

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Транспортний
(повне найменування, факультету)

«Транспортні технології»
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проєкту (роботи)

бакалавра
(ступінь вищої освіти)

на тему «ОРГАНІЗАЦІЯ ДОСТАВКИ ТА ВАНТАЖОПЕРЕРОБКИ СИПКИХ
ВАНТАЖІВ НА ПРИКЛАДІ МЕТАЛУРГІЙНОГО ПІДПРИЄМСТВА»

Виконав: студент(ка) IV курсу, групи Т-819

Спеціальності 275 Транспортні технології
(за видами)
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)
«Організація перевезень і логістичне
управління на залізничному транспорті»

		<u>Артем ЗІНОВ</u> (Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)
Керівник		<u>Олена ОСТРОГЛЯД</u> (Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)
Рецензент		<u>Андрій ЩЕРБИНА</u> (Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Факультет Транспортний
Кафедра «Транспортні технології»
Ступінь вищої освіти бакалавр
Спеціальність 275 «Транспортні технології (за видами)»
(код і найменування)
Освітня програма (спеціалізація) «Організація перевезень і логістичне управління на залізничному транспорті»
(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

«Транспортні технології»

Сергій ТУРПАК

«10» травня 2023 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

ЗІНОВА Артема Юрійовича

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Організація доставки та вантажопереробки сипких вантажів на прикладі металургійного підприємства

керівник проєкту (роботи) к.т.н. ОСТРОГЛЯД Олена Олександрівна,
(науковий ступінь, вчене звання, ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

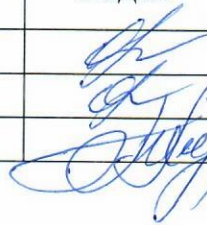
затверджені наказом закладу вищої освіти від «22» травня 2023 року №207

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) _____
3. Вихідні дані до проєкту (роботи) Характеристика вантажопотоків надходження сировини, інтервали надходження вантажів на підприємство, тривалість простою вагонів під вантажними операціями, плата за користування вагоном за годину

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналітична частина. 1.1 Особливості перевезення сипких вантажів залізничним транспортом. 1.2 Заходи щодо відновлення сипкості вантажів. 1.3 Аналіз вантажопотоків металургійного підприємства 2. Розрахункова частина. 2.1 Статистичний аналіз надходжень сипких вантажів. 2.2 Проведення експериментів в умовах варіювання обсягів надходження вантажів. Економічна частина.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, кількість слайдів, плакатів) Презентація дипломної роботи

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1	ОСТРОГЛЯД О.О.		
2	ОСТРОГЛЯД О.О.		
3	ХАРЧЕНКО Т.В.		

7. Дата видачі завдання «10» травня 2023 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Аналітична частина	20.05. – 24.05.	
2	Розрахункова частина	24.05. – 30.05.	
3	Спеціальна частина	30.05. – 02.06.	
4	Економічна частина	02.06. – 06.06.	
5	Оформлення дипломної роботи, підготовка презентації та доповіді, перевірка дипломної роботи на плагіат, отримання рецензії та захист роботи	06.06. – 30.06.	

Студент(ка)

Керівник проєкту (роботи)


(підпис)

(підпис)

Артем ЗІНОВ
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Олена ОСТРОГЛЯД
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 40 с., 12 рис., 6 табл., 7 джерел посилань, 3 додатки.

СИПКІ ВАНТАЖІ, ЗМЕРЗАННЯ, НАПІВВАГОН, МЕТАЛУРГІЙНЕ ПІДПРИЄМСТВО, ПРОФІЛАКТИЧНІ ЗАХОДИ, ПРОСТІЙ ВАГОНУ, ЕКСПЕРИМЕНТ, ЗАЛІЗОРУДНА СИРОВИНА.

Об'єкт дослідження – технологічний процес доставки сировини на металургійне підприємство.

Мета роботи – удосконалити організацію доставки та вантажопереробки сипких вантажів на прикладі металургійного підприємства за рахунок управління обсягами вантажопотоків.

Методи дослідження – аналітичний, графічний, статистичний аналіз.

В роботі виконано дослідження особливостей транспортування сипких вантажів залізничним транспортом. Розглянуто основні профілактичні міри для попередження змерзання та заходи щодо відновлення сипкості вантажів. Визначено основні вантажопотоки та виконано статистичний аналіз їх інтервалів надходження на підприємство.

Експериментальним шляхом визначені раціональні обсяги надходження основних вантажів в залежності від температури повітря. За рахунок зниження постачань сировини в холодний період року досягнене зниження простою рухомого складу, а відповідно і скорочення витрат на користування вагонами. Ефективність пропонованого рішення підтверджується економічними розрахунками.

ЗМІСТ

	с.
Завдання на дипломну роботу.....	2
Реферат.....	4
Вступ.....	6
1 Аналітична частина.....	8
1.1 Особливості перевезення сипких вантажів залізничним транспортом.....	8
1.2 Заходи щодо відновлення сипкості вантажів.....	11
1.3 Аналіз вантажопотоків металургійного підприємства.....	16
2 Розрахункова частина.....	19
2.1 Статистичний аналіз надходжень сипких вантажів.....	19
2.2 Проведення експериментів в умовах варіювання обсягів надходження вантажів.....	24
2.2.1 Експеримент при від'ємних температурах повітря.....	26
2.2.2 Експеримент при додатних температурах повітря.....	27
3 Економічна частина.....	30
3.1 Визначення витрат на користування вагонами.....	30
3.2 Визначення економічного ефекту	31
Висновки.....	34
Перелік джерел посилань.....	35
Додаток А. Інтервали надходження залізничного концентрату.....	36
Додаток Б. Інтервали надходження рудних матеріалів	37
Додаток В. Графічне зображення законів розподілу випадкової величини інтервалів надходження вантажів.....	38

ВСТУП

Металургійний комплекс є однією з базових галузей економіки України, яка включає в себе більше ніж 300 підприємств, зокрема 14 металургійних комбінатів. Цей комплекс відіграє важливу роль у розвитку національної промисловості та забезпеченні потреб країни в металургійних продуктах.

Металургійні комбінати в Україні займаються виробництвом та переробкою металевих матеріалів, таких як чорний метал, сталь, залізо, алюміній та інші метали. Вони грають важливу роль у постачанні металургійних виробів як для внутрішнього ринку, так і для зовнішніх експортних операцій. Металургійний комплекс забезпечує робочі місця для великої кількості працівників і має значний вплив на економічний розвиток країни.

Проте, металургійна галузь також стикається з рядом викликів та проблем, таких як зміни в глобальних ринкових умовах, енергетична ефективність, охорона довкілля та інші фактори, які впливають на її конкурентоспроможність. Враховуючи ці фактори, важливо проводити дослідження та розробляти стратегії щодо організації доставки та вантажопереробки сипких вантажів на металургійних підприємствах з метою покращення ефективності та забезпечення стабільності розвитку галузі.

Одним з ключових елементів успішної діяльності металургійних підприємств є ефективна організація доставки та вантажопереробки сировини. В контексті глобального ринку і зростаючої конкуренції, забезпечення надійної та ефективної логістичної системи стає вирішальною умовою для забезпечення стабільності та прибутковості підприємства.

Сипкі вантажі відіграють важливу роль у сучасній промисловості, особливо в металургійній галузі. Ефективна організація доставки та вантажопереробки цих матеріалів є ключовим фактором для забезпечення неперервного виробництва і високої якості продукції на металургійних підприємствах.

Металургійні підприємства зіштовхуються з рядом викликів під час організації доставки та вантажопереробки сипких вантажів. Серед них варію-

ються обсяги вантажопотоків, вимоги до якості та термінів доставки, кліматичні умови, особливості технологічного процесу і безпеки робіт.

Організація доставки та вантажопереробки сипких вантажів має велике значення для металургійних підприємств, і дослідження цього питання є актуальним і перспективним. Із загальною метою покращення логістичних процесів і досягнення конкурентних переваг, ця робота спрямована на виявлення проблем та визначення раціональних рішень для організації доставки та вантажопереробки сипких вантажів на металургійному підприємстві.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Особливості перевезення сипких вантажів залізничним транспортом

Вугілля. На підприємствах вугільної промисловості виконуються операції з навантаження вугілля на під'їзних коліях. Зазвичай вантажопідйомність вагонів використовується повністю. Буре вугілля і легкі фракції кам'яного вугілля завантажуються у напіввагони з формуванням шапки штабеля та подальшим ущільненням спеціальними котками [1]. Після зважування вагонів проводяться дозувальні операції. На великих під'їзних коліях розташовані вуглезбірні станції, де вагони, завантажені з різних шахт, об'єднуються і формуються маршрути. При відкритому зберіганні вугілля воно складається у штабелі трапецеїдальної форми, висота якого залежить від виду вугілля та доступних механізмів механізації. Рядове вугілля укладається з пошаровим ущільненням, а сортоване вугілля та антрацити - без ущільнення.

В холодний період року вугілля має тенденцію до замерзання, особливо те, що було вилучено гідро-видобуванням або пройшло процес збагачення. Глибина промерзання залежить від вологості вугілля, тривалості транспортування, зовнішньої температури та коефіцієнта теплопровідності. Вугілля, видобуте із шахт, може поглинати кисень з повітря, що пояснює його схильність до самонагрівання та самозаймання.

При зберіганні вугілля на відкритих площадках з асфальтовим покриттям встановлюють обмеження на висоту штабелів. Максимальний термін зберігання вугілля на складах у вантажних районах складає 5 днів.

Заборонено зберігання вугілля поряд з рудою і хімічними речовинами. Навіть незначна домішка марганцевої руди у видобутому вугіллі може призвести до поломки котлових топок.

Кокс. Кокс виробляють шляхом термічної обробки вугілля без доступу до повітря, цей процес називається перегонкою. При високотемпературному розкладанні вугілля (900-1000 °C) утворюється кокс, а при низькотемперату-

рному (до 550 °C) утворюється напівкокс. Напівкокс використовують як ефективне тверде паливо з високою калорійністю і бездимним горінням.

Кокс класифікують за розміром частинок на три категорії: дрібний, горішок і доменний [1].

При навантаженні коксу у вагони використовують кут природного укосу в межах 32-380 градусів. Щоб максимально використати вантажопідйомність вагонів, кам'яновугільний кокс навантажують у вигляді трикутної "шапки" з максимальною висотою 1150 мм. Проте, незалежно від цього, вантажопідйомність вагонів використовується лише на 50-67%.

Визначення маси коксу у вагоні здійснюють шляхом зважування на вагонних вагах або шляхом обміру. Для коксу встановлено припустиму втрату маси вантажу в розмірі 0,7% природної втрати, а також додаткові втрати у розмірі 1% на кожну перевалку і 0,8% на кожне перевантаження з вагона у вагон. Кокс зберігають на відкритих площадках.

Рудні матеріали. Рудні матеріали, які підлягають транспортуванню, можуть бути у формі сирової руди (сортованої, рядової або дрібної), рудних концентратів, агломерату (гарячого і холодного) і металевих окатишів [1].

Для добування залізної руди відкритим способом використовується кар'єрний метод з вибухом.

Рудна сировина розрізняється на руду чорних металів, руду кольорових металів і неметалічні руди.

