

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний, транспортний

(повне найменування інституту, факультету)

«Транспортні технології»

(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проєкту (роботи)

магістра

(ступінь вищої освіти)

на тему ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ ВИВАНТАЖЕННЯ
ВАГОНІВ ПАТ «ЗАПОРІЖСТАЛЬ» ШЛЯХОМ МЕХАНІЗАЦІЇ ЇХ
ОЧИЩЕННЯ

Виконала: студентка ІІ курсу, групи T-810м

Спеціальності 275 Транспортні технології

(на залізничному транспорті)

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Транспортні технології

(на залізничному транспорті)



Тетяна ШИМКО

(прізвище та ініціали)

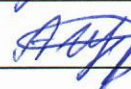
Керівник



Олена ОСТРОГЛЯД

(прізвище та ініціали)

Рецензент



Андрій ЩЕРБИНА

(прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»
 (повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут, факультет _____ машинобудівний, транспортний _____
 Кафедра _____ «Транспортні технології» _____
 Ступінь вищої освіти _____ магістр _____
 Спеціальність _____ 275 Транспортні технології _____
 _____ (на залізничному транспорті) _____
 _____ (код і найменування)
 Освітня програма (спеціалізація) _____ Транспортні технології _____
 _____ (на залізничному транспорті) _____
 _____ (назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

«Транспортні технології» _____

Сергій ТУРПАК

«05» 10 2021 року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

Шимко Тетяни Олександрівни

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Підвищення ефективності процесу вивантаження вагонів ПАТ «Запоріжсталь» шляхом механізації їх очищення

керівник проєкту (роботи) Острогляд Олена Олександрівна

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «05» листопада 2021 р. №425

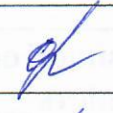
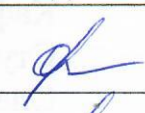




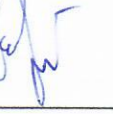

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 30.11.2021 р.

3. Вихідні дані до проєкту (роботи), характеристика вантажних фронтів, характеристика основних вантажопотоків, існуюча технологія очищення вагонів від залишків вантажу, вартість очищення вагонів

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналітична частина. 2. Основна частина. 2.1 Статистичний аналіз даних та визначення законів розподілу. 2.2 Вибір варіанту механізації процесу очищення вагонів на Рудному подвір'ї станції «Рудна» ПАТ ЗМК «Запоріжсталь» 2.3 Розрахунок часу очищення вагонів на Рудному подвір'ї станції «Рудна». 3. Економічна частина. 4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

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

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
Аналітична частина	Острогляд О.О., доцент		
Основна частина	Острогляд О.О., доцент		
Економічна частина	Харченко Т.В., ст. викл.		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Лазуткін М.І., доцент		

7. Дата видачі завдання «05» жовтня 2021 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Аналітична частина	18.10-30.10	
2	Основна частина	01.11-13.11	
3	Економічна частина	15.11-20.11	
4	Охорона праці	22.11-26.11	
5	Оформлення МР	27.11-30.11	
6	Перевірка МР на плагіат	01.12-10.12	
7	Отримання зовнішніх рецензій	13.12-18.12	
8	Захист магістерських робіт	20.12-24.12	

Студент(ка)


(підпис)

Тетяна ШИМКО

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)


(підпис)

Олена ОСТРОГЛЯД

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 99 с., 20 табл., 13 рис., 2 дод., 32 джерела.

ВАНТАЖНИЙ ФРОНТ, ЗАКОН РОЗПОДІЛУ, МАГНІТНО-ІМПУЛЬСНЕ ОБЛАДНАННЯ, МЕХАНІЗАЦІЯ, ОЧИЩЕННЯ ВАГОНІВ, СПОСІБ ОЧИЩЕННЯ РУХОМОГО СКЛАДУ, ЩІТКОВА МАШИНА

Об'єкт дослідження: зона очищення вагонів Рудного подвір'я станції «Рудна» ПАТ ЗМК «Запоріжсталь»

Мета дослідження: механізація процесу очищення вагонів на ПАТ ЗМК «Запоріжсталь»

Методи дослідження: аналітичний, статистичний із застосуванням ЕОМ

Розглянуто існуючу технологію очищення вагонів на ПАТ «Запоріжсталь» на прикладі вантажного фронту Південного маневрового району комбінату. Проаналізовано сучасні способи механізації очисного процесу, які можливо використовувати для впровадження. Проведений статистичний аналіз даних підприємства за найнапруженішими вантажними фронтами комбінату «Запоріжсталь». Обрано з існуючих методів механізації 2 найбільш вигідні для використання в умовах вантажного фронту (щіткова пересувна машина та магнітно-імпульсне обладнання). Розраховано час простою вагонів під очищення на Рудному подвір'ї станції «Рудна» з використанням існуючої технології та після впровадження механізації процесу. За економічними розрахунками обрано остаточний варіант для впровадження на підприємство. Проаналізовані умови охорони праці з використанням механізації очисного процесу.

