. А. Применение метода морфологического анализа и синтеза при проектировании станций предприятий / В. А. Бойко // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2010. – №10. – С. 17-23.
13. Бойко В. А. Повышение эффективности работы грузовой станции металлургического комбината, принимающей массовое сырьё: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.12 / В. А. Бойко; ПГТУ. – Мариуполь, 2013. – 178 с.
14. Бородин А. Ф., Рациональное соотношение вместимости путей станций и вагонных парков с учетом увеличения доли частных вагонов / А. Ф. Бородин, В. А. Сотников // Железнодорожный транспорт. – 2011. – №3. – С. 8-19.
15. Бородин А. Ф. Эффективно использовать станционные мощности / А. Ф. Бородин // Железнодорожный транспорт. – 2006. – №9. – С. 41-49.
16. Брагин Б. Ф. Проблемы функционирования транспортно-складских комплексов предприятий в условиях неустойчивых производственно-экономических отношений / Б. Ф. Брагин, Г. И. Нечаев. – Луганск: Изд-во ВУГУ, 1998. – 39 с.
17. Бутрин А. Г. Теория и методология управления потоковыми процессами на промышленном предприятии: дис. ... докт. техн. наук: 08.00.05 / А. Г. Бутрин. – Челябинск, 2003. – 349 с.

18. Бурка А. Л. Теплообмен в газопроницаемом материале с теплоаккумулирующими свойствами / А. Л. Бурка, А. А. Емельянов, В. А. Синицын // Промышленная теплотехника. – 2008. т. 30, №3. – С. 11-15.
19. Вантажна станція промислового підприємства, що приймає масову сировину: пат. № 107627 Україна: МПК В61В 1/00 (2015.01) / В. Е. Парунакян, К. І. Сізова; Власник Державний вищий навчальний заклад «Приазовський державний технічний університет». № а 2013 12550; заявл. 28.10.2013; публ. 26.01.2015, Бюл. №2.
20. Вивантажувальний комплекс з вантажною залізничною станцією для приймання масової сировини: пат. № 107628 Україна: МПК В61В 1/00, В65G 67/24 (2006.01) / В. Е. Парунакян, В. О. Бойко, К. І. Сізова; Власник Державний вищий навчальний заклад «Приазовський державний технічний університет». № а 2013 12549; заявл. 28.10.2013; публ. 26.01.2015, Бюл. №2.
21. Виноградов В. К. Комбинированное воздействие на смерзшийся груз / В. К. Виноградов, Э. П. Северинова // Промышленный транспорт. – 1981. – №2. – С. 9-10.
22. Виноградов В. К. Бурифрезерный разгрузчик типа РБВ - 110 / В. К. Виноградов, В. И. Потапов // Промышленный транспорт. – 1988. – №3. – С. 19.
23. Веденяпин Г. В. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных / Г. В. Веденяпин – М.: Колос, 1983. – 196 с.
24. Вознесенский В. А. Статистические методы планирования эксперимента в технико – экономических исследованиях / В. А. Вознесенский. – М.: Статистика, 1974. – 192 с.
25. Вентцель А. Д. Курс теории случайных процессов / А. Д. Вентцель. – М., Наука, 1996. – 400 с.
26. Вентцель Е. С. Исследование операций. Задачи, принципы, методология: учеб. пособие для студ. вузов / Е. С. Вентцель. – М.: Высш. шк., 2007. – 208 с.
27. Вентцель Е. С. Теория случайных процессов и её инженерные приложения. – Учебное пособие для вузов / Е. С. Вентцель, Л. А. Овчаров. – М.: Высш. шк., 2007. – 479 с.
28. Вентцель Е. С. Теория вероятности и её инженерные приложения. Учебн. пособие для вузов / Е. С. Вентцель, Л. А. Овчаров – 4-е изд., стер М.: Высш. шк., 2007. – 491 с.
29. Гашенко И. В. Исследование влияния тепловых потерь и тепла, аккумулированного металлоконструкциями стенда, на развитие теплогидравлических процессов / И. В. Гашенко, В. Д. Кузнецов, И. И. Шмаль // Теплоэнергетика. - 2001. - №9. - С. 72 - 77.
30. Гонтовой В. Г. Оценка неравномерности прибытия поездопотока с внешней сети на сырьевую станцию металлургического комбината / В. Г. Гонтовой, В. Э. Парунакян // Вісник Приазовського державного технічного університету. – 1999. – №9. – С. 212-216.
31. Горбатов Л. В., Фролов А. Т. Инфракрасные излучатели для разогрева смерзшихся грузов / Л. В. Горбатов, А. Т. Фролов // Промышленный транспорт, 1987. – №9. – С. 24.
32. Грунтов П. С. Управление эксплуатационной работой и качеством перевозок на железнодорожном транспорте: Учебник для вузов / П. С. Грунтов, Ю. В. Дьяков, А. М. Макаровичкин. – М.: Транспорт, 1994. – 543 с.
33. Губенко В. К. Закономерности адаптационных процессов в транспортно-логистической системе / В. К. Губенко, И. В. Николаенко, А. В. Тараненко // Вісник Приазовського державного технічного університету. – 2006. – №16. – С. 198 - 203.
34. Губенко В. К. Адаптация транспорта металлопотоков к изменяющейся экономической среде / В. К. Губенко, И. В. Николаенко, А. В. Тараненко. – Донецк: Изд-во «Вебер» (Донецкое отделение). – 2009. – 236 с.
35. Гурін Ю. А. Забезпечення транспортабельності видобувної гірничої маси в умовах низьких температур: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.05.06 / Ю. А. Гурін. – Дніпропетровськ: НГАУ, 2000. – 19 с.
36. Гурин Ю. А. Предупреждение смерзания и примерзания горных пород при транспортировке / Ю. А. Гурин // Горн. информ. – аналит. бюл. – М.: МГТУ. – 2000. – №7. – С. 134 – 135.
37. 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». – Кривой Рог, 2003. – С. 72-73.
38. 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». – Мариуполь: ГВУЗ «ПГУ», 2005. – Т. 1. – С.212-213.
39. 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». – Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2006. – С. 162-163.

40. 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». – Мариуполь, 2007. – С. 97.

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

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

43. 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». – Запорожье, 2010. – С. 110-111.

44. 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.

45. 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». – Мариуполь, 2011. – С. 107-108.

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

47. 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.

48. 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.

49. 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». – Запорожье, 2015. – С. 66-67.

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

51. 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». – Мариуполь: ГВУЗ «ПГТУ», 2016. – Т. 2. – С.226-227.

52. 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». – Мариуполь: ДВНЗ «ПДТУ», 2016. – 113-114 с.

53. Дженчако В. Г. Повышение эффективности процесса переработки массового сырья на транспортно – грузовом комплексе промышленного предприятия в период отрицательных температур / В. Г. Дженчако // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: Сб. науч. Тр. – Воронеж, 2016. – Т. 3, №3 (6). – С. 208-214.
54. Дмитриев Г. Г. Новая технология разогрева смерзшихся грузов / Г. Г. Дмитриев, П. Т. Новиков, Л. П. Рыбакова, Б. И. Лысенко // Промышленный транспорт. – 1979. – №9. – С. 20.
55. Дмитриев Г. Г. О гаражах размораживания конструкции Ленгипромега / Г. Г. Дмитриев, П. Т. Новиков, Ю. С. Полубесов, Л. П. Дмитриева // Промышленный транспорт. – 1982. – №12. – С. 12-13.
56. Докукин А. В. Электрофизическая индукционная установка / А. В. Докукин, Б. В. Кольцов, А. П. Образцов, Н. Б. Миронова // Промышленный транспорт. – 1981. – №2. – С. 6-8.
57. Донов П. А. Установка для термомеханического рыхления смерзшихся грузов / П. А. Донов // Промышленный транспорт. – 1984. – №12. – С. 7.
58. Другаль С. А. Вибрационный штыревой рыхлитель / С. А. Другаль // Промышленный транспорт. – 1981. – №2. – С. 8-9.
59. Дубровин Б. С. Вибрационный рыхлитель смерзшихся грузов на платформах / Б. С. Дубровин, С. А. Другаль, Ю. И. Щекотков // Промышленный транспорт, 1987. – №7. – С. 30-31.
60. Дюк В. Data mining / В. Дюк, А. Самойленко. – СПб: Питер, 2001. – 368 С.
61. Иванов В. М. Профилактические средства для предотвращения смерзания углей / В. М. Иванов // Промышленный транспорт. – 1982. – №2. – С. 9-10.
62. Иванов В. М. Предотвращение примерзания угля к стенкам полувагонов / В. М. Иванов, Л. Л. Хотунцев, Е. И. Казаков // Промышленный транспорт. – 1986. – №8. – С. 6-7.
63. Колесник В. В. Математическое моделирование и расчет процесса радиационного нагрева смерзшихся грузов / В. В. Колесник, В. Н. Орлик, В. С. Пикашов, Л. Н. Троценко., В. П. Бунь // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2006. – №1. – С. 70-74.
64. Коноп-Ляшко В. И. Основы научных исследований и планирования эксперимента / В. И. Коноп-Ляшко. – Мариуполь, 1998. – 87 с.
65. Котенко А. Н. Грузовая станция, как система массового обслуживания / А. Н. Котенко, А. В. Десятченко // Сборник научных трудов. – Харьков, ХарДАЗТ. – 2001. – №47. – С. 83-92.
66. Котенко А. М. Математичні і економіко-математичні моделі технологічних ліній на вантажних станціях / А. М. Котенко. – Харків: ХарДАЗТ, 2001. – 107 с.
67. Котиков Ю. Г. Транспортная энергетика / Ю. Г. Котиков, В. Н. Ложкин. – М: Издательский центр «Академия», 2006. – 272 с.
68. Кузнецов П. Я. Увеличение механического воздействия импульсного электромагнитного поля / П. Я. Кузнецов, А. Ф. Гаврилов // Электрические станции. – 1976. – №8. – С. 19-20.
69. Кузнецов П. Я. Импульсное электромагнитное поле разрушает примерзший слой / П. Я. Кузнецов, Г. А. Кашин // Промышленный транспорт. – 1977. – №2. – С. 8.
70. Кузнецов П. Я. Размораживающее устройство проходного типа / П. Я. Кузнецов // Промышленный транспорт. – 1986. – №2. – С. 20.
71. Курзенев В. Н. Комплексы профилактики примерзания и смерзания угля / В. Н. Курзенев, В. Я. Медведева, Л. Н. Ткачева // Промышленный транспорт. – 1988. – №3. – С. 18-19.
72. Куцел А. С. Способы восстановления сыпучести грузов и механизация очистки вагонов / А. С. Куцел, А. Н. Приймак. – Днепропетровск.: Промінь, 1975. – 193 с.
73. Левин И. А. Электроимпульсная установка очищает вагоны / И. А. Левин, Е. И. Барон // Промышленный транспорт. – 1981. – №12. – С. 8-9.
74. Лепнев М. И. Грузы и мороз / М. И. Лепнев, Э. П. Северинова. – М.: Транспорт, 1988. – 143 с.
75. Лиштван И. И. Магнитно – импульсный способ восстановления сыпучести смерзшегося после транспортирования торфа / И. И. Лиштван // Торфяная промышленность. – 1984, №3, С. 8-11.