Усі руди чорних металів транспортуються в навалочному стані у відкритих рухомих складах і зберігаються на спеціально підготовлених і бетонованих відкритих площадках. Висота штабеля може досягати 6-8 метрів. При зберіганні не рекомендується змішувати різні сорти руди і забруднювати їх пилюками та сторонніми предметами.

Сірчані колчедани зберігаються на чистих бетонованих площадках згідно з встановленими класами та марками. Штабелі колчеданів різних марок і класів повинні бути розділені бар'єрами, щоб уникнути змішування.

Гранульований колчедан може легко подрібнюватися та розпорошувати-

тися під час навантажувально-розвантажувальних робіт, тому кількість операцій перевантаження має бути зведена до мінімуму.

Агломерат і окатиші. Агломерат і окатиші є результатами спеціальної термічної обробки дроблення рудної сировини і концентратів. Окатиші вважаються найціннішою сировиною для металургії. Вони володіють стабільними фізичними та хімічними властивостями, які мало змінюються протягом тривалого зберігання та під час перевантажувальних і транспортних операцій.

Рудно-металургійна сировина транспортується за допомогою вагонів-хоперів (рис. 1.1) і на піввагонів (рис.1.2) і відноситься до вантажів, які змерзаються. Вантажопідйомність вагонів повністю використовується. Через велику вагу рудно-металургійної сировини не виключені випадки завантаження рухомого складу, перевищуючи трафаретну вантажопідйомність [1].



Рисунок 1.1 - Вагон-хопер для перевезення гарячих окатишів і агломерату



Рисунок 1.2 - Напіввагон для перевезення рудно-металургійної сировини

1.2 Основні заходи попередження змерзання та відновлення сипких властивостей вантажів

Найбільшою проблемою при транспортуванні сипких вантажів є їх схильність до змерзання та злежування. В зимовий час під дією низьких температур і підвищеної вологості сипкі вантажі змерзаються та утворюють монолітну масу, яка примерзає до стінок вагонів. Тому для вирішення цієї задачі застосовуються різні профілактичні міри, які забезпечать нормальний процес перевезення та вивантаження сировини [2].

Перша профілактична міра полягає в зниженні вологості вантажу. Це може бути досягнуто шляхом використання різних фільтрів, віджимання на центрифугах або впливом термічної сушки при підвищеній температурі.

Друга профілактична міра полягає в попередньому проморожуванні сипучих вантажів перед навантаженням. Це досягається шляхом перекидання їх екскаватором, скрепером, грейдерним краном та іншими механізмами. Цей

процес спрямований на запобігання утворенню монолітних блоків вантажу. Такий підхід використовується для запобігання змерзанню вантажу у вагонах під час морозів. Варто зазначити, що цей підхід може бути дорогим з точки зору витрат.

Третій профілактичний захід полягає в пошаровому пересипанні вантажів у вагоні різними речовинами, які не впливають на якість вантажу. Ці речовини можуть включати тирсу, роздрібнену соломку, торф'яну крихту, роздрібнене кам'яне вугілля і т.д. Також вагон підстиляється цими матеріалами, і вантаж пересипається шарами під час навантаження. Цей метод є найбільш економічним і технологічним способом.

Четвертий профілактичний захід полягає в пересипанні вантажу у вагоні різними хімічними речовинами мінерального походження, які змінюють стан маси вантажу. Це може включати утворення незамерзаючих розчинів, кристалів льоду зі зниженою міцністю та випаровування вологи. Вантаж пересипається шарами негашеного вапна, хлористого кальцію, хлористого калію, хлористого магнію.

П'ята профілактична міра полягає в обмаслюванні підлоги та стін напіввагону та платформи перед навантаженням за допомогою мінеральних та кам'яновугільних масел, а також інших реагентів органічного походження. Крім того, вантаж оббризкується кам'яновугільними та іншими маслами. Кам'яне вугілля різних сортів, яке пройшло профілактику за допомогою ніогріну, не замерзає навіть при температурі до -25°C .

Шоста профілактична міра полягає в брикетуванні (утворенні невеликих цеглинок), яке частіше застосовується за кордоном. Це включає агломерацію (гранулювання) сипучих вантажів, що надає їм форму кульки. Таким чином, вантаж менше замерзає.

Сьома профілактична міра полягає у вживанні організаційних заходів. Вантажовідправники, вантажоодержувачі та залізниці зобов'язані прийняти необхідні організаційні заходи для збільшення обсягу перевезення вантажів, які замерзають, переважно в теплий період року, щоб створити необхідні за-

паси цих вантажів у споживачів. Однак це може потребувати великих складських запасів.

З перелічених профілактичних заходів найбільш ефективно застосовують третій та четвертий (додавання різних речовин до сипких вантажів) та сьомий (організаційні) заходи.

У зв'язку з тим, що використання профілактичних заходів не може гарантувати повне збереження сипкості вантажів, особливо при тривалих перевезеннях в умовах сильних морозів і змінливих погодних умов, одержувачі повинні забезпечувати пункти вивантаження засобами розігріву або механічного подрібнення, щоб відновити сипкість замерзлих вантажів. Для розігріву можуть використовуватися тепляки та інші обігрівальні пристрої.

Для механічного подрібнення використовуються бурофрезерні, віброударні установки різних типів (рис. 1.3), а також установки екскаваторного типу. Розігрівання замерзлих вантажів у тепляках та за допомогою інших обігрівальних пристроїв, а також відновлення сипкості вантажів шляхом механічного подрібнення чи іншим методом, що забезпечує вивантаження, проводиться відповідно до інструкції, яка складається одержувачем за погодженням з залізницею [3]. У цій інструкції повинні бути вказані робочі параметри, технології використання цих засобів, правила техніки безпеки та заходи для збереження вагонів від пошкоджень.

Перед настанням холодної пори року, відправники та одержувачі повинні провести необхідну підготовку для перевезення замерзаючих вантажів. Відправники, які мають замерзаючі вантажі, розробляють інструкції, які визначають способи застосування профілактичних засобів для кожного пункту навантаження. У цих інструкціях вказуються норми використання профілактичних засобів, порядок їх використання, технології виконання робіт та використання механізмів під час сушіння, проморожування вантажу та інші заходи для запобігання його замерзанню. Порядок виконання профілактичних операцій під час завантаження вагонів погоджується з залізницею.

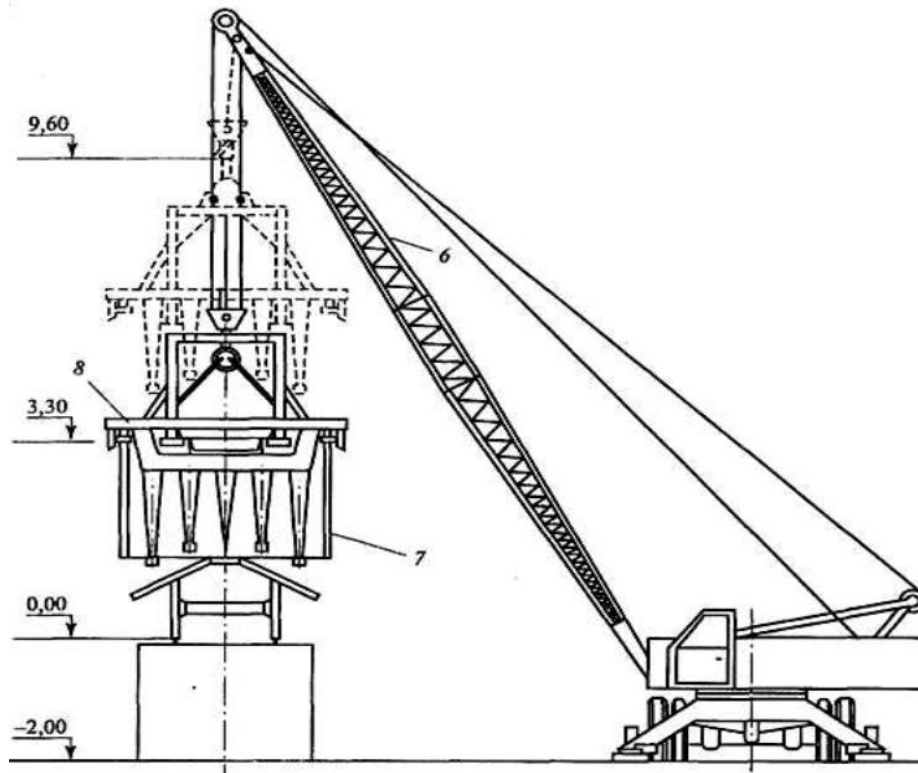


Рис. 1.3. Розвантаження змерзлого вантажу за допомогою штирьового вібророзпушувача:

- 1 – підвищена колія; 2, 7 – напіввагон; 3 – бури; 4 – портал;
5 – приймальний склад; 6 – автокран; 8 – вібророзпушувач

При транспортуванні вантажів на великі відстані в умовах низьких температур та змінливих погодних умов, вантажоодержувачі часто використовують спеціальні методи для розвантаження замерзлих вантажів і відновлення їх сипкості. Це особливо актуально в перехідні періоди року [2].

Для розморожування замерзлих вантажів застосовуються різні засоби, такі як тепляки і інфрачервоні випромінювачі. Використання цих обігрівальних пристроїв допомагає підвищити температуру вантажу і відновити його сипкість.

Також для розвантаження змерзлих вантажів можна використовувати механічні методи, наприклад, бурофрезерні установки, самохідні віброударні установки, вібророзпушувачі та установки екскаваторного типу. Ці пристрої допомагають подрібнити замерзлий вантаж і полегшити його вивантаження.

Процес розморожування замерзлих вантажів та відновлення їх сипкості повинен відбуватися відповідно до інструкцій, затверджених вантажоодержувачем. Інструкція повинна містити відомості про робочі параметри, технології використання засобів розморожування та механічного подрібнення, правила техніки безпеки та заходи для запобігання пошкодженням рухомого складу.

Тепляк-розморожувач (рис. 1.4), також відомий як теплогараж, є спеціальним приміщенням, розташованим на під'їзних коліях або у вантажному районі, призначеним для приймання та розморожування навалочних вантажів, таких як пісок, щебінь, вугілля та рудний концентрат після збагачення. Такі теплогаражі також знаходяться на збагачувальних фабриках. У зимовий період вологе вугілля та інші навалочні вантажі замерзають, що ускладнює їх приймання та розвантаження з вагонів [1].