ЗМІСТ

	с.
Завдання на магістерську роботу.....	2
Реферат	4
Вступ.....	8
1 Аналітична частина.....	9
1.1 Характеристика Південного маневрого району Управління залізничним транспортом ПАТ ЗМК «Запоріжсталь»	9
1.1.1. Характеристика основних вантажних фронтів Південного маневрого району УЗТ ПАТ ЗМК «Запоріжсталь»	13
1.1.2 Технологія очищення вагонів від залишків вантажу, що використовується в Південному маневровому районі ПАТ ЗМК «Запоріжсталь»	21
1.1.3 Основні фактори, що впливають на час обігу вагонів	23
1.2 Характеристика основних вантажопотоків.....	25
1.3 Аналіз сучасних засобів очищення вагонів від залишків вантажів	27
1.4 Обґрунтування доцільності розробки пропозицій магістерської роботи	36
2 Основна частина.....	39
2.1 Статистичний аналіз даних та визначення законів розподілу	39
2.1.1 Статистична обробка даних очищення вагонів на Рудному подвір'ї	40
2.1.2 Статистична обробка даних вивантаження вагонів на Бункерах станції «Аглофабрика» та Базисному складі вугілля станції «Вугільна»	45
2.2 Вибір варіанту механізації процесу очищення вагонів на Рудному подвір'ї станції «Рудна» ПАТ ЗМК «Запоріжсталь»	52
2.3 Розрахунок часу очищення вагонів на Рудному подвір'ї станції «Рудна»	54

3 Економічна частина	58
3.1 Визначення витрат на очищення вагонів ручним способом	58
3.2 Визначення економічного ефекту від механізації очисного процесу за допомогою щіткової пересувної машини.....	59
3.2.1. Розрахунок рівня витрат при механізації очисного процесу за допомогою щіткової пересувної машини.....	59
3.2.2. Розрахунок рівня економії при впровадженні механізованого способу очищення вагонів за допомогою щіткової переносної машини та окупності проєктного рішення.....	61
3.3 Визначення строку окупності варіанту механізації очисного процесу з використанням магнітно-імпульсної установки.....	63
3.3.1. Розрахунок рівня витрат при механізації очисного процесу за допомогою магнітно-імпульсного обладнання.....	64
3.3.2. Розрахунок рівня економії при впровадженні механізованого способу очищення вагонів за допомогою магнітно-імпульсного обладнання та окупності проєктного рішення.....	65
4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	68
4.1 Аналіз потенційних небезпек	69
4.2 Заходи по забезпеченню безпеки	71
4.3 Заходи з виробничої санітарії та гігієни праці	72
4.4 Заходи з пожежної безпеки.....	79
4.5 Заходи з цивільного захисту під час перевезення небезпечних хімічних та радіоактивних речовин	81
Висновки	85
Перелік посилань	87
Додаток А.....	92
Додаток Б	99

ВСТУП

Металургійні підприємства для забезпечення виробничого процесу використовують залізничний транспорт, власний та орендований. При використанні рухомого складу, який не є власністю підприємства, виникають додаткові витрати через наявність непродуктивних простоїв вагонів, які ведуть до підвищення плати за використання вагонів. Найбільша їх кількість спостерігається під час знаходження рухомого складу на вантажних фронтах, тому зменшення тривалості вантажних операцій є важливою задачею у питанні оптимізації простоїв залізничного транспорту.

В залежності від фізичних, хімічних особливостей, гранулометричного складу, умов перевезення та клімату вантаж може злежуватися та змерзатися, що ускладнює процес вивантаження, в результаті чого в кузові вагонів утворюються великі залишки, які можуть зависати та утворювати зводи. При використанні ручного способу очищення вагонів це обумовлює складність проведення процесу та затягує його, що в свою чергу підвищує рівень непродуктивних простоїв. Механізація покликана підвищити продуктивність вантажної роботи та якість очисного процесу, зменшити витрати на забезпечення виробничого процесу, рівень ручної праці на підприємствах.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Характеристика Південного маневрого району Управління залізничним транспортом ПАТ ЗМК «Запоріжсталь»

Станції «Рудна», «Аглофабрика» та «Південна» утворюють Південний маневровий район Управління залізничним транспортом (далі УЗТ) ПАТ ЗМК «Запоріжсталь». Він забезпечує ритмічну роботу агломераційного та доменного виробництва. Вантажі надходять на станцію «Південна», після чого розсортовуються на станції «Рудна» та «Аглофабрика», у разі зимової пори року, коли є ризик змерзання, їх подають до розморжувальних гаражів [1].

Розгорнута довжина колій Південного району складає 28,553 км. Він має 83 стрілочних переводи, з яких 61 централізований, 22 – ручні [1].

У непарному напрямку до станції «Південна» прилягають станції «Рудна», «Доменна» та парки станції «Аглофабрика», «Бункера» та «Нові Бункера», за допомогою одноколійних перегонів, що обладнані напівавтоматичним блокуванням, склад холодного чавуну та розливних машин (далі СХЧ та РМ) станції «Доменна» за допомогою одноколіяного перегону з телефонними засобами зв'язку. У парному напрямку - станції «Східна» (одноколійний перегон, напівавтоматичне блокування) та «Південна ЗКХЗ» (з'єднувальна колія з маневровим порядком руху), яка є об'єктом іншого промислового підприємства. Межою станції є вхідні світлофори прилеглих станцій [2].

Колійне господарство станції «Південна» формують 2 парки: приймально-відправний та рудорозморжувальних гаражів. За технічно-розпорядчим актом довжини колій вимірюються в метрах та у кількості вагонів (напіввагони (нв), хопера (хп)). У таблиці 1.1 наведені відомості колійного та паркового господарства

Таблиця 1.1 – Відомість парків та колій станції «Південна» УЗТ ПАТ ЗМК «Запоріжсталь»[2].