76. Логвиненко Е. А. Промышленные испытания виброразгрузчика смерзшихся материалов / Е. А. Логвиненко, В. Б. Силич – Балгабаева // Научный вестник НГУ – 2001. – №1. – С. 38-41.
77. Лукьянов В. А. Методика оптимизации взаимодействия промышленного транспорта и основных производств предприятий черной металлургии: дисс. канд. техн. наук: 05.22.01 / В. А. Лукьянов. – Санкт-Петербург, 2003. – 154 с.
78. Ляшенко Н. Е. Анализ экономической эффективности работы комбинированной гелиогрунтовой аккумуляционной теплонасосной системы теплоснабжения / Н. Е. Ляшенко, А. А. Рутенко, А. Н. Недбайло // Промышленная теплотехника. – 2011. – т. 33, №4. – С. 82-86.
79. Маслак А. В. Повышение эффективности взаимодействия производства и транспорта при отгрузке готовой продукции металлургических предприятий: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.12 / А. В. Маслак. – Мариуполь, 2009. – 162 с.
80. Маталасов С. Ф. Борьба со смерзаемостью металлургического сырья при перевозке по железным дорогам / С. Ф. Маталасов, Я. М. Куртуков, А. С. Хоружий, В. С. Лапин, Ю. И. Могилевский, В. Н. Расстригин. – М.: Металлургия, 1974. – 248 с.
81. Медведева В. Я. Комплексные исследования ниогрина и северина / В. Я. Медведева, Л. Н. Ткачева, А. М. Маркина // Промышленный транспорт. – 1983. – №11. – С. 5-6.
82. Минеев С. П. Вибротехнология эффективной разгрузки слежавшегося или смерзшегося факринита, известняка и другого сырья из ж.д. полувагонов / С. П. Минеев, В. А. Лидан // Сб. научных докладов научно – технической конференции. – Николаев: ОАО НГЗ, 2000. – С. 151 – 155.
83. Минеев С. П. К вопросу виброрыхления агрегированного углепородного материала в зимнее время / С. П. Минеев, А. Л. Сахненко, С. А. Обухов // Геотехнічна механіка. – Дніпропетровськ. – 2002. – №30 – С. 142 – 149.
84. Минеев С. П. Об эффективности разрыхления агрегированного сыпучего груза из полувагонов в зимнее время / С. П. Минеев, А. Л. Сахненко, С. А. Обухов // Сб. научн. трудов НГУ №17. – Т. 2. – Днепропетровск: РИК НГУ, 2003. – С. 176 – 182.
85. Минеев С. П. Виброустановка для разгрузки смерзшихся сыпучих материалов из железнодорожных полувагонов / С. П. Минеев, А. Л. Сахненко, С. А. Обухов // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2004. – №3. – С. 86 – 88.
86. Минеев С. П. Методы эффективной виброразгрузки смерзшихся сыпучих материалов из железнодорожных полувагонов в зимнее время / С. П. Минеев, М. А. Выгодин, А. Л. Сахненко // Доповіді міжнар. Науково – техн. Конф. «Сталий розвиток гірнично – металургійної промисловості». – Кривий Ріг, 2004. – С. 89-90.
87. Минеев С. П. Вибрационное и волновое рыхление агрегированной сыпучей горной массы / С. П. Минеев, А. Л. Сахненко, С. А. Обухов. – Днепропетровск, 2005. – 212 с.
88. Минаков П. А. Взаимодействие технологических линий в парке приёма сортировочной станции / П. А. Минаков // Железнодорожный транспорт. – 2012. – №9. – С. 23-25.
89. Михайлов Н. М. Комбинированный способ разогрева смерзшегося угля / Н. М. Михайлов, П. Я. Кузнецов // Промышленный транспорт. – 1972. – №9. – С. 14-15.
90. Морозов Э. Н. Эффективный вибратор / Э. Н. Морозов, Ю. М. Ястребова, И. В. Кисилев // Промышленный транспорт. – 1987. – №5. – С. 15.
91. Налимов В. В. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов. / В. В. Налимов, Н. А. Чернова. – М.: Наука, 1985. – 340 с.
92. Наумов С. С. Углеразмораживающий гараж / С. С. Наумов, Г. Г. Журавин // Промышленный транспорт. – 1974. – №2. – С. 12-13.
93. Нечаев Г. И. Технология и организация работы транспортно-складских систем / Г. И. Нечаев. – Луганск: Изд-во ВУГУ, 1999. – 230 с.
94. Нечаев Г. И. Развитие теории и повышение эффективности функционирования транспортно-складских систем: дис. ... доктора техн. наук: 05.22.12 / Г. И. Нечаев. – Луганск, 2000. – 380 с.
95. Новиков П. Т. Повышение производительности рудоразмораживающего гаража / П. Т. Новиков, А. Т. Фролов, Д. И. Вычеров, В. Т. Сальников // Промышленный транспорт, 1985. – №8. – С. 8-9.
96. Отчёт о научно-исследовательской работе «Исследование, разработка и внедрение рекомендаций по повышению эффективности работы железнодорожного транспорта комбината по приёму, переработке и отправлению вагонов с массовыми грузами» (хоздоговор №3865 – 15/03 от 21.08.2003), № государственной

регистрации 0106U 003728. – Мариуполь, 2006. – 59 с.

97. Парунакян В. Э. Исследование процесса обработки вагонопотока с сырьем грузовой станции металлургического завода в переходные периоды / В. Э. Парунакян, Ю. В. Гусев, В. Г. Гонтовой // Вісник Приазовського державного технічного університету. – 2001. – №11 – С. 285-289.

98. 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.

99. 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.

100. 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.

101. 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.

102. 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.

103. Парунакян В. Э. Моделирование процесса переработки грузопотока в модулях логистической цепи / В. Э. Парунакян // Вісник Приазовського державного технічного університету. – 2005. – №15. – С. 183-185.

104. Парунакян В. Э. Концепция повышения эффективности управления вагонопотоками на предприятии / В. Э. Парунакян, В. А. Бойко, Ю. В. Гусев // Вісник Приазовського державного технічного університету. – 2005. – №15. – С. 264-267.

105. Парунакян В. Э. Повышение эффективности транспортного обслуживания аглофабрики металлургического комбината / В. Э. Парунакян, М. Ю. Онищенко // Вісник Приазовського державного технічного університету. – 2006. – №16. – С. 227-232.

106. Парунакян В. Э. Методика оценки перерабатывающей мощности грузовой железнодорожной станции промышленного предприятия. Часть 1 / В. Э. Парунакян, В. А. Бойко // Вісник Приазовського державного технічного університету. – 2007. – №17. – С. 193-197.

107. Парунакян В. Э. Методика оценки перерабатывающей мощности грузовой железнодорожной станции промышленного предприятия. Часть 2 / В. Э. Парунакян, В. А. Бойко // Вісник Приазовського державного технічного університету. – 2008. – №18. – С. 214-230.

108. Парунакян В. Э. Основные принципы формирования логистической системы производственно-транспортного комплекса промышленных предприятий / В. Э. Парунакян // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2010. – №10. – С. 159-173.