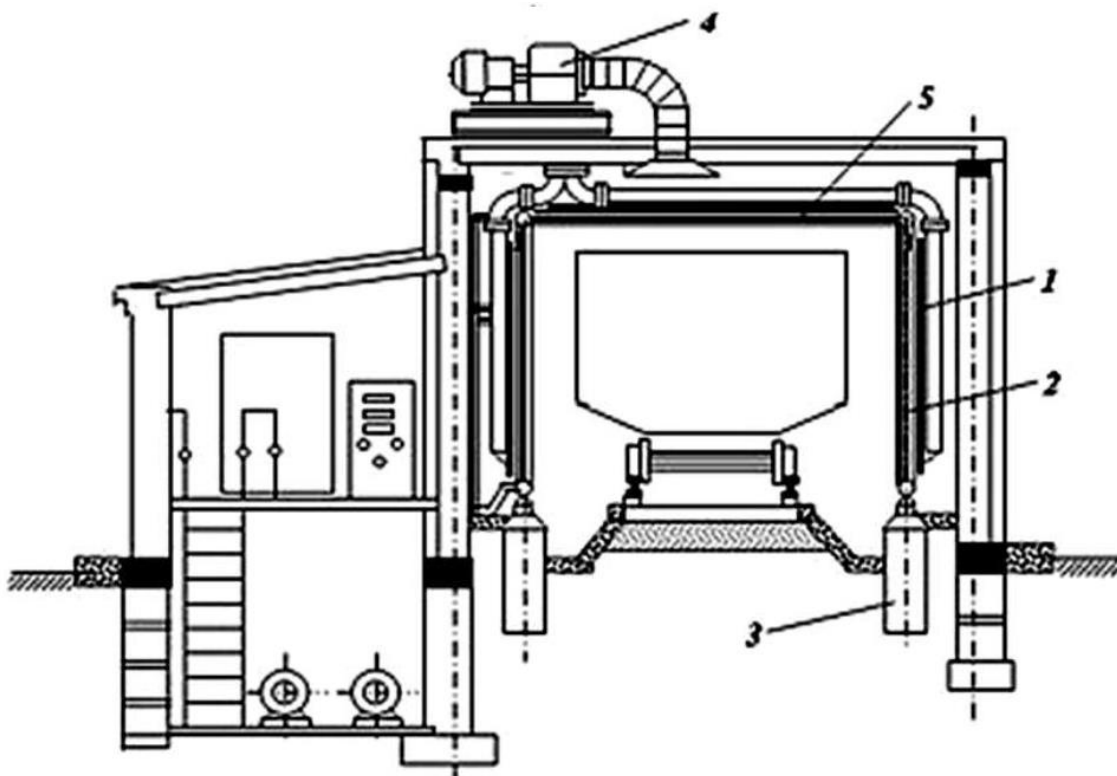


Рисунок 1.4 – Тепляк-розморожувач:

- 1 – відбивні екрани; 2 – вертикальні трубчасті панелі; 3 – опори;
4 – вентиляційний пристрій; 5 – сталева рубчаста панель

Найефективнішим способом розвантаження вагонів зі замерзлими вантажами є використання тепляків-розморожувачів. Час, який вагони перебувають у тепляку-розморожувачі, залежить від ступеня замерзання вантажу і зазвичай становить 2-4 години. Незважаючи на досить тривалий час розморожування, загальний час простою вагонів під час розвантаження зменшується порівняно з розвантаженням замерзлого вугілля, піску, рудного концентрату без попереднього розморожування.

1.3 Аналіз вантажопотоків металургійного підприємства

До основних сипких вантажів, що надходять на металургійне підприємство можна віднести такі:

- залізорудний концентрат;
- рудні матеріали;
- кам'яне вугілля;
- вапняк;
- кокс;
- окатиші.

Окрім того на підприємство можуть надходити інші сипкі вантажі, такі як порошок магнезитовий, кварцити, цемент тощо. Але їх обсяги відносно невеликі, тому ці вантажі досліджувалися разом під категорією «інші».

Як видно з діаграми (рис. 1.5) найбільші обсяги надходжень сировини складають залізорудний концентрат та рудні матеріали.

У таблиці 1.1 наведена динаміка добових надходжень сипких вантажів в залежності від місяця.

Графік коливань обсягів надходження залізорудного концентрату та руди за місяцями наведений на рис. 1.6.

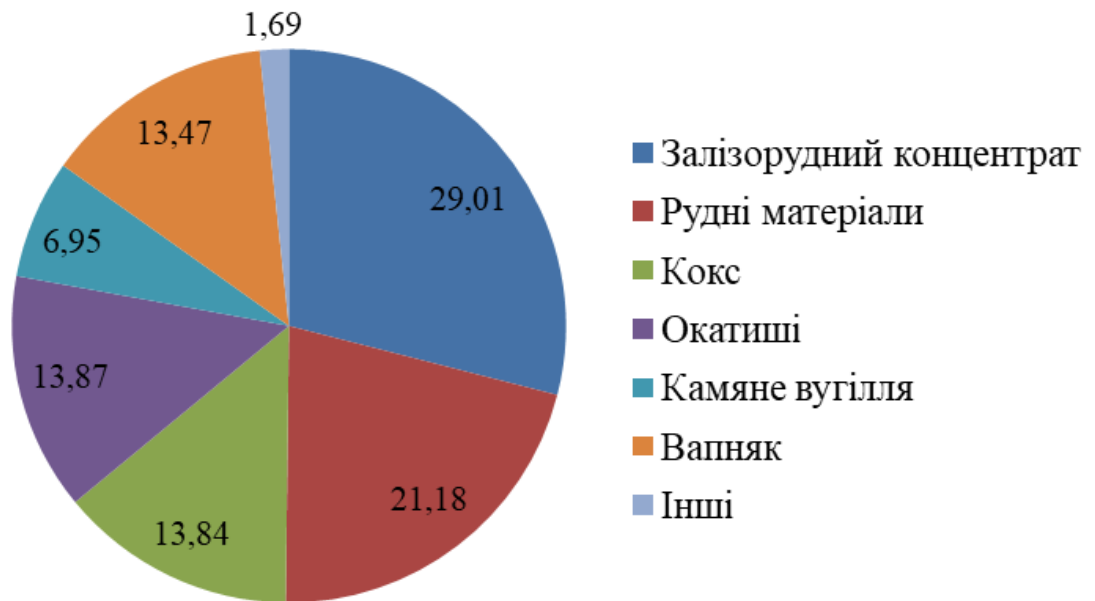


Рисунок 1.5 – Обсяги надходження сировини на металургійне підприємство у відсотковому відношенні

Таблиця 1.1 – Середньодобові обсяги надходження сипких вантажів у вагонах

Місяць	Обсяг надходження вантажу, ваг.							
	Залізо зо- рудн. конц.	Рудні мате- ріали	Кам'я- не ву- гілля	Вап- няк	Кокс	Ока- тиші	Інші	Всьо- го
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Січень	121	83	24	63	55	71	10	427
Лютий	145	63	46	69	64	76	8	471
Березень	132	104	21	75	58	78	10	478
Квітень	123	93	31	53	59	63	3	425
Травень	121	91	28	50	51	32	3	376
Червень	136	98	36	53	40	29	6	398
Липень	120	98	17	47	63	23	9	377

Кінець таблиці 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Серпень	106	93	32	43	66	69	8	417
Вересень	105	83	47	51	63	60	10	419
Жовтень	119	89	26	76	67	72	3	452
Листопад	130	87	16	49	59	56	9	406
Грудень	121	93	33	58	58	77	8	448

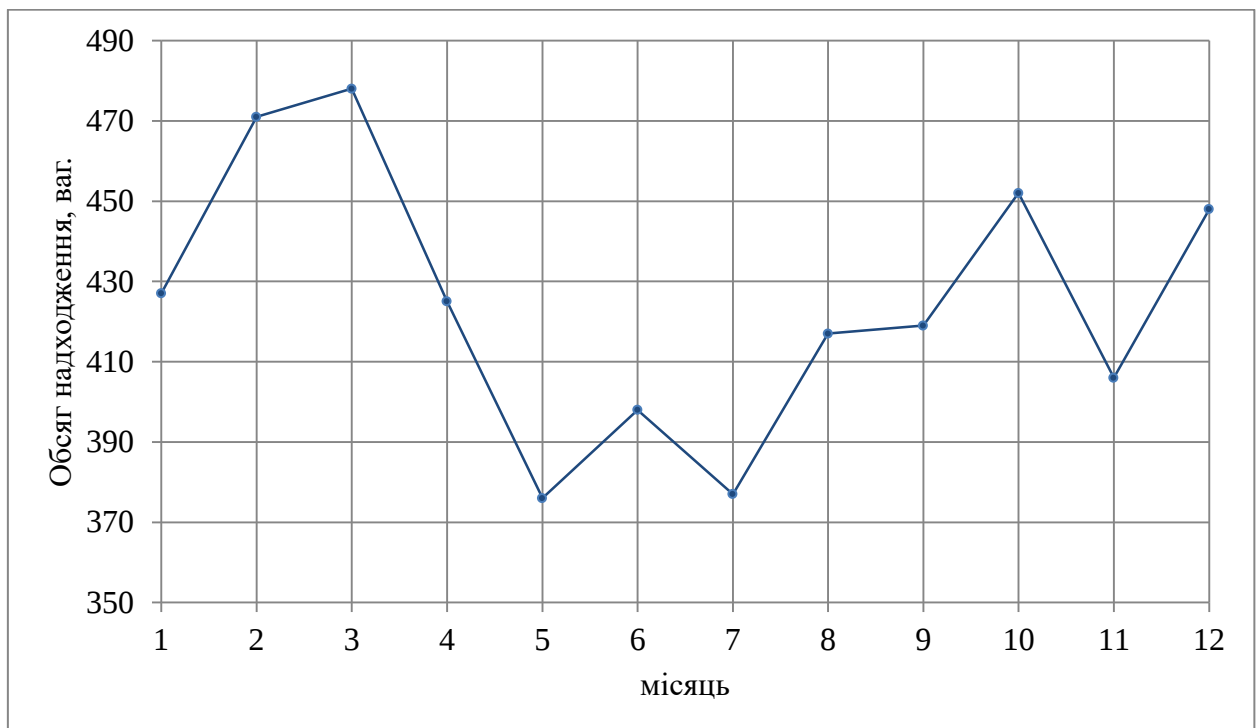


Рисунок 1.6 – Середньодобові обсяги надходження залізорудного концентрату та руди за місяцями

Зважаючи на складність транспортної системи підприємства та наявність широкої номенклатури вантажів і постачальників, аналітично розрахувати та ідеально спланувати обсяги надходження сировини практично неможливо. У цьому полягає основна проблема збільшення простору вагонів під вивантаженням в холодну пору року.

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Статистичний аналіз надходжень сипких вантажів

З аналізу даних щодо надходження сипких вантажів на комбінат «Запоріжсталь» видно, що середньодобове надходження має суттєві коливання. Розрахунки проведені щомісяця, що враховує похибки «переходу» великих партій вагонів чи маршрутів між добами.

На графіках (рис. 2.1 – 2.2) відображено середньодобові обсяги надходження залізрудного концентрату та руди за місяцями на протязі року.

Встановлено, що для надходження маршрутів цих вантажів можливі відхилення у середньодобових обсягах за місяцями – до 18%.

При цьому бачимо, що обсяги надходження у холодні місяці року суттєво перевищують середні обсяги надходження. Хоча очевидно, що в теплу пору року вивантаження значно спрощується за рахунок відсутності необхідності розігріву вантажів.