Найменування парків або груп колій	Номери колій	Призначення колій	Стрілки, що обмежують колію		Корисна довжина (в метрах)	Місткість (в нвонах)	Наявність на колії	
			від	до			рейкових ланцюгів	контактної мережі
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Приймально – відправний парк	1	Приймально- відправна, сортувальна	43	100	289	19 нв 23хп	є	немає
	2	Приймально- відправна, сортувальна	43	100	287	19 нв 22 хп	є	немає
	3	Приймально- відправна, сортувальна	41	102	328	21 нв 26 хп	є	немає
	4	Приймально- відправна, сортувальна	39	102	373	24 нв 29 хп	є	немає
	5	Приймально- відправна, сортувальна	37	96	525	35 нв 42 хп	є	немає
	6	Приймально- відправна, сортувальна	37	94	598	39 нв 47 хп	є	немає

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	7	Приймально-відправна, сортувальна	35	90	693	46 нв 55 хп	€	немає
	8	Приймально-відправна	25	86	830	55 нв 66 хп	€	немає
	9	Приймально-відправна	23	68	731	48 нв 58 хп	€	немає
	10	Приймально-відправна, сортувальна	23	66	753	50 нв 60 хп	€	немає
	11	Приймально-відправна, сортувальна	33	76	742	49 нв 59 хп	€	немає
	12	Приймально-відправна, сортувальна	33	76	749	49 нв 59 хп	€	немає
	1/1 АП	Вагова	1А	1	275	18 нв 22 хп	€	немає
	22	Відстію	45	упор	75	5 нв 6 хп	немає	немає
	22а	Гараж ЦПУтаРК	45	упор	40	2 нв 3 хп	немає	немає
	23	Витяжна, екіпірувальна	11	упор	250	16 нв 20 хп	€	немає
	24	Витяжна	1А	3	270	18 нв 21 хп	€	немає

Кінець таблиці 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Парк гаражів рудорозморожувальних	1	Розігріву вантажів, відстію вагонів	56	упор	210	15 нв 17 хп	немає	немає
	2	Розігріву вантажів, відстію вагонів	54	упор	210	15 нв 17 хп	немає	немає
	3	Розігріву вантажів, відстію вагонів	54	упор	210	15 нв 17 хп	немає	немає
	4	З'єднувальна	56	74	224	15 нв 17 хп	немає	немає

Станція обладнана вагонними тензовагами на колії 1/1АП. Гранична межа зважування 150 т, а процес визначення маси вагонів відбувається на швидкості до 10 км/год [2].

Південний маневровий район приймає сипучі вантажі, які у зимовий період мають ризик змерзання, тому станція «Південна» обладнана гаражем рудорозморожування (ЦРРС). Основним його призначенням є відновлення сипучості залізородною сировини, вугілля, окатишів, коксу, вапняку, метало-добавок, шлаку, торфу. У пристрій дозволено розміщувати напіввагони 62-93 т та хопера. До гаражів ведуть колії №1, 2, 3. Відновлення сипучості вантажів відбувається з напіввагонами, що мають відпущені гальма та закриті люки. Місткість секції рудорозморожувального гаража за міжцеховою

інструкцією складає 16 хоперів-окаташовозів або 15 чоторивісних напіввагонів [3, с.47].

За характером роботи станція «Південна» є технологічною: на її коліях відбуваються операції формування та розформування поїздів, відстою вагонів, визначення ваги, для чого станція розділена на 4 внутрішні маневрові райони, які мають своє призначення. Поїзди розбиваються на окремі групи вагонів, що далі подаються на Рудне подвір'я та аглофабрику, які є вантажними фронтами як станції, так і всього району.

1.1.1. Характеристика основних вантажних фронтів Південного маневрового району УЗТ ПАТ ЗМК «Запоріжсталь»

Вантажні fronti Південного маневрового району УЗТ ПАТ ЗМК «Запоріжсталь» знаходяться на станціях «Рудна» та «Аглофабрика», куди подаються відчіпи зі станції «Південна». За характером роботи є вантажними.

Станція «Рудна» у парному напрямку прилягає до станції «Південна» за допомогою одноколійного перегону з напівавтоматичним блокуванням та «Підбиральної» - з'єднувальною колією з маневровим порядком руху. Не має прилеглих станції інших підприємств. Межою є світлофори. Рудна має лише 1 парк, деякі з колій якого облаштовані системою контролю ділянок шляху (далі СКДШ). Колійні відомості наведені у таблиці 1.2 [4].

Таблиця 1.2 – Відомості колій та парків станції «Рудна» Південного маневрового району УЗТ ПАТ «Запоріжсталь» [4].

Найменування парків або груп колій	Номери колій	Призначення колій	Стрілки, що обмежують колію		Корисна довжина (в метрах)	Місткість (в вагонах)	Наявність на колії	
			від	до			рейкових ланцюгів	контактної мережі
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Станція Рудна	1	Вантажна	17	12	619	41	-	троллі
	2	Вантажно-розвантажувальний	7а	12	580	38	-	-
	2а	Вантажна	1	9а	90	6	-	-
	2б	Відстій вагонів	9	7а	48	3	-	-
	3	Розвантажувальна	7	8	649	43	СКДШ	-
	4	Приймально-відправна, накопичування	1а	8	915	59	-	-
	5	Приймально-відправна, відстій	3а	7	85	4	-	-
	5а	Обгон	5	16	21	1	-	-
	6	Приймально-відправна	5а	7	40	1	-	-
	7	Розвантажувальна	11	17	110	7	-	троллі
	8	Розвантажувальна	13	17	85	5	-	троллі
9	Ремонтний	13	упор	78	5	-	-	

Кінець таблиці 1.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	10	Вантажна, Очищування	2	упор	213	14	СКДШ	-
	11	Вантажна	16	упор	200	13	-	-
	12	Відстій вагонів	16	упор	200	13	-	-
	13	Відстій вагонів	18	упор	153	10	-	-
	14	Відстій вагонів	18	упор	74	4	-	-
	15	З'єднувальна	20	14	233	15	-	-
	16	Очистки, відстій вагонів	10	упор	105	7	СКДШ	-
	17	Відстій вагонів	20	упор	166	11	-	-
	1а	Очищування	10	12	171	11	СКДШ	-
	3а	Вловлюваний тупик	6	упор	45	3	СКДШ	-

Колії №2, №1А слугують для прийому-відправлення вагонів з негабаритним вантажем [4].