109. Парунакян В. Э. Моделирование процесса переработки вагонопотока грузовой станции с учётом воздействия динамических факторов / В. Э. Парунакян, В. А. Бойко // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2011. – №12 (166), Ч.1. – С. 174-185.

110. Парунакян В. Э. Моделирование процесса приема и выгрузки массового сырья в транспортно-грузовом комплексе аглофабрики с учетом его динамики / В. Э. Парунакян, Е. И. Сизова // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2013. – №9 (198). – С. 114-119.

111. Подрядчиков М. С. Новые подходы к проектированию припортовых станций / М. С. Подрядчиков, М. С. Примаков, В. В. Панова, А. Н. Иванков // Железнодорожный транспорт. – 2006. – №1. – С. 29-31.

112. Попов А. Т. Оптимизация взаимодействия технологического железнодорожного транспорта и производства (на примере металлургического комбината): дисс. ... кандидата техн. наук: 05.22.12 / А. Т. Попов. – М., 1994. – 235 с.

113. Потапов В. И. Автоматизация процесса разогрева смерзшихся грузов / Потапов В. И. // Промышленный транспорт. – 1976. – №12. – С. 10.

114. Привалов В. И. Проблема смерзаемости насыпных грузов / В. И. Привалов, В. Н. Харламов, Э. П. Северинова, Т. Н. Карпухина // Промышленный транспорт. – 1988. – №2. – С. 18-21.

115. Растригин В. Н. Совершенствование работы гаражей по размораживанию грузов ЦНИИИиТЭИЧМ / В. Н. Растригин, Д. В. Шатилов. – М.: Черметинформация, Серия 15 Внутривозовской и карьерный транспорт, 1987. – 11 с.

116. Рудник М. И. «Модификаторы льда» против смерзаемости сыпучих грузов / М. И. Рудник, В. Е. Кашин // Промышленный транспорт. – 1984. – №1. – С. 10-11.

117. Рудник М. И. Против смерзания железорудного сырья / М. И. Рудник // Промышленный транспорт. – 1988. – №2. – С. 25-27.

118. Сахненко А. Л. О применении способов восстановления сыпучести смерзшихся грузов при их транспортировании / А. Л. Сахненко // Геотехнічна механіка. – Дніпропетровськ. – 2003. – №46 – С. 168-173.

119. Северинова Э. П. Восстановление сыпучести смерзшихся концентратов руд цветных металлов / Э. П. Северинова, Н. В. Игнатова // Промышленный транспорт. – 1977. – №2. – С. 9-10.

120. Северинова Э. П. О выборе веществ, препятствующих смерзанию насыпных грузов / Э. П. Северинова // Промышленный транспорт. – 1988. – №7. – С. 13.

121. Симченко М. В. Малопарафинистая нефть – профилактическое средство / М. В. Симченко, Н. М. Сулима // Промышленный транспорт. – 1983. – №11. – С. 10-12.

122. Сизова Е. И. Исследование трансформации параметров материального потока в логистической цепи материалодвижения транспортно-грузовых комплексов предприятий / Е. И. Сизова // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2011. – №14 (168), Ч.1. – С. 144-149.

123. Сизова Е. И. Оптимизация управления процессами материалодвижения в логистических транспортно-грузовых комплексах предприятий / Е.И. Сизова // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2012. – №4 (175). – С. 255-259.

124. Сизова Е. И. Исследование закономерностей процесса и разработка метода управления функционированием технологической линии по приёму массового сырья в условиях динамики входящего поездопотока / Е.И. Сизова // Вісник Приазовського державного технічного університету. – 2014. – №29. – С. 230-237.

125. Сизова Е. И. Повышение эффективности работы транспортно-грузового комплекса аглофабрики металлургического комбината по выгрузке массового сырья: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.01 / Е. И. Сизова. – Киев, 2015. – 174 с.

126. Смехов А. А. Математические модели процессов грузовой работы / А. А. Смехов. – М.: Транспорт, 1982. – 256 с.

127. Смехов В. А. Железнодорожная логистика на крупном металлургическом предприятии / В. А. Смехов // Вестник «Металлургтранса». – 2007. – №1 – С. 32-35.

128. Спосіб розморожування сировини в залізничних вагонах: пат. № 83469 Україна: МПК В65G 69/20 (2008.01), В65G 67/24 (2008.01) / В. Е. Парунакян, С. О. Чулай, Ю. В. Гусев, С. М. Грешин, 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.

129. Таха Хемди А. Введение в исследование операций / А. Таха Хемди. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2005. – 912 с.

130. Ткаченко И. Ф. Многоцелевая оптимизация технологии термического упрочнения проката высокопрочных свариваемых сталей с использованием компьютерной технологии «Data mining» / И. Ф. Ткаченко // Вісник Приазовського державного технічного університету. – 2004. – №14. – С. 111-117.

132. Ткаченко И. Ф. Гарантированное повышение прочностных свойств микролегированных бористых сталей за счет оптимизации их химического состава и технологии термообработки / И. Ф. Ткаченко // Вісник Приазовського державного технічного університету. – 2005. – №15. – С. 68-73.

133. Ткаченко И. Ф. Влияние химических элементов на прочностные свойства стали типа 14ГНМДФТР / И. Ф. Ткаченко, Ф. С. Пинько, Н. А. Близнюк // Вісник Приазовського державного технічного університету. – 2006. – №16. – С. 89-94.

134. Ткаченко И. Ф. Развитие научных и методологических основ прогнозирования и оптимизации составов и технологий термического упрочнения комплексно-легированных сталей: дис. ... докт. техн. наук: 05.16.01 / И. Ф. Ткаченко. – Мариуполь, 2007. – 556 с.

135. Ткаченко І. Ф. Вплив параметрів технології контрольованої прокатки на міцнісні властивості листового прокату будівельних сталей / І. Ф. Ткаченко, Д.В. Візенков // Вісник Приазовського державного технічного університету. – 2009. – №19. – С. 113-116.

136. Трофимов С. В. Научно-методические основы функционирования и развития промышленных транспортных систем: дис. ... доктора техн. наук: 05.22.01 / С. В. Трофимов. – Москва, 2004. – 245 с.
137. Тугай Г. А. Функциональное описание работы грузовой станции с крупными разгрузочными комплексами / Г. А. Тугай, В. А. Бойко, М. В. Помазков // Вісник Приазовського державного технічного університету. – 2004. – №14. – С. 328-332.
138. Турпак С. М. Імітаційна модель роботи транспорту металургійного підприємства у зимовий період / С. М. Турпак, О. Ф. Кузькін, С. В. Грицай // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. – 2009. – №1. – С. 91-93.
139. Турпак С. М. Імітаційне моделювання вхідних вагонопотоків під'їзної колії промислового підприємства / С. М. Турпак // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2013. – №5. – С. 75-80.
140. Турпак С. М. Оптимізація транспортно-технологічних процесів при змерзанні вантажів / С. М. Турпак // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2014. – №3. – С. 262-268.
141. Турпак С. М. Методи та моделі управління вагонопотоками на металургійних підприємствах: монографія / С. М. Турпак. – Херсон: Грінь Д. С., 2014. – 146 с.
142. Турпак С. М. Логістичні системи управління залізничним транспортом металургійних підприємств: монографія / С. М. Турпак. – Херсон: Грінь Д. С., 2015. – 264 с.
143. Турпак С. М. Удосконалення методу імітаційного моделювання вхідних вагонопотоків металургійних підприємств / С. М. Турпак // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2015. – №1. – С. 51-56.
144. Харламов В. Н. Способы и средства борьбы со смерзаемостью грузов / В. Н. Харламов, М. Н. Заикин // Промышленный транспорт. – 1980. – №3. – С. 4-5.
145. Харламов В. Н. Эффективные установки для выгрузки смерзшихся грузов / В. Н. Харламов, В. И. Крысанов // Промышленный транспорт. – 1981. – №2. – С. 5.
146. Харламов В. Н. Особенности и эффективность методов борьбы со смерзаемостью глин / В. Н. Харламов // Промышленный транспорт. – 1983. – №7. – С. 4-7.
147. Хечуев Ю. Д. Реактивные установки для очистки транспортных средств и размораживания смерзшихся грузов на горных, металлургических и транспортных предприятиях / Ю. Д. Хечуев // Металлург. – 2008. – №2. – С. 42-45.
148. Шарапов В. В. Против примерзания насыпных грузов / В. В. Шарапов // Промышленный транспорт. – 1982. – №2. – С. 10-11.
149. Шарапов В. В. Для разрушения примерзшего слоя руды в вагоне / В. В. Шарапов, Я. М. Кримгольд // Промышленный транспорт. – 1983. – №2. – С. 17.
150. Шарапов В. В. Опыт перегрузки смерзшихся углей в Ждановском порту / В. В. Шарапов, А. С. Шашкин, О. Т. Велькин // Промышленный транспорт. – 1984. – №12. – С. 6-7.
151. Шарапов В. В. Перегрузка смерзшегося угля / В. В. Шарапов, Я. М. Кримгольд // Промышленный транспорт. – 1986. – №3. – С. 15-16.
152. Ялох-Кох Х. Исследование способов размораживания и предупреждения смерзаемости сыпучих грузов в ПНР / Х. Ялох-Кох // Промышленный транспорт. – 1980. – №2. – С.23-26.
153. Landau D. A Guide to Monte Carlo Simulations in Statistical in Physics./ D. Landau., R. F. Binder. – Cambridge Univ. Press, 2000. 384 p.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А. Результати дослідження процесу вивантаження масової сировини на транспортно-вантажному комплексі промислового підприємства