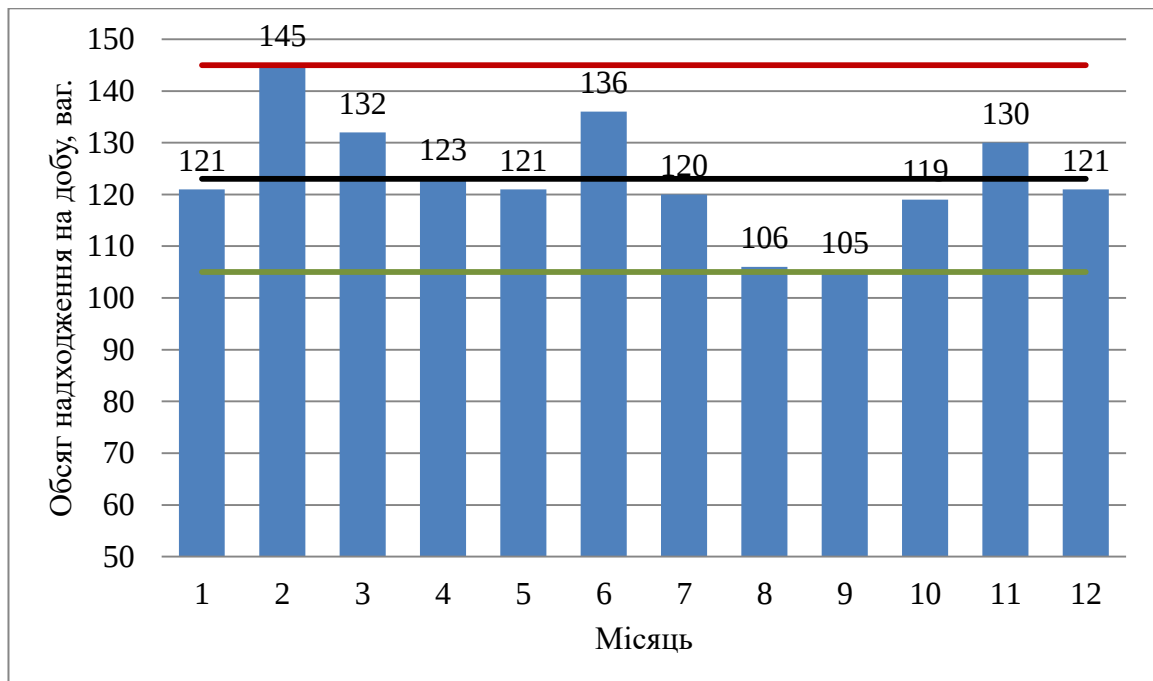


Рисунок 2.1 – Обсяг надходження залізрудний концентрату

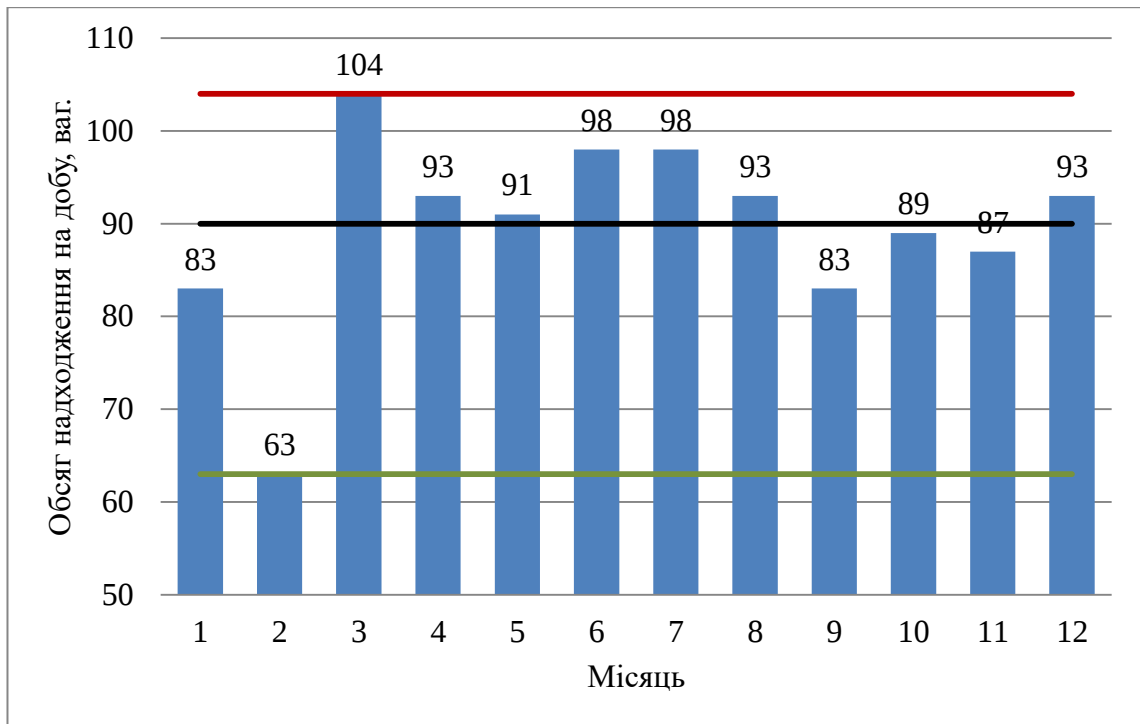


Рисунок 2.2 – Обсяг надходження рудних матеріалів

Було виконано статистичний аналіз інтервалів надходження вантажів, отримано імовірнісні закони прибуття та визначено параметри даних законів. Саме за рахунок управління постачанням цих вантажів і пропонується покращити роботу транспортної системи.

Для цього вибірки досліджуваних значень слід перевірити на наявність викидів (аномальних значень), скористаємося критерієм Шовене [4].

$$\delta = \frac{|x_i - \bar{x}|}{\sigma}$$

де x_i – елемент вибірки, що перевіряється на аномальність;

$\bar{x}$ – середнє значення вибірки;

σ - стандартне відхилення досліджуваної вибірки.

Перевіримо максимальне значення досліджуваної вибірки:

$$\delta = \frac{|39,67 - 9,91|}{7,38} = 4,03.$$

Критичне значення K^* для кількості спостережень $n = 126$ становить 2,853. А отже не виконується умова $K^* < \delta$, тому значення є викидом. Аналогічно перевіряємо наступне максимальне та мінімальне значення, до моменту, поки не буде задовольнятися умова. Досліджувані вибірки наведені у додатку А та Б.

Після того, як виключені всі аномальні значення, виконуємо статистичний аналіз отриманої вибірки.

Основні статистичні характеристики вибірок визначаємо за методикою [5]. Результати розрахунків наведено у таблиці 2.1

Таблиця 2.1 – Статистичні характеристики випадкової величини інтервалів надходження залізородного концентрату та рудних матеріалів

Показник	Вид вантажу	
	Концентрат залізородний	Рудні матеріали
Середнє значення, год	8,98	10,64
Мінімальне значення, год	2,00	2,00
Максимальне значення, год	23,83	28,08
Стандартне відхилення, год	6,09	6,73
Коефіцієнт варіації, %	67,81	63,25

У програмі Statistica будуюмо гістограми розподілу випадкової величини. Зображення отриманих законів розподілу для інтервалів надходження залізородного концентрату та рудних матеріалів наведені на рис. 2.3 та 2.4 відповідно.

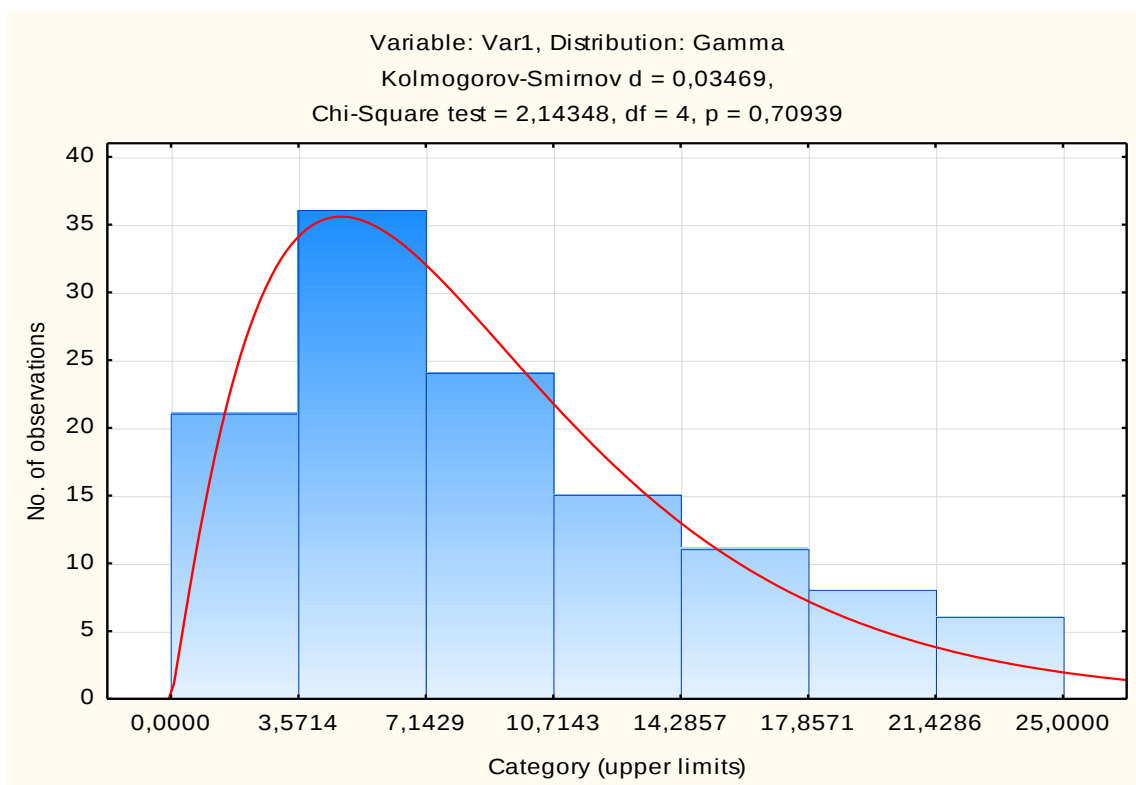


Рисунок 2.3 – Інтервали надходження залізорудного концентрату

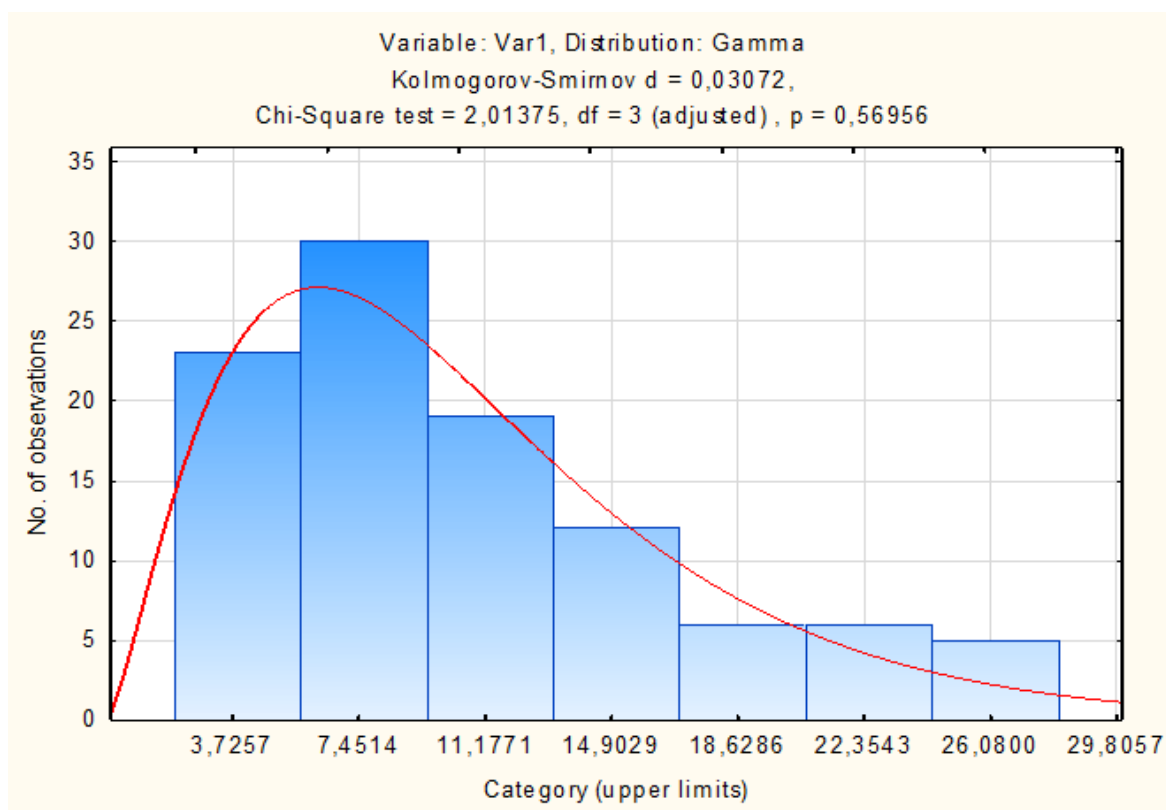


Рисунок 2.4 – Інтервали надходження рудних матеріалів

Згідно статистичному аналізу встановлено, що випадкові величини інтервалів надходження залізорудного концентрату та рудних матеріалів підпорядковуються гамма-розподілу.