На станції «Рудна» у якості сортувального пристрою для формування та розформування поїздів використовується накат вагоноперекидача, що знаходиться на колії №3. Для гальмування вагонів використовується ручна система з башмаками. На цій же колії знаходиться вагоноперекидач бокового типу БВП-80М, який працює з напіввагонами 60-80 т. Він обладнаний вібратором, яких є засобом для відновлення сипучості вантажів [4].

У якості засобу шляхового огороження використовується скидальний вістряк, який виключає вихід рухомого складу на станційні шляхи з шляхів приймальних бункерів [4].

Станція «Рудна» має пристрої для прийому вантажів. Характеристика пристроїв наведена у таблиці 1.3 [4].

Таблиця 1.3 – Характеристика вантажних пристроїв, якими обладнана станція «Рудна» Південного маневрового району УЗТ ПАТ «Запоріжсталь» [4]

Назва пристрою	Номера прилеглих колій	Довжина вантажного фронту	Механізми, що використовуються на вантажних фронтах
Станція «Рудна», проміжна траншея	1 2	550 м 550 м	Трансферкари, 5 РГП с грейферними захватами ємністю 5,6 м ³
Станція «Рудна», аспіраційна, ділянка пило- та газовловлювача	2а	3 ваг	Засипний пристрій, засипний рукав
Станція «Рудна», (порожнякова сторона) Аспірація ДП-4	11	1 ваг	Засипний пристрій

Рудне подвір'я є вантажним фронтом станції «Рудна», де відбувається процес підготовки рудної сировини для виробництва чавуну у доменних печах. Вантаж подається на станцію «Південна» однорідними маршрутними поїздами, які розформовуються на відчипи по 15 вагонів та подаються на колію №3 станції «Рудна», де працює вагоперекидач. Він укладає штабель вантажів у заданій технологічним процесом послідовності.

Вагони під вивантаження вагоперекидачем подаються на Рудне подвір'я відповідно до заявки, сформованої змінним майстром з підготовки сировини. Заявки та план формування штабелю надається електронною поштою начальнику та диспетчеру Південного району, поїзному диспетчеру цеху експлуатації не пізніше ніж за 30 хвилин до початку зміни. Вагоперекидач вивантажує напіввагони та хопери відкритого типу. До

роботи не допускається рухомий склад з деформованим кузовом, пошкодженими обв'язками та стійками [3].

Процес осаджування складу на колії №3 відбувається за вказівкою чергового по станції «Рудна», що відбувається після дозволу машиністу вагоноперекидача, який має надати інформацію про положення стріли вагоноштовхача та люльки перекидача. Стріла має бути піднята та виходити за верхню межу габариту вагонів, а люлька має бути у нормальному положенні. У разі якщо стан не є таким, машиніст попереджає про це чергового, який має видати наказ машиністу маневрового локомотиву про зупинку за 50 м до штовхача вагонів, при цьому кількість вагонів, що подаються штовхачем, та знаходяться перед перекидачем не має перевищувати 5 одиниць. Під час вивантаження вагонів на колії №3 стрілочні переводи мають бути встановлені в положення уловлювального тупика [3].

Осаджені вагони на колії №3 станції «Рудна» подаються у люльку вагоноперекидача за допомогою вагоноштовхача. Наштовхування вагонів відбуваються за світлофором, що знаходиться на торцях вагоноперекидача. Група вагонів, що складається з 5 одиниць, поступово подається в люльку таким чином, що відбувається розчеплення автоточних пристроїв через різницю у висоті. Коли вагон опиняється у люльці, а складач впевнився, що вагон є повністю відчепленим, вагон перекидається – вантаж під дією гравітаційних сил вивантажується. Коли люлька вагоноперекидача опиняється у нормальному стані, вагоноштовхач наштовхує наступний, він проштовхує вивантажений рухомий склад далі по коліям, а завантажений вагон опиняється у люльці. Процес розвантаження займає 3 хвилини. Далі порожній рухомий склад з колії №3 станції «Рудна» переставляються на фронт очищення.

У разі виходу з ладу вагоноперекидача або технічного обслуговування, рудні матеріали можливо вивантажувати на колії №4. Вона є консольною. Подача вагонів відбувається за вказівкою майстра з підготовки сировини, як зі сторони станції «Південна», так і зі сторони Підбиральної [3].

Станція «Аглофабрика» має 3 парки колій та є другим вантажним фронтом Південного маневрового району. Парками «Бункера» та «Нові бункера» прилягає до станції «Південна» одноколійними перегонами з напівавтоматичним блокуванням, до «Підбиральної» - з'єднувальною колією з маневровим порядком руху. Межами станції є світлофори та маневровий сигнал. Станція межує з Доменним цехом. У таблиці 1.4 наведена відомість колій та парків станції «Аглофабрика» [5].

Таблиця 1.4 – Відомість колій та парків станції «Аглофабрика» Південного маневрового району УЗТ ПАТ «Запоріжсталь» [5].