Таблиця А.1 – Статистичні характеристики транспортного процесу (навантаження, транспортування і підготовка змерзлої сировини до вивантаження)

Порядковий номер маршруту	Кількість досліджених вагонів з маршруту	Температура навколишнього середовища				Тривалість			Простій в очікуванні		
		у пункті відправлення, оС	при транспортуванні, оС	у пункті прибуття, оС	при постановці у гараж, оС	навантаження маршруту сировини, год.	транспортування маршруту сировини, год.	обміну груп вагонів у секції гаража, год.	відправлення маршруту сировини, год.	постановки вагонів у секцію гаража, год.	обміну вагонів у секції гаража, год.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	44	-16	-19	-20	-21	11,1	27,7	1,6	5,7	21,8	0
2	44	-16	-18	-20	-20	4,5	23,2	1,4	11,3	20,7	0
3	44	-20	-17	-15	-13	6,1	25,8	1,7	6,9	1,2	1,1
4	44	-23	-19	-20	-19	8,9	22,2	1,6	9,2	25,7	2,9
5	63	-20	-20	-20	-21	5,8	89	1,3	0,5	49,1	0
6	65	-25	-22	-20	-20	4,1	22,9	1,4	10,8	23,2	0
7	44	-25	-23	-20	-21	4,7	27,5	1,5	6,7	0	3,3
8	44	-25	-21	-18	-18	6,2	24,2	1,3	7,8	4,3	3,6
9	22	-21	-20	-20	-19	5,9	39,4	1,3	1,4	1,1	3,5
10	44	-14	-6	0	0	11,1	27,8	1,4	6,8	2,2	2,9
11	44	-12	-5	-2	-4	7,5	20,8	1,7	2,5	2,9	0
12	44	-30	-24	-20	-20	5,6	35,5	1,3	1,2	0	0,8
13	44	-5	-3	-2	-2	4,9	28,6	1,4	7,4	0	3,3
14	44	-23	-21	-20	-19	12	41,1	1,5	10,1	3,6	0,4
15	44	-9	-7	-2	-2	3,9	21,9	1,4	10,9	2,2	0
16	44	-5	-4	0	0	7,7	24,9	1,4	1,5	1,4	0
17	22	-12	-7	-2	-2	5,4	23,8	1,5	1,3	2,5	0,9
18	44	-13	-7	-2	-2	5,4	23,8	1,3	1,3	1,7	0,8
19	44	-25	-22	-20	-20	6,3	87,1	1,4	6,8	39,1	0,9
20	66	-22	-18	-16	-17	5,9	23	1,5	2,3	1,3	0,3
21	22	-19	-19	-20	-20	6,8	25,1	1,3	3,4	3,2	0
22	44	-24	-18	-20	-22	6,8	25,1	1,4	3,4	0	0,4

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
23	44	-11	-16	-20	-20	6,3	25,5	1,7	11,3	21,2	0,4
24	44	-17	-18	-20	-20	6,8	26,1	1,6	2,8	10,3	1,9
25	65	-20	-18	-15	-16	5,1	23,8	1,3	1,1	0	1,5
26	64	-15	-13	-12	-12	6,2	25,3	1,4	2,7	0	0
27	44	-17	-15	-12	-12	6,3	23,8	1,5	1,3	1,1	0,4
28	44	-8	-8	-10	-9	3,8	24,3	1,3	0,7	27,3	2,1
29	44	-11	-11	-12	-13	6,2	24,2	1,3	1,6	1,4	2,2
30	62	-11	-12	-13	-12	6,3	24,5	1,4	2,3	2,3	2,5
31	44	-11	-11	-13	-12	5,8	23,7	1,7	1,1	0,7	0,4
32	22	-8	-9	-11	-11	5,1	25,3	1,6	2,8	16,8	1,3
33	44	-8	-9	-11	-11	5,1	25,3	1,3	2,8	2,3	0
34	44	-8	-8	-9	-10	6,4	24,4	1,4	4,1	47,2	0,3
35	44	-9	-7	-9	-8	6,5	24,8	1,5	1,3	0	0
36	44	-9	-8	-8	-9	6,5	24,8	1,3	10,3	0,7	0,5
37	65	-9	-8	-10	-9	6,5	24,8	1,5	1,8	2,9	0,5
38	43	-8	-8	-9	-11	6,3	24,8	1,4	1,7	0	0,9
39	44	-16	-12	-9	-12	6,3	25,1	1,7	2,4	10,3	0,5
40	44	-4	-6	-8	-8	6,2	23,8	1,6	1,3	25	0,9
41	44	-8	-8	-9	-9	7,7	25,5	1,4	1,1	0,8	0,6
42	22	-7	-5	-2	-2	6,3	25,4	1,7	0,6	1	0,6
43	22	-8	-7	-6	-5	5,6	23,8	1,6	3,4	0	0,1
44	44	-8	-7	-6	-6	5,6	23,8	1,3	3,4	3,2	0,6
45	44	-8	-7	-6	-6	6,5	24,8	1,4	1,1	2,8	0,6
46	44	-13	-9	-6	-6	5,8	79,9	1,5	10,3	19,1	1,1
47	44	-4	-6	-8	-8	6,6	87,4	1,3	1,2	1,8	0,9
48	44	-4	-6	-8	-8	6,6	86,2	1,5	0,9	0	0,9
49	43	-2	-2	-3	-3	5,8	25,3	1,4	1,3	1,7	0,9
50	22	-1	-5	-2	-3	6,3	23,6	1,7	2,3	0	1
51	44	-2	-2	-2	-2	6,3	23,6	1,6	2,3	1,8	0,6
52	44	-2	-2	-2	-3	5,9	25,3	1,4	10,3	41,3	1
53	45	-7	-2	0	0	6,3	83,2	1,3	10,5	2,5	1

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
54	44	-6	-2	0	0	5,9	83,1	1,3	1,3	0	0,6
55	44	-26	-4	0	0	5,8	86,7	1,4	1,8	0,3	1
56	44	-2	0	0	0	6,7	59,6	1,5	9,6	2,1	4
57	44	-2	0	0	0	5,5	60,3	1,3	1,8	0	1,2
58	64	0	0	-2	-2	6,1	26,8	1,4	10,3	2,5	0,6
59	44	0	-3	0	0	6,1	22,8	1,5	1,3	1,2	1,3
60	63	0	-1	0	0	6,4	24,8	1,3	2,1	5,2	1,3
61	44	-14	-3	0	0	6,7	78,2	1,5	6,3	1,6	1,1
62	22	-14	-3	0	0	6,7	58,5	1,4	6,3	0	1,3
63	62	0	0	-2	-1	6,4	79,3	1,7	1,2	0,9	0
64	44	0	-2	0	-1	5,8	25,4	1,6	0,9	1,3	0
65	44	0	-2	-1	0	5,8	25,4	1,3	0,9	0	1,5
66	65	0	-1	0	0	6,2	24,8	1,4	1,9	9,3	0,1
67	22	0	-1	0	0	6,2	24,8	1,7	1,9	1,2	1,6
68	22	-11	-3	0	0	5,9	23,1	1,6	1,6	0,7	1,7
69	44	-4	-2	-1	-1	6,2	22,6	1,3	2,8	13,7	1,5
70	22	-15	-9	-1	-1	5,3	88,2	1,3	1,1	0	0,6
71	22	-4	-2	-1	-1	6,6	22,5	1,4	10,5	4,7	1,6
72	44	-4	-2	-1	-1	5,2	22,3	1,5	2,6	4,3	0,1
73	44	-16	-9	-1	-1	5,7	58,6	1,3	2,4	2,1	2,3
74	22	-11	-7	-2	-2	6,3	22,4	1,4	2,3	43,1	1,8
75	22	-11	-7	-2	-3	6,3	23,3	1,7	2,5	0,3	0,6
76	22	-21	-10	-2	-2	6,3	23,2	1,6	9,9	0,2	0,6
77	44	-4	-17	-1	-2	5,8	23,6	1,3	10,2	0,2	1,9
78	64	-4	-2	-1	-3	5,8	23,6	1,4	2,6	1,5	2
79	44	-4	-2	-1	-2	5,6	23,2	1,5	2,1	0,3	1,8
80	44	-11	-6	-4	-3	6,2	23,2	1,3	1,8	46,9	2,1
81	22	-13	-7	-4	-4	5,5	59,5	1,5	2,2	3,2	1,9
82	44	-11	-6	-4	-4	5,6	24,7	1,4	2,3	0,1	1,7
83	44	-12	-7	-4	-4	5,8	86,3	1,4	1,5	0	1,5
84	44	-8	-6	-4	-4	5,7	24,3	1,7	1,5	0	0,1