Визначимо основні параметри цього закону α – параметр форми та β – параметр масштабу за формулами:

$$\alpha = \left(\frac{\bar{X}}{\sigma_x} \right)^2; \quad (2.3)$$

$$\beta = \frac{\sigma_x^2}{\bar{X}}, \quad (2.4)$$

де σ_x - стандартне відхилення.

Для залізорудного концентрату:

$$\alpha = \left(\frac{8,98}{6,09} \right)^2 = 2,17;$$

$$\beta = \frac{6,09^2}{8,98} = 4,13.$$

Для рудних матеріалів:

$$\alpha = \left(\frac{10,64}{6,73} \right)^2 = 2,5;$$

$$\beta = \frac{6,73^2}{10,64} = 4,26.$$

За аналогічною методикою були досліджені всі основні вантажопотоки сировини на підприємство. Результати досліджень наведені у таблиці 2.2. Графічні зображення отриманих законів розподілу цих вантажів наведені у додатку Б.

Таблиця 2.2 – Статистичні характеристики випадкової величини інтервалів надходження сипких вантажів

Показник	Середнє значення, год	Мінімальне значення, год	Максимальне значення, год	Стандартне відхилення, год	Коефіцієнт варіації, %
Кокс	9,03	2,00	28,50	6,55	72,48
Вугілля	15,78	2,00	46,08	11,73	74,31
Окатиші	26,82	2,00	60,33	14,52	54,12
Вугільний концентрат	30,45	2,00	103,50	25,91	85,09
Вапняк	8,54	2,00	25,42	6,11	71,52
Інші	21,96	2,00	61,58	14,29	65,06

Для випадкової величини інтервалів надходження коксу, вугільного концентрату та вугілля було встановлено експоненційний закон розподілу, для окатишів, вапняку та інших – гамма-розподіл.

2.2 Проведення експерименту в умовах варіювання обсягів надходження вантажів

Експеримент проводився в умовах різкої зміни температури навколишнього середовища. Як приклад, розглянуто період роботи за 10 днів, при якому 5 днів були з негативною температурою навколишнього середовища, а 5

днів – з додатними значеннями.

У п'ятиденний холодний період обсяги надходження маршрутів із залізничним концентратом і рудою зменшувалися на 10%, а наступного за ним п'ятиденний теплий період обсяги надходження збільшувалися на 10%.

Для точності дослідження значення температури повітря моделі задавалися кожні три години, згідно з даними архіву прогнозу погоди (рис. 2.5).

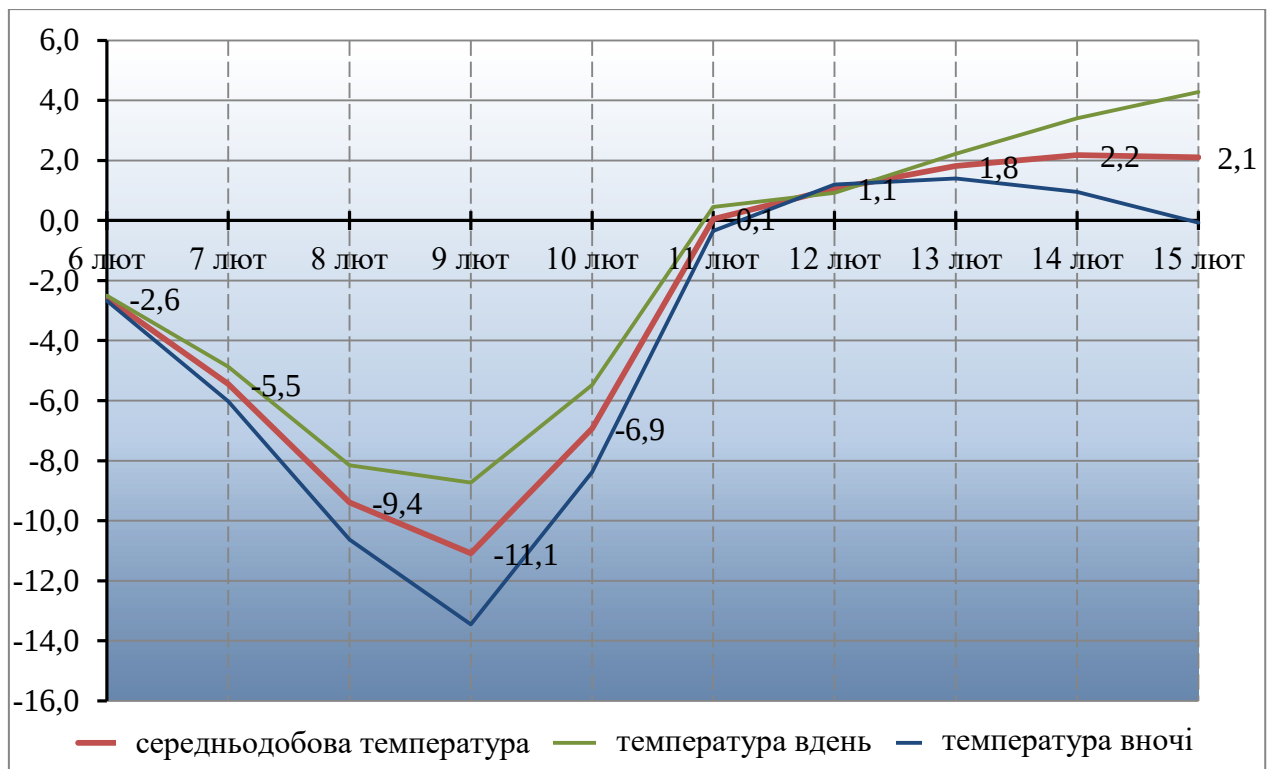


Рисунок 2.5 – Графік коливання температури повітря в досліджуваний період

Як бачимо з графіку, з 06.02 до 10.02 спостерігалось різке похолодання, експеримент для даного періоду проводився в умовах зниження інтенсивності надходжень. З 11.02 по 15.02 температурні умови покращилися, інтенсивність надходження вантажів була збільшена експериментально.

Для проведення експерименту була використана раніше розроблена імітаційна модель, що відтворює процеси надходження сировини на підприємство [6]. Блок діаграми процесу вищевказаної моделі наведено на рис. 2.6.

В цій моделі вантажі надходять згідно заданим законам розподілу. Для визначення оптимального обсягу постачань залізничного концентрату

та рудних матеріалів їх надходження варіювалося в ході проведення експерименту.

Для проведення експерименту було обрано 5 діб з від'ємною температурою повітря і 5 діб – з додатною. Зміна температури повітря в моделі задається кожні 3 години. За від'ємної температури вагони з вантажами направляються до камер розігріву

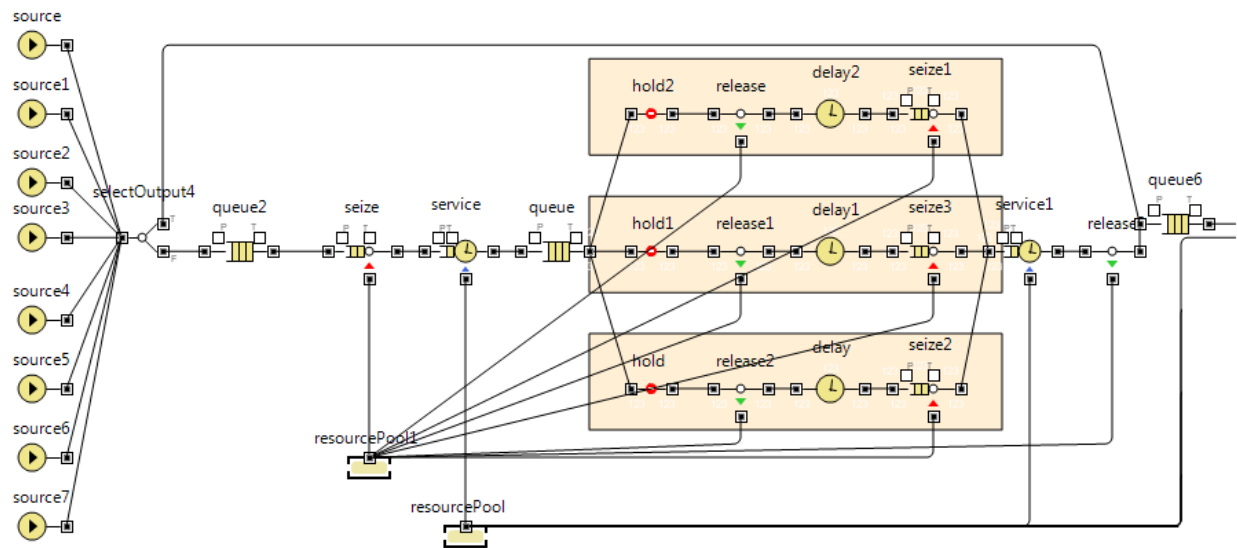


Рисунок 2.6 – Блок імітаційної моделі надходження сировини

2.2.1 Експеримент при від'ємних температурах повітря

У період зниження температури повітря інтервали надходження залізничної сировини було збільшено на 10%. При цьому прибуло на 120 вагонів менше (з них 75 вагонів концентрату 45 вагонів руди). Обсяги надходжень решти вантажів не змінювалися. Середній простий одного вагона скоротився на 1 годину. У таблицях наведено підсумки прогону імітаційної моделі за 5-денний період.