Найменування парків або груп колій	Номери колій	Призначення колій	Стрілки, що обмежують колію		Корисна довжина (в метрах)	Місткість (у вагонах)	Наявність на колії	
			від	до			рейкових ланцюгів	контактної мережі
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Парк «Нові бункера»	5	Розвантажувальна	9	упор	75	5 нв 6 хп	СКДШ	-
	6	Розвантажувальна	9	упор	75	5 нв 6 хп	СКДШ	-
	5П	Приймально-відправна	1	9	100	6 нв 8 хп	СКДШ	-
Парк «Бункера»	1П	Розвантажувальна	21	упор	140	9 нв 14хп	СКДШ	-
	2П	Розвантажувальна	25	2	660	44	СКДШ	-

Кінець таблиці 1.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	3П	Вантажно-розвантажувальна	23	4	670	44	СКДШ	троллей
	4П	Вантажно-розвантажувальна	15	4	720	48	СКДШ	-
	1А П	Приймально-відправна	5	21	130	8	СКДШ	-
Парк «Аглофабрика»	1	Вантажна	11	10	140	9 нв 14хп	СКДШ	-
	2	Вантажна	11	12	115	7 нв 11хп	СКДШ	-
	3	Виставкова	16	7	85	5 нв 8 хп	СКДШ	-
	4	Витяжна	6	упор	90	6 нв 9 хп	-	-
	1А	Вагова	10	6	70	4 нв 7 хп	-	-
	2А	Відстій	8	14	60	4 нв 6 хп	-	-
	3А	Виставкова	8	16	60	4 нв 6 хп	-	-

Коля №2П станції «Аглофабрика» призначена для негабаритних вантажів. По всім коліям, окрім колій та стрілок району №2 парку «Нові бункера», можливо прийняття-відправлення та відстоювання вагонів з гарячим агломератом за умови, що поруч немає легкозаймистих вантажів [5].

Станція має нецентралізовані стрілки, які не мають запірних пристроїв. Під час маневрової роботи їх переводять складачі поїздів [5].

Аглофабрика обладнана вантажними пристроями, характеристика яких наведена у таблиці 1.5 [5].

Таблиця 1.5 – Характеристика вантажних пристрої станції «Аглофабрика» Південного маневрового району УЗТ ПАТ «Запоріжсталь» [5].

Назва пристрою	Номера прилеглих колій	Довжина вантажного фронту	Механізми, що використовуються на вантажних фронтах
1	2	3	4
Бункерна естакада парку «Бункера»	1П	9 нв 14 хп	Прийомні бункера
	2П	44 ваг	Рудо-грейферний вивантажувач
	3П	44 ваг	Трансферкар, рудо-грейферний вивантажувач
	4П	48 ваг	Рудо-грейферний вивантажувач
Шляхи навантаження агломерату	1	6 хп	Аглострічки, перекидний жолоб
	2		
Бункера прийому палива	5	2 нв	Вібратор пристрою довантаження палива, люкозакривач
	6	3 хп	

Черга та кількість сировини, що вивантажується на Бункерній естакаді Доменного цеху визначається бригадиром бункерів. Він формує заявки, які передаються диспетчеру Південного району. Естакада приймає сировину, навантажену в автоматичні хопера та напіввагони. Під час вивантаження вагонів на естакаді локомотив має бути відчепленим та відведеним на 15 м [3].

Складач поїздів на посту «Бункера» до початку зміни особисто та протягом неї зобов'язаний перевіряти габаритність на консольній колії №4, а у разі виникнення проблем чи наявності вантажу повинен повідомляти про це черговому по станції «Аглофабрика» та бригадиру ПАТ «СТС». Окрім цього, тільки з його дозволу можуть проводитися маневри на бункерній естакаді. У разі якщо об'єм вивантаженої сировини перевищує місткість бункерів та вантажники не мають змоги провести очищення колій, складач поїздів посту «Бункера» складає акт простою вагонів з позначенням часу та причини [3].

Перевезення агломерату по комбінату відбувається у аглохоперах, які формують поїзди типу «вертушка». Організація їх руху відбувається за контактним графіком, який має бути затверджений начальником цеху експлуатації та аглоцехом. Навантаження хоперів відбувається за допомогою аглострічок на колія №1 та 2 станції «Аглофабрика». За подачу-прибирання вагонів на колії №1-2 відповідальним є вантажник агломерату або складач поїздів, який орієнтується на покажчики світлофорів або усне повідомлення агломераційника. У разі проведення робіт з бракованим вантажем майстер відділу агломерації повинен повідомити диспетчера аглоцеху та станції, вантажника, бригадира бункерів. Вивантаження такої сировини відбувається на консольній колії бункерної естакади. У разі неможливості проведення вантажних робіт з хоперами протягом 3 год, вагон відправляється на колії відстію до тих пір, поки температура вагону не знизиться до 50°C [3].

1.1.2 Технологія очищення вагонів від залишків вантажу, що використовується в Південному маневровому районі ПАТ ЗМК «Запоріжсталь»

Очищення вагонів після вивантаження їх на Бункерній естакаді доменного цеху відбувається на колії №4 станції «Аглофабрика»

вантажниками служби ПАТ «ВРТК». Після осадження на колії вони відчіпляються, закріплюються за допомогою гальмівних башмаків та огороджуються з двох сторін не менше ніж за 15 м красними щитами.

Найбільша кількість вагонів припадає під очищення на станції «Рудна» після їх вивантаження вагоноперекидачем. Ручне очищення є менш продуктивним за механізоване, тому саме в цій ділянці виникає затримка та простій великої кількості вагонів, що потім впливає на плату за використання рухомим складом. Найбільший простій під очищенням виникає після перевезення та вивантаження залізрудного концентрату через його підвищену вологість. Він має властивість злежуватися, тому у рухомому складі після вивантаження наявна велика кількість залишків, які необхідно видалити з вагону з використання ручних інструментів. У зимовий період, коли вантаж змерзається, процес ускладнюється та може займати більшу кількість часу.

Очищення вагонів після вивантаження на Рудному подвір'ї відбувається на коліях №1а, 10 та 16 станції «Рудна». На коліях працює екскаватор, який перевантажує залишки вантажу, та колійний струг, який планує (спредує) відкоси колій. Кількість вагонів, що подається під очищення вантажниками служби ПАТ «ВРТК» не повинно перевищувати 9 одиниць та співпадати з зоною роботи струга. З подачі у кількості 9 вагонів 7 потрапляють на зону роботи екскаватори, а 2 знаходяться поза неї у напрямку стрілочного перевалу №12. Забороняється проводити процес очищення вагонів поза межами фронту очистки.