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
85	44	-8	-6	-4	-4	5,7	24,8	1,6	0,7	29,3	0,2
86	44	-5	-3	-3	-4	5,8	23,1	1,3	2,1	32,3	3,6
87	44	-8	-6	-4	-4	5,5	24,9	1,4	1,1	0,3	1,1
88	44	0	-1	-4	-4	5,5	21	1,5	7,3	1,3	2,6
89	44	-5	-4	-2	-3	6,4	24,7	1,3	10,3	8,2	1,1
90	44	0	-2	-4	-2	5,8	22,8	1,5	11,4	37,9	2,7
91	44	-13	0	0	0	5,3	86,2	1,4	1,8	4,6	2,5
92	22	0	-2	-2	-2	4,9	27,7	1,7	5,3	2,5	2,6
93	44	-12	-5	-2	-3	9,7	38,3	1,6	7	0,8	2,7
94	44	-13	-16	-20	-20	8,7	79,5	1,3	1,5	27,9	0,5
95	44	0	-4	-5	-5	5,5	37,3	1,4	11,5	5,1	3,3
96	22	-1	-4	-5	-5	5,5	34,3	1,7	7,5	3,9	2,2
97	21	-10	-7	-17	-18	9,5	68,2	1,6	4,8	0,3	3,3
98	22	0	-3	-18	-20	7,8	59,7	1,3	1,2	23,9	3,5
99	22	-9	-7	-5	-8	9,1	61,2	1,7	8,9	11,3	2
100	22	-2	-5	-15	-17	7,2	57,3	1,6	0,8	3,2	0,9
101	22	-7	-8	-5	-6	8,3	60,1	1,6	1,8	0,9	1,7
102	21	-17	-15	-12	-14	7,1	54,3	1,3	2,3	47,3	0,7
103	22	-6	-11	-12	-16	8,3	68,1	1,4	11,1	9,1	3,7
104	22	-9	-12	-15	-15	10,9	35,6	1,7	8,1	0,2	2,4
105	22	-12	-9	-8	-8	11,1	43,6	1,6	6,3	1,6	0,1
106	57	-10	-11	-10	-10	11	28,8	1,3	11,3	32,3	1,1
107	50	-20	-1	-19	-20	11,2	33,4	1,7	4,3	17,3	0,7
108	52	-20	-14	-10	-9	10,8	36,7	1,6	6,4	12,8	1,1
109	58	-12	-13	-10	-12	4	29,3	1,3	3,9	0,2	1,1
110	57	-12	-12	-10	-12	6,3	28,3	1,4	1,8	7,8	0,7
111	50	-15	-15	-9	-11	6,5	57,1	1,7	6,7	0,9	0,7
112	36	-23	-24	-20	-19	8,1	82,1	1,7	6,5	6,6	1,1
113	22	-21	-22	-20	-17	8,3	80,3	1,6	8,3	0,2	0,8
114	56	-16	-18	-20	-20	10,7	79,4	1,3	11,1	50	1,1

Таблиця А.2 – Статистичні характеристики стану змерзлої сировини, процесу розморожування сировини і її фізико-механічних властивостей (середні значення)

Порядковий номер маршруту	Вологість, %	Гранулометричний склад, мм	Насипна маса, т/м ³	Тривалість розморожування групи вагонів з сировиною, год.	Тривалість підйому температури у секції до 100 оС, год.	Температура розморожування сировини, оС	Витрата теплоносія на розморожування групи вагонів з сировиною,	Стан змерзлої сировини перед розморожуванням,	Стан змерзлої сировини у процесі розморожування,	Маса залишків сировини у вагоні після вивантаження, кг
---------------------------	--------------	----------------------------	--------------------------------	---	---	---	---	---	--	--

							м3/год.	см	см	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	10	0,08	3,06	8	2,1	90	1270	10,3	33,2	100
2	8,9	0,17	3,04	17	2	103	1320	11,2	36,3	150
3	10,9	0,11	3,08	15	2,2	93	1430	4,1	28,3	190
4	10,8	0,08	3,09	9	2	100	1410	10,4	33,2	180
5	8	0,15	3,05	6	1,9	68	1420	10,5	39,1	20
6	10,2	0,23	3,06	7	1,8	69	1330	2,4	22,8	120
7	10,6	0,08	3,07	17	1,8	70	1370	2,8	15,3	160
8	10	0,18	3,07	9	2	90	1380	10,1	15,1	100
9	10,7	0,07	3,02	21	2	105	1390	0,9	17,8	170
10	14	0,08	3,02	6	1,7	70	1400	11,9	36,5	100
11	10,5	0,17	3,02	6	1,7	77	1410	18,1	35,2	150
12	11	0,07	3,02	14	2	95	1420	4,5	32,1	200
13	10,2	0,09	3,02	6	1,7	77	1430	17,9	36,7	120
14	9,2	0,19	3,05	17	2	80	1230	10,1	25,3	100
15	10,7	0,21	3,06	6	2	77	1250	17,8	36,2	170
16	10,5	0,15	3,07	1	1,8	70	1440	11,2	59,2	150
17	10,6	0,09	3,07	10	1,7	83	1140	8,6	31,3	160
18	10,7	0,27	3,02	10	1,7	85	1220	8,7	35,3	170
19	8,4	0,07	3,02	6	1,7	70	1250	4,8	27,5	20
20	10,2	0,09	3,02	8	2	100	930	12,5	26,3	120
21	8,7	0,13	3,08	8	2,3	105	870	12,4	24,3	160
22	10,7	0,18	3,08	18	2	103	890	2,3	26,7	160
23	10,7	0,27	3,08	17	2,1	103	910	2,9	35,7	170

Продовження таблиці А.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
24	10,7	0,19	3,01	8	1,7	102	930	12,3	25,3	170
25	8,4	0,1	3,02	13	1,8	98	950	5,7	32,9	160
26	10,2	0,29	3,02	11	2	100	1370	1,2	19,1	120
27	11	0,3	3,05	12	2,2	91	1410	6,5	13,2	210
28	11,1	0,1	3,06	8	2	92	910	11,9	24,1	100
29	10,2	0,17	3,07	10	2,1	93	720	9,1	18,2	100
30	10,1	0,1	3,07	9	2,3	95	1230	11,3	23,1	100
31	10,8	0,25	3,02	11	1,8	99	1140	7,6	39,4	108
32	10,7	0,11	3,02	9	1,8	100	1070	10,9	42,1	110
33	10,8	0,26	3,02	10	2	100	1260	8,8	18,2	110
34	11,1	0,13	3,09	8	1,8	105	980	6,2	23,9	230
35	11,1	0,08	3,09	17	2	105	1370	2,8	25,1	230
36	11,1	0,11	3,05	16	2,1	105	1280	3,1	27,8	230
37	10,7	0,23	3,06	10	2,3	103	1180	8,7	16,9	170
38	10,2	0,11	3,07	10	2,2	92	1430	9,2	17,8	120
39	10,7	0,26	3,07	9	2	96	1400	10,8	20,7	170
40	12,2	0,19	3,02	10	2,3	97	1390	9,3	27,3	180
41	11,4	0,12	3,02	9	2,2	102	1300	8,1	21,8	240
42	10,3	0,12	3,02	2	2,3	100	1280	52,3	57,1	130
43	10,2	0,08	3,09	12	2,1	98	1380	5,6	23,3	120
44	13,3	0,09	3,09	12	2	95	1390	6,7	29,1	100
45	10,1	0,08	3,05	10	1,9	80	1430	8,9	27,3	110
46	11,1	0,12	3,06	10	2	103	1400	9,1	36,4	240
47	12,3	0,15	3,07	6	2,3	77	1390	15,3	43,3	70
48	13,2	0,12	3,03	6	1,9	80	1300	14,9	30,1	80
49	11,5	0,17	3,06	7	2	82	1280	15,4	44,1	50
50	10,5	0,12	3,07	3	1,8	73	860	37,2	43,9	150
51	10,5	0,13	3,03	3	1,9	72	860	21,9	29,2	150
52	10,7	0,28	3,03	3	1,7	75	890	23,8	21,3	170
53	10,8	0,19	3,07	2	2	88	620	21,2	58,6	180
54	9,2	0,13	3,02	4	1,7	75	1320	12,3	23,7	180