Таблиця 2.2 – Порівняльна таблиця результатів експерименту в умовах зниженої інтенсивності надходжень з показниками роботи в звичайному режимі

Показники	Звичайний режим	Режим зниженої інтенсивності надходжень
Середній інтервал надходження, год:		
Залізородний концентрат	8,98	8,08
Рудні матеріали	10,64	9,57
Середній простій вагону від моменту прибуття до завершення вивантаження, год	4,29	4,58
Кількість вагонів, що прибули:	2250	2370
Концентрат залізородний	645	720
Рудні матеріали	420	465
Вугільний концентрат	240	240
Вугілля	120	120
Вапняк	330	330
Кокс	195	195
Окатиші	225	225
Інші	75	75

2.2.2 Експеримент при додатних температурах повітря

При додатних показниках температури повітря інтервали надходження залізородної сировини скорочені на 10%, за рахунок чого запас залізородної

сировини повністю відновлений (порівняно зі звичайним режимом, прибуло на 75 вагонів концентрату 45 вагонів руди більше). При цьому середній простій одного вагона збільшився на 0,5 години.

Таблиця 2.3 – Порівняльна таблиця результатів експерименту в умовах збільшеної інтенсивності надходжень з показниками роботи в звичайному режимі

Показники	Звичайний режим	Режим збільшеної інтенсивності надходжень
Середній інтервал надходження, год:		
Залізорудний концентрат	8,98	9,88
Рудні матеріали	10,64	11,7
Середній простій вагону від моменту прибуття до завершення вивантаження, год	26,61	25,59
Кількість вагонів, що прибули	2250	2130
Концентрат залізорудний	645	570
Рудні матеріали	420	375
Вугільний концентрат	240	240
Вугілля	120	120
Вапняк	330	330
Кокс	195	195
Окатиші	225	225
Інші	75	75

Слід також зазначити, що було проаналізовано залишки залізорудної сировини на рудному дворі, що дозволило зробити висновок про збереження

стабільної роботи виробництва за пропонованих управлінських рішень.

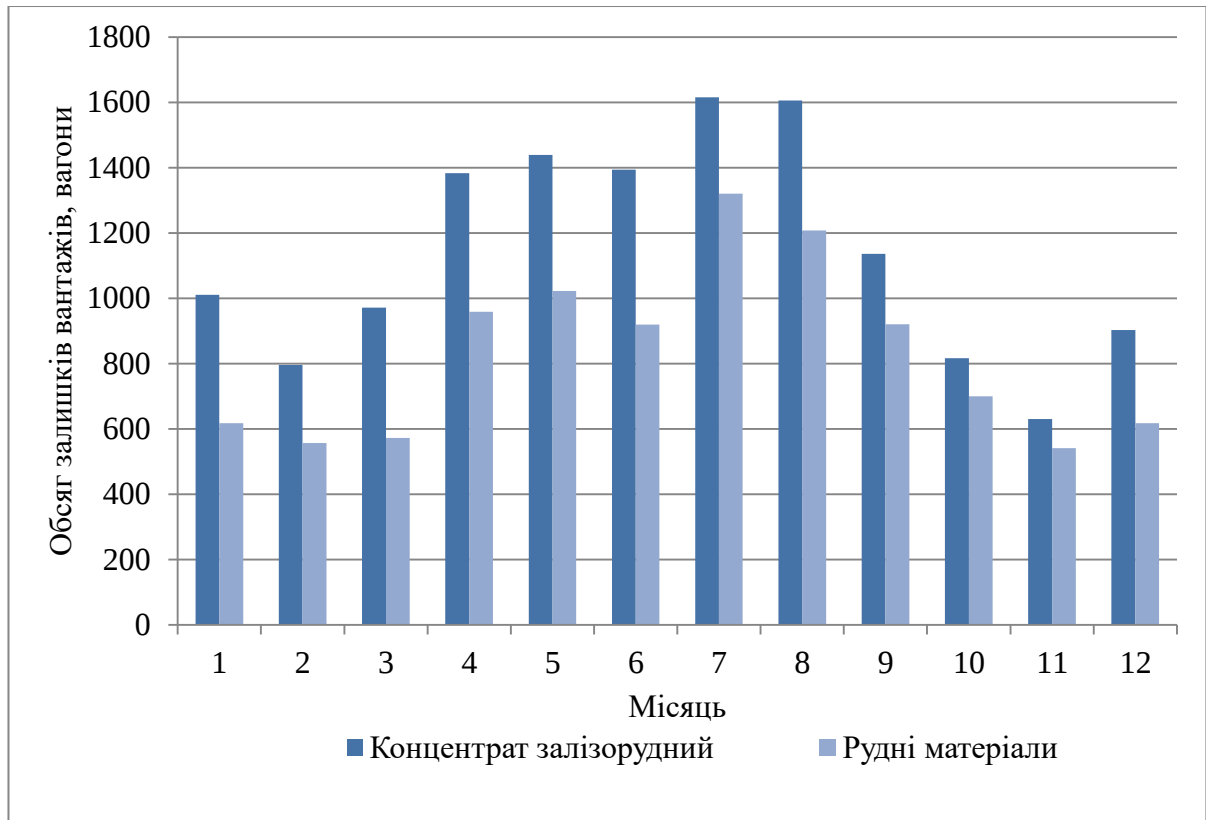


Рисунок 2.6 – Графік залишків залізорудної сировини на початок місяця

Аналіз результатів експериментів на моделі показав, що при управлінні поставками залізорудного концентрату та залізняка можливо скорочення обсягів їх надходжень і збереження мінімальних страхових запасів на складах, а також поповнення цих запасів при поліпшенні погодних умов.

За рахунок організаційних заходів скорочується кількість вагонів, що розігріваються, і, відповідно, час простою вагонів на під'їзних коліях під вантаженням.

Пропоноване рішення можна використовувати на всіх металургійних підприємствах де існує проблема змерзання вантажів у холодний період року.

3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Визначення витрат на користування вагонами

У попередніх частинах роботи було проведено дослідження процесів надходження сировини на металургійне підприємство. Проаналізувавши обсяги вантажопотоків, було встановлено, що у зв'язку зі змерзанням вантажів є доцільними скоротити постачання в дні з від'ємною температурою повітря.

За рахунок такого рішення отримаємо значне скорочення тривалості простою вагонів, так як знизиться кількість вагонів, що потребуватимуть розігріву. Проте треба враховувати необхідність надолуження постачання цих вантажів в більш сприятливі погодні умови. Таким чином, для підтвердження раціональності даного рішення, виконаємо економічні розрахунки та визначимо економічний ефект від впровадження пропонованого режиму роботи підприємства.

Для визначення економічного ефекту від впровадженого рішення необхідно розрахувати вартість простою вагонів при різній інтенсивності надходження вагонів з сировиною на вивантаження.

Вартість простою вагонів визначається за формулою [7]:

$$B = t_{np} \cdot n_{ваг} \cdot C_{ваг-год}, \quad (3.1)$$

де t_{np} – тривалість простою одного вагона, грн.

$n_{ваг}$ – кількість вагонів, що прибули на вивантаження, од.;

$C_{ваг-год}$ – вартість користування вагоном на годину, грн., згідно даних комбінату приймаємо 56,25 грн.

Так як тривалість простою вагонів в холодний та теплий період року значно відрізняються (за рахунок додаткових заходів щодо відновлення сип-

ких властивостей вантажів), треба визначити витрати при звичайному режиму роботи та при режимі змінення інтенсивності надходжень для кожного періоду. Спочатку визначимо для звичайного режиму роботи в холодний період за формулою (3.1):

$$B_{звич}^{хол} = 26,61 \cdot 2250 \cdot 56,25 = 3367828,13 \text{ грн}$$

В режимі зниженої інтенсивності надходження сировини вартість простою вагонів за розглядуваний 5-добовий період складе:

$$B_{инт}^{хол} = 25,59 \cdot 2130 \cdot 56,25 = 3066002 \text{ грн}$$

При роботі в умовах додатної температури повітря, при підвищеній інтенсивності надходжень вантажів збільшиться кількість вагонів на вивантаженні, а відповідно зросте вартість їх обслуговування:

$$B_{звич}^{тепл} = 4,29 \cdot 2250 \cdot 56,25 = 542953,13 \text{ грн}$$

$$B_{инт}^{тепл} = 4,58 \cdot 2370 \cdot 56,25 = 610571,3 \text{ грн}$$

3.2 Визначення економічного ефекту

Визначивши витрати на простій вагонів в різних режимах роботи підприємства можемо спостерігати, що зміна інтенсивності надходжень значно впливає на вартість користування вагонами.

За рахунок скорочення обсягів надходження залізорудної сировини в холодний період року можливо отримати економію:

$$E = B_{звич}^{хол} - B_{інт}^{хол} \quad (3.2)$$

$$E = 3367828,13 - 3066002 = 301826 \text{ грн}$$

Але для надолуження потрібної кількості сировини в теплий період року буде збільшуватися кількість надходження вагонів, тому додаткові витрати в розглядуваний 5-денний період складуть:

$$B_{доо} = B_{інт}^{тепл} - B_{звич}^{тепл} \quad (3.3)$$

$$B_{доо} = 610571,3 - 542953,13 = 67618 \text{ грн}$$

Для зручності всі розрахунки зведемо у порівняльну таблицю 3.1

Таблиця 3.1 – Порівняння різних режимів роботи

Показники	Робота в холодний період (5 діб)			Робота в теплий період (5 діб)		
	Звичайний режим	Режим зниженої інтенсивності надходжень	Різниця	Звичайний режим	Режим підвищеної інтенсивності надходжень	Різниця
Середній простій вагону, год	26,61	25,59	1,02	4,29	4,58	-0,29
Кількість вагонів, що надійшли, од	2250	2130	120	2250	2370	-120
Вартість простою вагонів, грн.	3367828,13	3066002	301826	542953,13	610571,3	-67618

Визначимо економічний ефект за 10-ти добовий період з урахуванням різних режимів надходження сировини:

$$E_{ef} = E - B_{доd}, \quad (3.4)$$

$$E_{ef} = 301826 - 67618 = 234208 \text{ грн}$$

А отже, добова економія складатиме 23420,8 грн. Тоді, за зимовий період року (приймаємо його тривалість в середньому 90 діб) загальна економія від впровадженого рішення складе:

$$E_{ef}^{piч} = 23420,8 \cdot 90 = 2107873,13 \text{ грн}$$

Таким чином, при зменшенні обсягів надходження сировини на 10% в період від'ємних температур повітря можна отримати економію в розмірі близько 2 млн. грн.

ВИСНОВКИ

Метою роботи було удосконалити організацію доставки та вантажо-переробки сипких вантажів на прикладі металургійного підприємства за рахунок управління обсягами вантажопотоків.

В аналітичній частині досліджено особливості транспортування сипких вантажів, їх властивості. Розглянуто основні заходи щодо відновлення сипких властивостей вантажів. Проаналізовано основні вантажопотоки підприємства.

В основній частині виконано статистичний аналіз інтервалів надходження сипких вантажів, проаналізовано вплив температури повітря на тривалість простою вагонів. Було проведено експерименти на імітаційній моделі в умовах збільшення інтервалу надходження цих вантажів на 10% в період зниження температури повітря в результаті чого середній простій одного вагона в холодний період скоротився на 1 годину. При додатних показниках температури повітря інтервали надходження залізорудної сировини скорочені на 10%, за рахунок чого запас залізорудної сировини повністю відновлений, а простій збільшився на 0,5 год.

Аналіз результатів експериментів на моделі показав, що при управлінні поставками залізорудного концентрату та рудних матеріалів можливо скорочення обсягів їх надходжень і збереження мінімальних страхових запасів на складах, а також поповнення цих запасів при поліпшенні погодних умов.