За графіком, що складають чергові станції «Рудна», видно, що одночасно працюють 7 вантажників служби, по 1 на вагон. Час очищення за графіком роботи станції коливається від 20 до 40 хвилин в залежності від кількості вагонів та залишку вантажу у рухомому складі.

1.1.3 Основні фактори, що впливають на час обігу вагонів

Для техніко-експлуатаційної оцінки вантажних перевезень використовують якісні та кількісні показники. Кількісні відображують інформацію про вантажонапруженість, розміри потягів, обсяги запланованої та виконаної роботи. Якісні показники показують ступінь використання рухомого складу, його стан, цілеспрямованість використання [6, с. 8-35].

Найбільш інформативним техніко-експлуатаційним показником є обіг вантажного вагону загального парку, який характеризує тривалість виробничого циклу, що починається від навантаження до початку наступного завантаження [6, с. 31].

Даний показник є комплексним, бо враховує час знаходження вагону русі, час простою на технічних станціях та простій під вантажною роботою. Його величина впливає на економічні показники роботи залізниць та необхідну кількість вагонів для виконання плану перевезень: чим менший обіг вантажного вагону, тим менша кількість рухомого складу необхідна, чим менша кількість вагонів, тим меншими є капітальні вкладення [7-9].

На даний час вагонне господарство знаходиться у власності Укрзалізниці та компаній-операторів, які, фінансово заохочуючи клієнтів, мають вплив на клієнтів, що користуються рухомим складом для перевезень вантажів. Швидкості руху є величинами, на які може вплинути лише сама Укрзалізниця, збільшивши їх, за допомогою оновлення технічної бази, переглядаючи графіки руху поїздів тощо. Операторські компанії в залежності від повноважень, виконуваних обов'язків за договорами, можуть вплинути на простій вагонів у клієнтів, час вантажних операцій, огляди тощо.

Факторний аналіз методом ланцюгових підстановок, проведений Марценюк Л.В [8], показує, що найбільший вплив на величину обігу вантажного вагону мають 2 фактори: простій на технічних станціях та

тривалість вантажно-розвантажувальних операцій, що складає близько 80% часу всього циклу.

Для скорочення часу обігу вагону Бараш Ю.С., Булгакова Ю.В., Марценюк Л. В [9] рекомендують об'єднати комерційне та вагонне управління в окрему управлінську компанію таким чином, щоб зберегти відпрацьовані технологічні контакти. Окрім цього необхідно впроваджувати нову організацію робіт з направлення вагонів для планових ремонтів так, щоб це дозволило ліквідувати їх понаднормовані простої, змінити організацію технологічного процесу на пунктах підготовки вагонів під навантаження таким чином, щоб заздалегідь узгоджувати термін подачі порожніх вагонів і тим самим скоротити термін простоїв на технічних станціях [9].

У випадку металургійних підприємств більша частина вантажної роботи відбувається у межах виробництва, через що операторські компанії мають обмежений вплив на процес скорочення обігу вагонів, шляхом фінансового заохочення, тому підприємства зацікавлені в оптимізації простою порожнього рухомого складу. Для цього проводять заміну та удосконалення механізмів, шляхом підвищення їх вантажопідйомності, місткості, заміна ручної праці на механізовану, збільшення кількості перевантажувальних машин.

Окремо необхідно виділити роботу підприємств з вантажами, що злежуються та змерзаються. Під час вивантаження вагонів з такими речовинами з'являється велика кількість залишків в кузові рухомого складу, які необхідно видалити. Для цього перед вивантаженням необхідно використовувати механізми для відновлення сипучих властивостей або додатково вивантажувати після основного процесу, очищувати. Механізація процесу очищення вагонів від залишків прискорює вантажну роботу та скорочує простій, що в свою чергу зменшує плату за використання рухомого складу.

1.2 Характеристика основних вантажопотоків

Основними вантажами, що потрапляють на станцію «Рудна» є руда та рудні матеріали, концентрат, вапно та пилові вантажі. На комбінат вагони подаються маршрутними потягами з однорідним вантажем зі станції «Запоріжжя-Ліве». В середньому маршрутний поїзд складається з 52-54, рідше 57 вагонів.

Залізна руда є природним мінеральним утворенням, що містять залізо. Копалина на території України видобувається в Криворізькому та Кременчуцькому районах. Руда є матеріалом у твердому агрегатному стані сірого або бурого кольору, який використовується як сировина для виготовлення чавуну або агломерації. Відноситься до сипких вантажів, вологість якого складає 2-4%, насипна щільність коливається від 2,2 до 3,6 т/м³. Розрізняють рядову та сортовану руди. Кут природного укосу у спокої складає 35-45°. Вантаж має властивість змерзання у зимовий час [10,11].

Залізна руда постачається на комбінат «Запоріжсталь» зі станції «Дніпрорудне» у напіввагонах, що подаються на вивантаження на вагоноперекидач. У зимовий період, який триває з 15 листопада по 15 березня, вагони подають у рудорозморожувальний гараж станції «Південна». Окрім цього, на станції «Дніпрорудне» проводяться профілактика проти цього для чого, вантаж можуть перевантажувати з вагонів у вагони або присипати вапном.

«Залізорудний концентрат – продукт збагачення руди, вміст елементів і мінералогічний склад якого відповідають вимогам подальшої металургійної переробки. Концентрат поставляється як товарний продукт і використовується як напівфабрикат для виробництва доменних окатишів і окатишів під металізацію, а також може використовуватися для виготовлення залізовмісних брикетів» [12].