Продовження таблиці А.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
55	8,3	0,22	3,02	4	2,3	77	1320	20,1	59,4	20
56	11,2	0,09	3,02	4	1,7	80	1380	8,1	34,9	220
57	11,15	0,28	3,09	4	2,1	83	1310	7,2	29,4	220
58	9,9	0,13	3,09	9	2	88	1420	4,1	20,1	200
59	11,3	0,07	3,05	5	1,7	85	1430	12,9	36,3	230
60	11,2	0,08	3,06	5	2,2	86	1400	11,1	42,5	220
61	11	0,26	3,07	4	1,7	88	1390	11,9	27,6	200
62	11,3	0,14	3,03	5	2,1	89	1300	9,2	29,7	240
63	11,4	0,18	3,06	3	1,7	90	1280	43,6	59,1	100
64	10,2	0,24	3,07	5	1,9	68	1300	27,4	34,5	120
65	10,2	0,25	3,04	4	1,9	68	1270	33,5	47,5	120
66	10,5	0,14	3,04	3	1,8	71	1320	49,2	59,7	140
67	10,5	0,29	3,08	2	1,7	73	1430	55,8	59,5	150
68	11,1	0,29	3,09	3	1,8	90	1410	13,2	24,6	210
69	11,23	0,14	3,05	9	1,7	91	1420	10,4	32,5	220
70	12,7	0,26	3,05	6	1,8	92	1330	21,1	39,6	30
71	11,1	0,15	3,05	8	2	88	1370	11,7	37,1	200
72	11,9	0,08	3,05	7	2	82	1380	15,2	43,5	100
73	10,8	0,15	3,04	8	1,7	90	1390	12,3	47,3	110
74	11,4	0,15	3,08	7	1,8	90	1400	14,7	48,4	100
75	10,1	0,21	3,09	7	2	92	1410	14,8	30,1	100
76	11,1	0,08	3,07	11	1,7	95	1420	7,7	15,7	200
77	11,3	0,18	3,02	9	1,9	107	1430	5,1	33,8	290
78	11,1	0,09	3,02	11	1,8	105	1230	7,1	30,7	230
79	11	0,15	3,02	7	1,8	103	1250	15,1	28,5	200
80	11,3	0,24	3,09	8	1,7	100	1180	11,9	23,6	230
81	10,4	0,21	3,09	10	2,1	90	1280	9,5	18,2	140
82	10,8	0,16	3,05	9	2	91	1320	11,2	23,6	100
83	10,3	0,21	3,06	6	1,7	90	1340	23	31,2	30
84	11,7	0,16	3,07	7	1,9	70	1400	15,2	32,3	120
85	10,4	0,16	3,03	11	2	95	1410	7,3	15,1	140

Продовження таблиці А.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
86	10,5	0,23	3,06	11	2,3	100	1360	7,2	15,3	150
87	12,4	0,26	3,07	8	2,2	95	1380	12,1	24,6	110
88	11,2	0,16	3,02	8	1,7	90	1390	11,9	23,5	220
89	9,4	0,07	3,02	8	2,1	91	1380	11,9	24,6	220
90	11,3	0,16	3,02	6	1,8	92	1360	10,1	37,5	230
91	13,4	0,08	3,09	1	1,9	68	1380	28,3	37,4	20
92	12,3	0,21	3,09	5	1,8	70	1400	24,9	34,8	100
93	11,5	0,08	3,05	7	2	95	1360	19,1	33,8	40
94	12	0,17	3,06	12	2,3	105	1410	3,2	15,2	450
95	9,3	0,18	3,07	6	1,8	75	1420	17,7	36,5	100
96	10,8	0,23	3,03	7	1,7	80	1430	14,8	30,4	180
97	12	0,17	3,06	13	1,8	105	1430	5,4	29,1	300
98	13	0,23	3,07	6	1,7	93	1420	2,3	24,3	400
99	10,5	0,19	3,07	11	2	95	1410	7,3	31,4	150
100	12,1	0,17	3,02	6	1,7	80	1350	4,2	9,2	320
101	11,3	0,18	3,02	7	1,8	102	1390	25,1	33,5	50
102	12,8	0,21	3,02	8	2	110	1400	28,3	38,1	40
103	11	0,18	3,07	11	2,3	108	1410	3,1	8	350
104	8,1	0,24	3,02	9	2,1	100	1390	10,7	20,1	150
105	10,2	0,25	3,02	14	1,8	100	1420	4,7	8,9	120
106	11	0,18	3,02	15	2	95	1360	4,3	14,9	210
107	12,5	0,23	3,09	16	2,3	105	1370	3,2	21,3	410
108	11	0,07	3,09	16	2,2	93	1380	3,4	24,5	200
109	11,5	0,08	3,05	17	1,8	100	1350	2,7	21,2	250
110	11,4	0,18	3,06	18	2,3	90	1380	2,1	16,3	240
111	10,4	0,29	3,07	15	2	90	1390	3,9	12,3	150
112	8,8	0,19	3,03	7	2,1	89	1420	17,8	25,1	20
113	8,2	0,23	3,06	6	1,7	80	1410	19,3	27,2	30
114	10,9	0,17	3,07	15	2,2	95	1390	4,2	15,3	270

Таблиця А.3 – Парні статистичні залежності вихідного показника (маси залишків сировини у вагоні після вивантаження) від основних факторів

Найменування групи факторів	Найменування фактора	Середнє значення	Коефіцієнт кореляції	Параметри рівняння регресії $y = a + b * x$	
				a	b
Фізико-механічні властивості сировини	Вологість сировини, %	10,78	0,272	-55,792	19,899
	Гранулометричний склад, мм	0,165	0,006	157,853	7,593

	Насипна маса, т/м ³	3,052	0,083	-644,710	263,379
Температурні показники транспортного процесу	Температура навколишнього середовища в пункті відправлення, 0С	-10,39	0,171	182,396	1,894
	Температура навколишнього середовища при транспортуванні маршруту сировини, 0С	-8,68	0,121	175,991	1,527
	Температура навколишнього середовища в пункті прибуття, 0С	-7,88	-0,101	150,198	-1,129
	Температура навколишнього середовища при постановці сировини у секцію гаражів, 0С	-8,14	-0,134	146,867	-1,503
Тимчасові показники транспортного процесу	Тривалість навантаження маршруту сировини, год.	6,59	0,184	101,021	8,103
	Простій маршруту з сировиною в очікуванні відправлення, год.	4,41	0,172	142,176	3,845
	Тривалість транспортування маршруту з сировиною, год.	38,57	-0,124	176,336	-0,447
	Простій вагонів з сировиною в очікуванні постановки у секцію гаражів, год.	8,67	0,112	153,335	0,672
	Простій груп вагонів з сировиною в очікуванні обміну у секції гаражів, год.	1,25	0,132	146,262	10,275
	Тривалість обміну груп вагонів у секції гаражів, год.	1,47	-0,076	221,745	-42,709
Основні характеристики процесу розморожування	Тривалість розморожування групи вагонів з сировиною, год.	8,07	0,382	128,619	4,019
	Тривалість підйому температури у секції гаражів, год.	1,95	0,107	72,727	44,356
	Середня температура розморожування сировини, 0С	89,94	0,279	-75,141	2,656
	Середня витрата теплоносія на розморожування однієї групи вагонів з сировиною, м ³ /год.	1299,03	0,077	112,719	0,036
Характеристика змерзлої сировини	Стан замерзлої сировини, який вимірюється глибиною входження стрижня перед розморожуванням, см	12,37	-0,364	191,217	-1,628
	Стан замерзлої сировини, який вимірюється глибиною входження стрижня у процесі розморожуванням, см	29,86	-0,334	228,711	-2,331

ДОДАТОК Б

Акти впровадження, розрахунок економічного ефекту, протокол технічної ради

Б.1 Акт впровадження результатів кандидатської дисертаційної роботи на ПРАТ «Маріупольський металургійний комбінат ім. Ілліча»

Б.2 Розрахунок середньорічного економічного ефекту від впровадження технічних рішень по підвищенню ефективності роботи транспортно-вантажного комплексу аглофабрики ПРАТ «Маріупольський металургійний комбінат ім. Ілліча» з вивантаженням масової сировини у зимовий період


Б.3 Протокол технічної ради у в. о. директора з транспорту і логістики ПРАТ «Маріупольський металургійний комбінат ім. Ілліча» з питання розгляду кандидатської дисертаційної роботи

Б.4 Акт впровадження в навчальний процес результатів кандидатської дисертаційної роботи

Б.1

ЗАТВЕРДЖУЮ:
 В. о. директора з транспорту і логістики

І.Г. Аріх
 09 2016 р.



АКТ

впровадження результатів кандидатської дисертаційної роботи інженера Дженчако Вадима Георгійовича на тему: «Підвищення ефективності роботи транспортно-вантажного комплексу промислового підприємства з вивантаження масової сировини у зимовий період»

Комісія у складі: голови в. о. начальника управління ЗТ Зайцева О.О., і членів: начальника служби транспортної логістики управління ЗТ Гришина С.М., начальника цеху експлуатації управління ЗТ Шемигона О.В., начальника цеху інженерно-технічного забезпечення управління ЗТ Антонова О.В., начальника цеху рухомого складу управління ЗТ Шендрікова Ф.Л. склали цей акт в тому, що на транспортно-вантажному комплексі аглофабрики ПРАТ «Маріупольський металургійний комбінат ім. Ілліча» з 03.09.2010 року впроваджені наступні технічні рішення, розроблені у дисертаційній роботі Дженчако В.Г. «Підвищення ефективності роботи транспортно-вантажного комплексу промислового підприємства з вивантаження масової сировини у зимовий період»:

1. Метод і модель визначення тривалості розморожування змерзлої сировини у вагонах, що забезпечують планову і ритмічну роботу транспортно-вантажного комплексу, скорочення простою вагонів і тривалості експлуатації локомотивів.

2. Модель визначення витрати теплоносія при підготовці сировини у вагонах до вивантаження з використанням тепла акумульованого сировиною і конструкцією вагона, що забезпечує економію теплоносія, збільшення пропускну здатності гаражів розморожування і фактичної переробної спроможності транспортно-вантажного комплексу.