В економічній частині були проведені розрахунки витрат на користування вагонами у звичайному режимі роботи та в режимах зміни обсягів надходження залізорудного концентрату та рудних матеріалів на підприємство. Встановлено, що при зменшенні обсягів надходження сировини на 10% в період від'ємних температур повітря можна отримати економію в розмірі близько 2 млн. грн.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Вантажні перевезення. Управління вантажною і комерційною роботою: підручник / С.В. Панченко, А.О. Каграманян, В.С. Блиндюк та ін. Ч. 2. Харків: УкрДУЗТ, 2016. 462 с.
2. Вантажні перевезення на залізничному транспорті : підручник / О.В. Лаврухін та ін. Частина 1. Харків : УкрДУЗТ, 2015. 260 с.
3. Правила перевезень вантажів залізничним транспортом України : Наказ Міністерства транспорту України від 21.11.2000 р. № 644 : редакція від 28.11.2014 р. Офіційний сайт Верховної Ради України.
URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z086100#Textlegal_documents/terms_of_freight/ (дата звернення: 15.09.2022).
4. Лащенко О.А., Кузькін О.Ф., Грицай С.В. Імовірнісні і статистико-експериментальні методи аналізу транспортних процесів і систем. Запоріжжя : ЗНТУ, 2011. 420 с.
5. Лащенко О. А. Методи і моделі оптимізації транспортних процесів і систем: навч. посібник / О. А. Лащенко, О. Ф. Кузькін. – Запоріжжя, ЗНТУ, 2006. – 435 с.
6. Острогляд О. О. Підвищення ефективності роботи транспортно-складської системи виробничого рівня металургійного підприємства на основі логістичних принципів : дис. канд. техн. наук : 05.22.12 / Острогляд О. О. Запоріжжя, 2019. 160 с.
7. Методичні вказівки до економічної частини дипломного проекту для студентів денної і заочної форми навчання спеціальності 275 «Транспортні технології (за видами)» / Укл. Кузькін О.Ф., Харченко Т.В., Васильєва Л.О., Лебідь Г.О. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2021. – 34 с.

ДОДАТОК А

ІНТЕРВАЛИ НАДХОДЖЕННЯ ЗАЛІЗОРУДНОГО КОНЦЕНТРАТУ

№	Значення	№	Значення	№	Значення	№	Значення	№	Значення
1	3,67	27	8,58	53	8,00	79	6,00	105	4,00
2	2,00	28	9,58	54	12,17	80	14,00	106	4,00
3	2,00	29	18,67	55	15,67	81	7,50	107	3,25
4	2,00	30	4,00	56	29,17	82	22,50	108	6,25
5	2,00	31	5,58	57	12,92	83	2,00	109	31,25
6	14,67	32	14,00	58	9,25	84	2,00	110	10,42
7	10,50	33	2,00	59	10,33	85	2,00	111	6,00
8	10,83	34	7,83	60	11,08	86	4,00	112	3,58
9	10,00	35	14,92	61	39,67	87	4,00	113	6,25
10	2,00	36	2,00	62	22,00	88	18,33	114	14,00
11	2,00	37	12,75	63	12,17	89	10,00	115	15,75
12	8,58	38	4,00	64	6,50	90	5,50	116	12,42
13	2,00	39	28,75	65	13,00	91	14,00	117	12,83
14	2,00	40	8,50	66	23,83	92	10,17	118	9,67
15	2,00	41	4,00	67	4,92	93	8,08	119	11,50
16	6,00	42	6,00	68	11,17	94	6,00	120	22,08
17	4,00	43	8,25	69	10,67	95	8,58	121	6,42
18	4,00	44	10,00	70	4,00	96	6,00	122	21,83
19	2,00	45	4,58	71	17,50	97	18,33	123	6,83
20	4,00	46	21,08	72	15,00	98	2,00	124	4,00
21	14,83	47	15,83	73	2,00	99	18,00	125	5,67
22	4,00	48	19,83	74	2,00	100	15,00	126	6,67
23	4,00	49	18,25	75	28,58	101	4,00		
24	6,33	50	20,92	76	17,00	102	10,58		
25	2,00	51	16,58	77	22,17	103	2,00		
26	7,17	52	4,00	78	10,00	104	8,00		

ДОДАТОК Б
ІНТЕРВАЛИ НАДХОДЖЕННЯ РУДНИХ МАТЕРІАЛІВ

№	Значення	№	Значення	№	Значення	№	Значення
1	16,50	27	7,17	53	2,00	79	10,00
2	6,00	28	9,83	54	15,75	80	5,00
3	4,00	29	22,75	55	25,33	81	16,33
4	12,67	30	4,33	56	6,42	82	6,58
5	14,25	31	7,58	57	8,00	83	19,08
6	23,83	32	4,42	58	6,00	84	11,08
7	4,00	33	18,00	59	2,00	85	14,08
8	14,58	34	38,83	60	2,00	86	6,42
9	9,83	35	7,67	61	6,00	87	9,42
10	16,00	36	22,25	62	10,00	88	2,00
11	8,00	37	13,00	63	17,58	89	8,50
12	6,00	38	8,33	64	10,58	90	4,00
13	10,58	39	12,00	65	2,00	91	8,50
14	12,92	40	7,08	66	4,17	92	10,00
15	26,00	41	8,00	67	2,00	93	6,67
16	10,17	42	22,00	68	6,50	94	8,17
17	3,33	43	28,08	69	3,33	95	12,42
18	24,50	44	20,50	70	18,33	96	3,67
19	10,00	45	4,00	71	12,00	97	3,67
20	16,67	46	7,33	72	12,00	98	14,33
21	22,67	47	34,92	73	8,00	99	16,33
22	12,00	48	8,67	74	6,00	100	27,75
23	17,25	49	8,00	75	12,00	101	4,58
24	6,00	50	8,00	76	2,00	102	3,17
25	23,67	51	2,00	77	6,17	103	8,58
26	15,00	52	2,42	78	15,83	104	