Концентрат має твердий агрегатний стан. Форма окремих часток - невеликі кульки сірого кольору. Відноситься до сипких вантажів. Погодні умови не мають впливу на якість та стан вантажу, тому дозволяється транспортувати у відкритому рухомому складі. Можливо зберігання на відкритих площах у штабелях. Насипна щільність вантажу у вологому стані коливається між 3-5 т/м³, сухого – 2,8-3 т/м³. Вологість коливається від 6 до 10%. До транспортування надається зі збільшеним процентом вологості для зменшення пилеутворення, тому змерзається у холодний період року [11,12].

Комбінат отримує у середньому 100 вагонів залізрудного концентрату на добу, що завантажений у напіввагони. Його постачальники знаходяться на наступних станціях: Терни, Інгулець, Рядова, Дніпрорудне.

На станцію «Південна» надходить декількома маршрутними поїздами, де розформовується та подається на станцію «Рудна». Вивантаження залізрудного концентрату відбувається за допомогою вагоноперекидача для закладання штабелю. Через високу вологість вантажу часто виникають проблеми з повним спорожненням вагонів, особливо у зимовий період, що знижує темпи розвантаження.

Вапно та вапняк відносяться до неорганічних сполук кальцію та кисню. У сталеплавній промисловості використовується у якості флюсовального матеріалу. Є сипким вантажем. Поділяється на комову, подрібнену та у вигляді порошку. Вантаж під дією зовнішніх факторів, таких як волога, втрачає свої властивості, тому транспортується або в мішках, або насипом у критому рухомому складі. Насипна щільність флюсового вапняку складає 1,6 т/м³. Кут природного уклону у стані покою становить 40° [11].

На комбінат потрапляє у хоперах, де вивантажується на вагоноперекидачі для закладання штабелю сировини для доменного виробництва. У порівнянні з залізрудними матеріалами має значно нижчий вагонопотік приблизно 20 вагонів на добу.

Окрім сировини для доменного виробництва чавуну, на станцію «Рудна» у вагонах місцевого парку подаються пилеподібні вантажі, що є відходами виробництва чавуну, які збираються у цеху та повторно використовуються.

1.3 Аналіз сучасних засобів очищення вагонів від залишків вантажів

Згідно зі Статутом залізниць очищення вагонів відбувається вантажовідправниками та вантажоодержувачами, у разі неякісного проведення робіт залізниця має право не приймати рухомий склад від клієнтів, при цьому вантажна операція буде вважатися не закінченою, а з користувача вагонами буде стягнута плата за весь простій [13]. Це обумовлює необхідність швидкого та якісного проведення вантажних робіт з вагонами, що орендуються в Укрзалізниці.

Скорочення непродуктивного простою рухомого складу на коліях підприємства веде до зменшення витрат, тому необхідно обрати оптимальний за часом та величиною капітальних вкладень. Способи очищення напіввагонів від залишків вантажів наведені на рисунку 1.1.

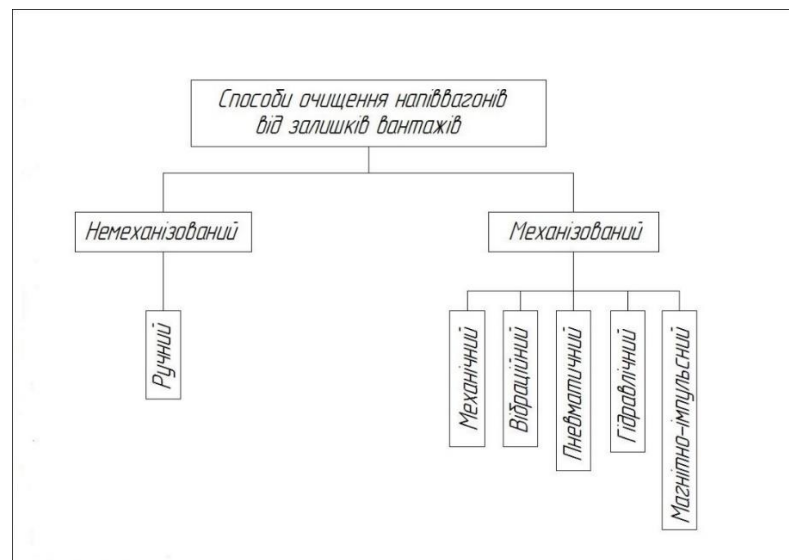


Рисунок 1.1 – Способи очищення напіввагонів від залишків вантажів [14]

Відповідно до рисунку 1.1 за ступенем механізації проведення робіт бувають ручні та механізовані. Немеханізоване очищення поверхонь вагону від залишків вантажу проводиться за допомогою ручного інструменту: жорстких щіток та лопат, що в свою чергу є низькоякісним, містким за часом та трудовими ресурсами процесом. При даному способі велике значення має людський фактор, що впливає на весь процес. Він є оптимальним для підприємств, що не мають великих вагонопотоків. На ПАТ ЗМК «Запоріжсталь» використовують немеханізований спосіб очищення вагонів, що є причиною додаткових витрат, пов'язаних з перевищенням норм простоїв рухомого складу на вантажних фронтах комбінату та поверненням вагонів на підприємство через неякісне проведення робіт з очищення внутрішніх поверхонь. Для підвищення якості та пришвидшення використовують механізовані способи очищення напіввагонів. Згідно з рисунком 1.1 відомо 5 механізованих способів очищення поверхонь рухомого складу від залишків вантажу [14, 15].

Механічне очищення внутрішніх поверхонь вагонів відбувається за допомогою машин, обладнаних щітковими, скребковими, гвинтовими робочими органами. Час виконання робіт з 1 вагоном коливається від 3 до 14 хвилин в залежності від обраного механізму. Основними недоліками даного способу є неповне очищення кузова, складність конструкції [14].