3. Будівництво підготовчого парку перед гаражами розморожування, яке дозволило поряд з високою продуктивністю і чітким поділом вагонопотоків зі змерзлою і розмороженою сировиною, скоротити простій вагонів і підвищити ефективність роботи транспортно-вантажного комплексу в цілому.

Середньорічний економічний ефект від впровадження технічних рішень склав 1,1 млн. грн., при цьому плата за користування вагонами зменшена на 10 - 15 %, витрати на експлуатацію локомотивів на 5 - 10 % і теплоносій на 4 - 5 %.

Результати дисертаційної роботи Дженчако В.Г. можуть бути застосовані також і на інших транспортно-вантажних комплексах промислових підприємств.

Голова комісії:

В. о. начальника управління ЗТ



О.О. Зайцев

Члени комісії:

Начальник служби транспортної логістики управління ЗТ

С.М. Гришин

Начальник цеху експлуатації управління ЗТ

О.В. Шемігон

Начальник цеху інженерно-технічного забезпечення управління ЗТ

О.В. Антонов

Начальник цеху рухомого складу управління ЗТ

Ф.Л. Шендріков



ПРАТ «ММК ім. ІЛЛІЧА»
 вул. Левченка, 1
 м. Маріуполь, 87504,
 Донецька обл., Україна
 www.ilyichsteel.com
 Тел.: + 38 0629 56 40 09
 Факс: + 38 0629 56 53 83
 E-mail: office@ilyichsteel.com



ЗАТВЕРДЖУЮ:

В. о. директора з транспорту і
 логістики

І.Г. Аріх
 09 2016 р.

Розрахунок середньорічного економічного ефекту від впровадження технічних рішень по підвищенню ефективності роботи транспортно-вантажного комплексу аглофабрики ПРАТ «Маріупольського металургійного комбінату ім. Ілліча» з вивантаження масової сировини у зимовий період (2010 - 2016 рр.)

1. Вихідні дані

- $t_{ц.д}$ - тривалість циклу обслуговування групи вагонів при підготовці сировини до вивантаження (до впровадження технічних рішень), $t_{ц.д} = 5,88$ год.;
- $t_{ц.н}$ - тривалість циклу обслуговування групи вагонів при підготовці сировини до вивантаження (після впровадження технічних рішень), $t_{ц.н} = 2,21$ год.;
- n_e - кількість вагонів, які виводились на контрольну перевірку стану сировини в процесі розморожування за увесь зимовий період, $n_e = 16544$ ваг.;
- c_e - середня плата за 1 вагоно-годину на комбінаті, $c_e = 6,6$ грн.
- $t_{к.н}$ - тривалість контрольної перевірки стану сировини в процесі розморожування, $t_{к.н} = 0,67$ ч;
- $n_{к.н}$ - кількість контрольних перевірок стану сировини, $n_{к.н} = 752$;
- c_l - вартість 1 локомотиво-години на комбінаті, $c_l = 594$ грн.
- $N_{зр}$ - кількість груп вагонів, розморожених при i - й тривалості;
- $P_{тр}$ - витрата теплоносія на розморожування однієї групи i - й тривалості при традиційному режимі, m^3 ;
- $P_{зн}$ - витрата теплоносія на розморожування однієї групи i - й тривалості при режимі зі зниженою витратою, m^3 ;
- c_m - вартість 1 m^3 теплоносія, $c_m = 790$ грн.

2. Розрахунок

Середньорічний економічний ефект від впровадження технічних рішень по підвищенню ефективності роботи транспортно-вантажного комплексу аглофабрики визначається скороченням плати за користування вагонами, а також зниженням витрат на експлуатацію локомотивів і теплоносій:

$$\mathcal{E}_p = C_{nl} + C_l + C_p, \text{ грн.} \quad (1)$$

Скорочення плати за користування вагонами зовнішньої мережі:

$$C_{nl} = (t_{y,d} - t_{y,n}) * n_v * c_v, \text{ грн.} \quad (2)$$

$$C_{nl} = (5,88 - 2,21) * 16544 * 6,6 = 400728,8 \text{ грн.}$$

Скорочення витрат на експлуатацію локомотивів:

$$C_l = t_{k.n.} * n_{k.n.} * c_l, \text{ грн.} \quad (3)$$

$$C_l = 0,67 * 752 * 594 = 299280,9 \text{ грн.}$$

Скорочення витрат на теплоносій:

$$C_p = C_{mp} - C_{zn}, \text{ грн.} \quad (4)$$

Витрати на теплоносій при традиційному режимі розморожування:

$$C_{mp} = \sum(N_{zp} * P_{mp}) * c_m, \text{ грн.} \quad (5)$$

Витрати на теплоносій при режимі розморожування зі зниженим витратою:

$$C_{zn} = \sum(N_{zp} * P_{zn}) * c_m, \text{ грн.} \quad (6)$$

Результати розрахунку середньорічних витрат на теплоносій при різних режимах розморожування наведені у таблиці 1.

Таблиця 1 - Результати розрахунку середньорічних витрат на теплоносій при різних режимах розморожування

Тривалість розморожування, год.	Діапазон витрати теплоносія на групу вагонів, тис. м ³		Кількість розморожених вагонів за зимовий період	Середні витрати на розморожування за зимовий період, грн.	
	при традиційному режимі	при режимі зі зниженою витратою		при традиційному режимі	при режимі зі зниженою витратою
6	8,6 - 12,2	8,5 - 12,0	535 - 545	9500000	9100000
7					
8					
9					
10	13,4 - 15,7	13,0 - 14,9	210 - 220		
11					
12					
13					
14	16,7 - 18,6	15,6 - 17,0	115 - 125		
15					
16					
17					
18	19,6 - 21,5	17,8 - 19,2	35 - 45		
19					
20					
21					
20	22,4 - 24,4	19,9 - 21,4	15 - 25		
21					

Скорочення витрат на теплоносій:

$$C_p = 9500000 - 9100000 = 400000 \text{ грн.}$$

Середньорічний економічний ефект:

$$\mathcal{E}_p = 400728,8 + 299280,9 + 400000 = 1100009,7 \text{ грн.}$$

Середньорічний економічний ефект від впровадження технічних рішень розроблених у дисертаційній роботі Дженчако В.Г. «Підвищення ефективності роботи транспортно-вантажного комплексу промислового підприємства з вивантаження масової сировини у зимовий період» склав 1,1 млн. грн.

Голова комісії:

В. о. начальника управління ЗТ



О.О. Зайцев

Члени комісії:



Начальник служби транспортної логістики управління ЗТ



С.М. Гришин

Начальник цеху експлуатації управління ЗТ



О.В. Шемігон

Начальник цеху інженерно-технічного забезпечення управління ЗТ



О.В. Антонов

Начальник цеху рухомого складу управління ЗТ



Ф.Л. Шендріков

Протокол

технічної наради у в. о. директора з транспорту і логістики ПРАТ «Маріупольський металургійний комбінат ім. Ілліча» з питання розгляду кандидатської дисертаційної роботи на тему: «Підвищення ефективності роботи транспортно-вантажного комплексу промислового підприємства з вивантаження масової сировини у зимовий період» інженера Дженчако Вадима Георгійовича

м. Маріуполь

24.06.2016 р.

Присутні:

від ПРАТ «Маріупольський металургійний комбінат ім. Ілліча»:

в. о. начальника управління ЗТ Зайцев О.О., начальник служби транспортної логістики управління ЗТ Гришин С.М., начальник цеху експлуатації управління ЗТ Шемігон О.В., начальник цеху інженерно-технічного забезпечення управління ЗТ Антонов О.В., начальник цеху рухомого складу управління ЗТ Шендріков Ф.Л., інженер Дженчако В.Г.

від ДВНЗ «Приазовський Державний технічний університет»:

Зав. кафедрою «Транспортні технології підприємств», докт. техн. наук, проф. Парунакян В.Е., заст. зав. кафедри, канд. техн. наук, доц. Маслак Г.В., канд. техн. наук, доц. Воропай В.С.

Слухали: доповідь Дженчако В.Г.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню важливої науково-технічної задачі підвищення ефективності роботи транспортно-вантажного комплексу промислового підприємства з вивантаження масової сировини у зимовий період.

Промислові підприємства і в першу чергу металургійні, що мають у своїй структурі агломераційну фабрику з досить високою продуктивністю до 12 млн. тонн агломерату на рік, приймають щодоби з магістральної мережі до 600 вагонів масового сировини.

У зимовий період сировина піддається змерзанню на шляху прямування, що різко ускладнює вивантаження в транспортно-вантажних комплексах. Дане положення приводить до зростання транспортних витрат і підвищеної витрати теплоносія на розморожування сировини. Протягом тривалого часу в основу вирішення проблеми розморожування масової сировини були покладені теоретичні дослідження і лабораторні експерименти, які не враховували вплив багатофакторного різнохарактерного масиву експериментальних даних і в результаті не дозволили встановити закономірності та ідентифікувати параметри процесу розморожування.