ДОДАТОК В

ГРАФІЧНЕ ЗОБРАЖЕННЯ ЗАКОНІВ РОЗПОДІЛУ ВИПАДКОВОЇ ВЕЛИЧИНИ ІНТЕРВАЛІВ НАДХОДЖЕННЯ ВАНТАЖІВ

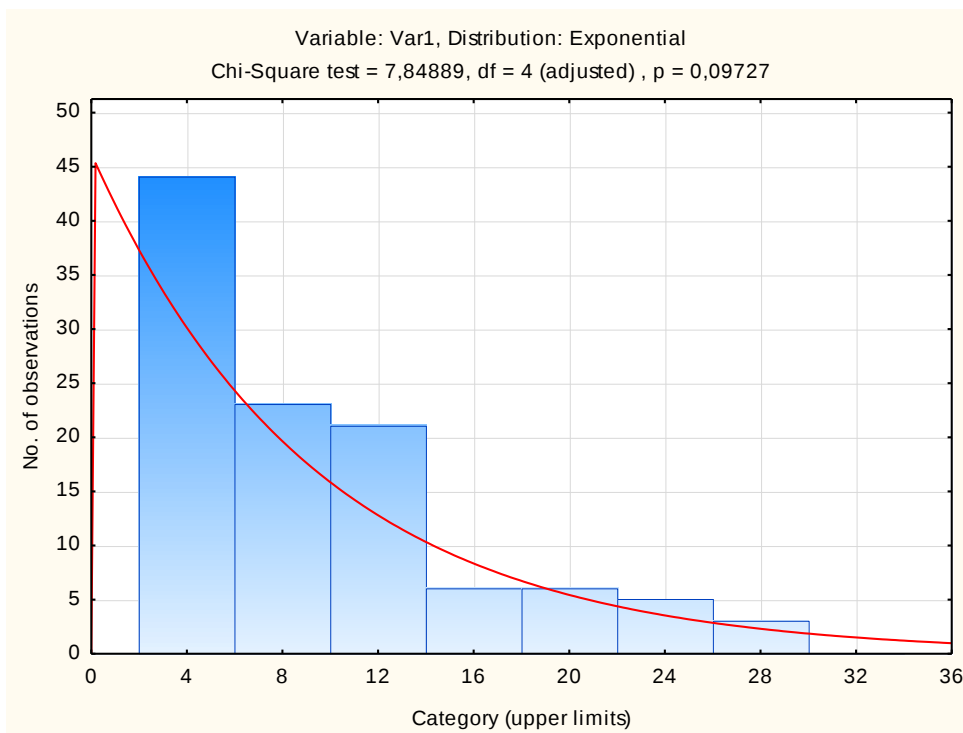


Рисунок Б.1 - Інтервали надходження коксу

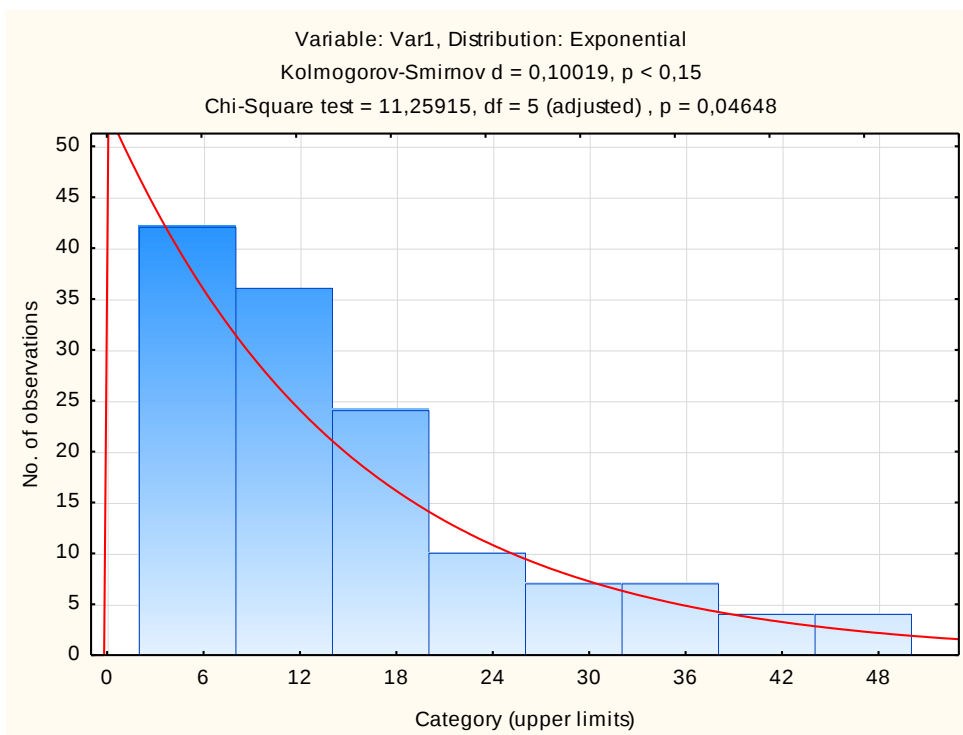


Рисунок Б.2 - Інтервали надходження вугілля

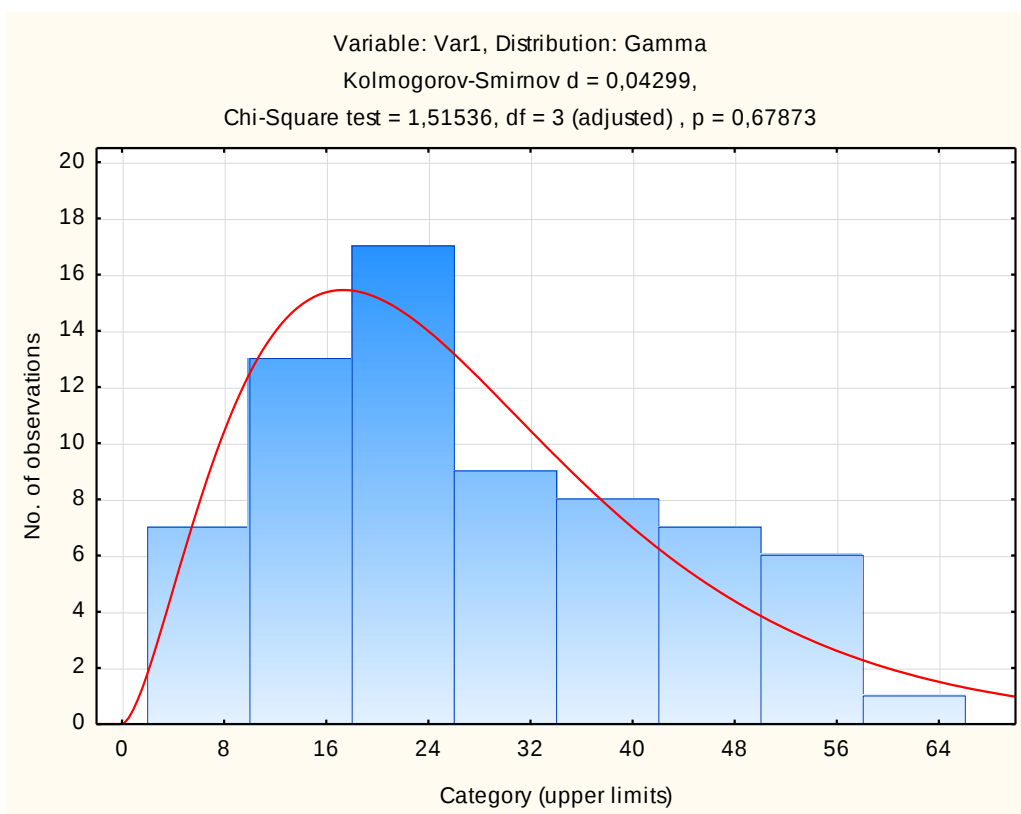


Рисунок Б.3 - Інтервали надходження окатишів

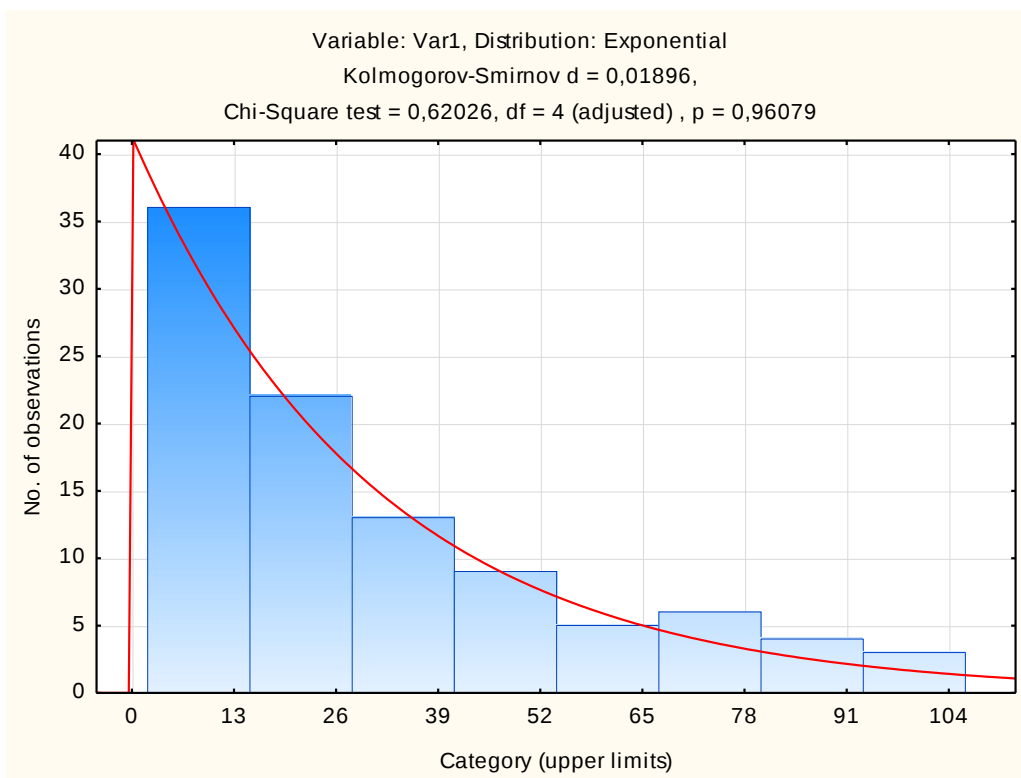


Рисунок Б.4 - Інтервали надходження вугільного концентрату

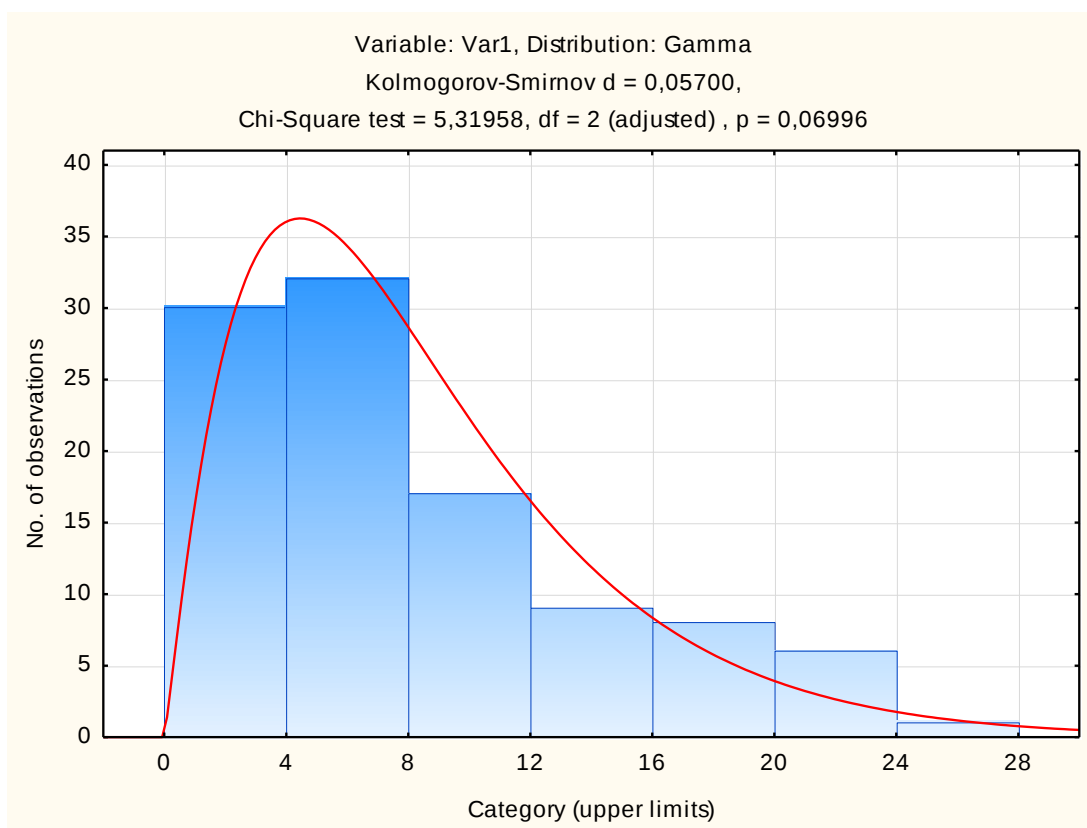


Рисунок Б.5 - Інтервали надходження вапняку

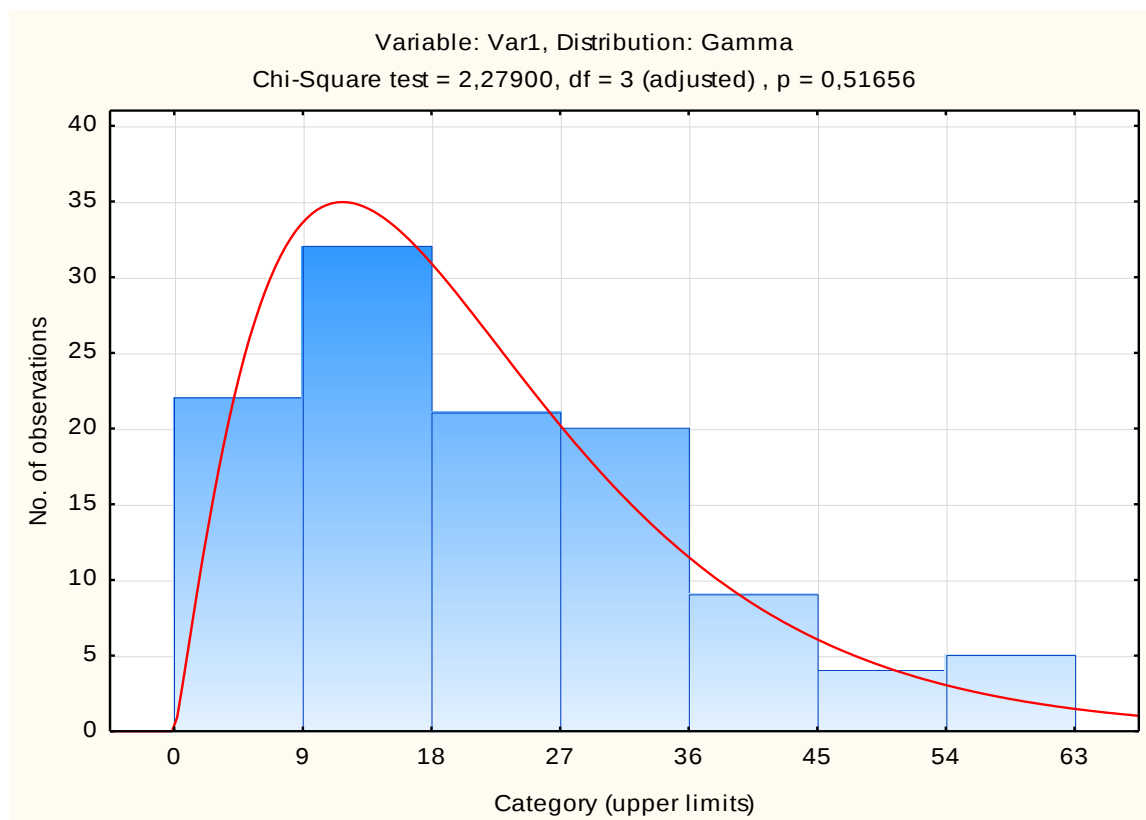


Рисунок Б.6 - Інтервали надходження інших вантажів