В результаті зазначеного не були розроблені метод і модель визначення тривалості розморожування. У підсумку, до цього часу досить важлива науково-технічна задача забезпечення стабільної роботи підприємств в зимовий період не вирішена. Для її рішення були виконані наступні дослідження:

1. Проведена комплексна оцінка роботи транспортно-вантажного комплексу промислового підприємства у зимовий період, яка показала, що при значному зниженні температури навколишнього середовища, тривалість розморожування значно збільшується, при цьому пропускна спроможність гаражів розморожування стає недостатньою і не відповідає необхідній переробній спроможності транспортно-вантажного комплексу, збільшується простій вагонів у 2 - 2,5 рази і тривалість використання локомотивів, зростає витрата теплоносія, а підприємства несуть великі виробничі втрати.

2. Розроблено метод і модель визначення тривалості розморожування сировини у вагонах.

3. В процесі експериментальних досліджень встановлено стадії, температурні і тимчасові діапазони використання акумульованого тепла. Розроблено модель визначення витрати теплоносія.

4. Розроблено метод підвищення ефективності роботи транспортно-вантажного комплексу заснований на моделі визначення тривалості розморожування, а також будівництві підготовчого парку, що дозволяють забезпечити переробну спроможність комплексу, скоротити витрату теплоносія, простій вагонів і тривалість експлуатації локомотивів.

Розроблено перспективний метод підвищення ефективності роботи комплексу, заснований на моделі визначення тривалості розморожування, використання акумульованого тепла і потоковості процесу.

Результати дисертаційної роботи можуть бути застосовані також і на інших транспортно-вантажних комплексах промислових підприємств.

Здобувачеві було задано 12 питань по суті роботи, на які були надані вичерпані відповіді.

Виступили: Гришин С.М., Антонов О.В., Шемігон О.В., Шендриков Ф.Л., Парунакян В.Е., Зайцев О.О., Аріх І.Г.

Виступаючі відзначили, що виконана дисертаційна робота присвячена досить важливому й актуальному питанню забезпечення планової і ритмічної роботи усього аглодоменого виробництва комбінату. Зазначені рішення є доцільними і забезпечують підвищення ефективності роботи транспортно-вантажного комплексу з вивантаження масової сировини у зимовий період.

За результатами обговорення в. о. директора з транспорту і логістики прийняв рішення:

1. Схвалити основні положення дисертаційної роботи інженера Дженчако В.Г. Зазначити актуальність, наукову новизну і практичну цінність розроблених рішень для промислових підприємств і в першу чергу для металургійних, зокрема для ПРАТ «Маріупольського металургійного комбінату ім. Ілліча».

2. Вважати впровадженими на транспортно-вантажному комплексі аглофабрики ПРАТ «Маріупольський металургійний комбінат ім. Ілліча» з 03.09.2010 року наступні технічні рішення:

2.1. Метод і модель визначення тривалості розморожування змерзлої сировини у вагонах, що забезпечують планову і ритмічну роботу транспортно-вантажного комплексу, скорочення простою вагонів і тривалості експлуатації локомотивів.

2.2. Модель визначення витрати теплоносія при підготовці сировини у вагонах до вивантаження з використанням тепла акумульованого сировиною і конструкцією вагона, що забезпечує економію теплоносія, збільшення пропускної здатності гаражів розморожування і фактичної переробної спроможності транспортно-вантажного комплексу.

2.3. Будівництво підготовчого парку перед гаражами розморожування, яке дозволило поряд з високою продуктивністю і чітким поділом вагонопотоків зі змерзлою і розмороженою сировиною, скоротити простій вагонів і підвищити ефективність роботи транспортно-вантажного комплексу у цілому.

Середньорічний економічний ефект від впровадження технічних рішень склав 1,1 млн. грн., при цьому плата за користування вагонами зменшена на 10 - 15 %, витрати на експлуатацію локомотивів на 5 - 10 % і теплоносій на 4 - 5 %.

3. Прийняти до впровадження на транспортно-вантажному комплексі аглофабрики ПРАТ «Маріупольський металургійний комбінат ім. Ілліча»:

3.1. Метод оцінки стану змерзлої сировини на основі спеціального пристрою з вимірювальним стрижнем.

3.2. Метод підвищення ефективності роботи транспортно-вантажного комплексу, заснований на моделі визначення тривалості розморожування, використанні акумульованого тепла і поточності процесу.

4. Вважати доцільним виготовити та провести промислову перевірку спеціального пристрою з вимірювальним стрижнем, що оцінює стан змерзлої сировини.

5. Доручити в. о. начальника управління ЗТ Зайцеву О.О. розробити технічне завдання ТОВ «Діпромез» для попереднього опрацювання питання перспективної реконструкції станції Рудна з будівництвом парку пасивного розморожування за схемою запропонованою в дисертації з метою суттєвого підвищення ефективності роботи транспортно-вантажного комплексу.

6. Просити технічне управління ПРАТ «Маріупольський металургійний комбінат ім. Ілліча» розглянути питання про включення промислової перевірки запропонованих технічних рішень в план науково-дослідних робіт комбінату.

В. о. директора з транспорту і логістики ПРАТ «Маріупольський металургійний комбінат ім. Ілліча»



І.Г. Аріх

ЗАТВЕРДЖУЮ
 Перший проректор ДВНЗ
 «Приазовський державний
 технічний університет»
 к.т.н., доцент



В.М. Євченко
 В.М. Євченко
 «01» 03 2017р.

АКТ

впровадження в навчальний процес результатів дисертаційної роботи здобувача кафедри «Транспортні технології підприємств» факультету «Транспортні технології» ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет» Дженчако Вадима Георгійовича на тему «Підвищення ефективності роботи транспортно-вантажного комплексу промислового підприємства з вивантаження масової сировини у зимовий період»

Результати дисертаційної роботи Дженчако В.Г. знайшли застосування в навчальному процесі на кафедрах: «Транспортні технології підприємств», «Технології міжнародних перевезень і логістики» і використовується в лекційному матеріалі і практичних роботах в наступних дисциплінах: 1) «Навантажувально-розвантажувальне обладнання, спеціальний транспорт і склади підприємств», 2) «Управління експлуатаційною роботою на залізничному і автомобільному транспорті підприємств»; 3) «Транспортне обслуговування металургійного виробництва», 4) «Транспорт у виробничому процесі підприємств», 5) «Основи експлуатації транспортних засобів».

Дисципліни вивчаються студентами спеціальності 275 «Транспортні технології». Результати дисертаційної роботи використані при розробці магістерських робіт студентами спеціалізації 275.02 Транспортних технологій (на залізничному транспорті) по темах: 1) «Вдосконалення технології прийому і вивантаження сировини на вантажній станції металургійного підприємства у зимовий період»; 2) «Підвищення ефективності використання тепловозів вантажної станції металургійного комбінату (на прикладі комбінату «І»)»; 3) «Вдосконалення взаємодії вантажної станції і гаражів розморожування з оцінкою їх переробної здатності»; 4) «Підвищення ефективності роботи комплексу з розморожування вантажів при прийомі масової сировини вантажною станцією Аглофабрики»; 5) «Вдосконалення технології і організації роботи вантажної станції у зимовий період з розробкою графіка взаємодії з гаражами розморожування».

Декан факультету
 транспортних технологій, к.т.н., доцент

І.І. Пірч

ДОДАТОК В

Список публікацій здобувача за темою дисертації та відомості про апробацію результатів дисертації

ДОДАТОК В. Список публікацій здобувача за темою дисертації та відомості про апробацію результатів дисертації

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Основні наукові праці:

- у фахових виданнях, 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:

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 «ПГТУ», 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 II Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених, фахівців, аспірантів «Проблеми енергоресурсозбереження в промисловому регіоні. Наука і практика»*, 11-12.05.2016. – Мариуполь: 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.

ВІДОМОСТІ ПРО АПРОБАЦІЮ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЇ

Основні положення та результати дисертації усно докладалися на:

- 17 Науково-технічній конференції КГГМК «Криворіжсталь», м. Кривий Ріг, 01.11.2003 р.;
- Міжнародних науково-технічних конференціях «Університетська наука – 2005, 2009, 2013, 2015, 2016», м. Мариуполь, 27-29.04.2005, 19-21.05.2009, 14-16.04.2013, 19-20.05.2015, 19-20.05.2016 рр.;
- 66-й Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту», м. Дніпропетровськ, 11-12.05.2006 р.;
- 7-й Міжнародній науково-технічній конференції ТОВ «ММК ім. Ілліча», м. Мариуполь, 07-08.09.2007 р.;
- 35-й, 37-й, 42-й Міжнародних науково-технічних конференціях ТОВ «Запорожсталь», м. Запоріжжя, 30-31.10.2008, 11-12.11.2010, 26-27.11.2015 рр.;
- 1 Міжнародній науково-технічній конференції «Метинвест-2011», м. Мариуполь, 01-03.07.2011 р.;
- II Всеукраїнській науково-практичній конференції молодих вчених, фахівців, аспірантів «Проблеми енергоресурсозбереження в промисловому регіоні. Наука і практика», м. Мариуполь,

11-12.05.2016 р.

В повному обсязі дисертація докладалася на:

- науковому семінарі Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна 30.06.2016 р.;
- міжфакультетському семінарі ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет» 10.03.2017 р.