Ківшово-елеваторний розвантажувач З-492КК є машиною для виконання вантажних робіт, яка виготовляється в Україні на базі виробничих потужностей ТОВ «Завод Кранкомплект». Є сучасним аналогом машин С-492 та розвантажувача ТР-2. Машина зображена на рисунках 1.2 та 1.3.



Рисунок 1.2 – Ківшово-елеваторний розвантажувач З-492КК [16]

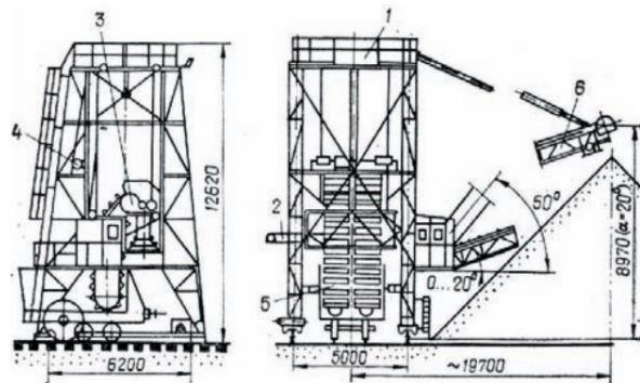


Рисунок 1.3 – Ківшево-елеваторний розвантажувач С-492 [15]

За його допомогою можливо проводити роботи з сипкими вантажами: щебінь, зерно, гравій, шлак, торф, вугілля, пісок тощо. Окрім цього, машина дозволяє проводити операції укладання штабелю за рахунок наявності стріли, що змінює кут за допомогою лебідки. Продуктивність механізму складає 320-438 м³/год, вивантаження 1 напіввагону триває 10-14 хвилин. Розвантажувач рухається по рейках паралельно руху вагонів доти, поки рухомий склад не опиниться в порталі машини між опорами. Далі відбувається наведення ківшево-елеваторної установки в кузов вагону, за рахунок якої відбувається вигрібання вантажу. З установки він потрапляє на передавальний конвеєр довжиною 6 м, далі - на відвальний конвеєр довжиною 17 м. [15, 16].

Щіткова установка також є прикладом механічного способу очищення вагонів від залишків вантажів, її використовують найчастіше. Процес очищення стінок та днища кузова рухомого складу відбувається за рахунок

руху барабанів, на які кріпиться жорсткі щітки. Може використовуватися для люкових та безлюкових вагонів, а також для платформ. За своєю конфігурацією бувають стаціонарні та переносні.

Стаціонарна щіткова машина може використовуватися як для очищення від залишків вантажу, так і від снігу. Вона вироблена згідно ГОСТ 22235-2010 «Вагоны грузовые магистральных железных дорог колеи 1520 мм. Общие требования по обеспечению сохранности при производстве погрузочно-разгрузочных и маневровых работ». На рисунку 1.4 зображена стаціонарна щіткова машина українського виробництва [17].

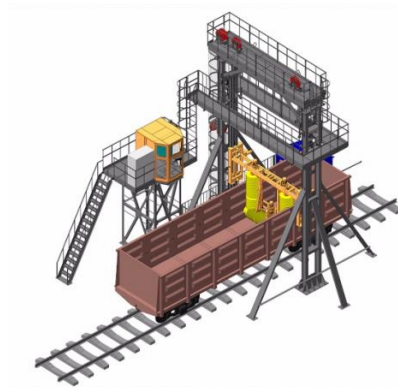


Рисунок 1.4 – Стаціонарна щіткова машина виробництва ТОВ «ВО Укрспецкомплект» [17]

Пересувна конфігурація механізму для очищення вагонів передбачає сумісність з маніпуляторами та можливість прикріплення до кранових установок. Головною перевагою є мобільність, можливість використовувати 1 агрегат на різних ділянках вантажного фронту. Для використання знадобиться вільний кран, екскаватор або інший мобільний перевантажувач, що має конструктивні можливості для заміни робочого органу..

Щіткова машина МЩ-15 є пристроєм для фінального очищення внутрішніх поверхонь вагонів від залишків вантажів та пилу. Для очищення одночасно використовує горизонтальні та вертикальні щітки. Маса агрегату не перевищує 4т. Час очищення не перевищує 10 хвилин. На рисунку 1.5

зображено установку для очищення вагонів МЦ-15 зарубіжного виробництва [18].



Рисунок 1.5 – Пересувна щіткова машина МЦ-15 виробництва ТОВ «Перспектива» [18]

Латвійський агрегат, вироблений компанією SIA “INDUSTRYPROF LATVIJA D” також є мобільним варіантом щіткової машини. Виробник стверджує, що механізм працює при температурах від -30 до +40 градусів Цельсія. Максимальний розмір часток вантажу, що може зчистити 80 x 80 мм. Процес очищення за часом займає 3-5 хвилин [19].

Вібраційний спосіб очищення вагонів від залишків вантажів є таким же популярним, як і механічний. Вібраційні пристрої передають коливання на частини кузову рухомого складу з прискоренням при цьому налиплі частинки вантажу приводяться в рух та стікають у відчинені люки. Основний принцип роботи таких механізмів – передавання часткам вантажу критичного прискорення, при якому кут природнього укосу почне зменшуватися до 0, таким чином рухаючи всю масу сипкого матеріалу [20, с. 293].

Вібраційні пристрої для очищення бувають бічні, повздовжні, накладні, люковібратори. Серед них найбільш поширеними є накладні (начипні) вібратори, які складаються з масивної плити та електрозбуджувача. Утримується механізм на кузові рухомого складу за рахунок власної ваги. В Україні найбільш розповсюдженою є модель Урал-ЦНИИ-МПС.

Популярність начипного вібратора обумовлена простотою встановлення та використання пристрою: за допомогою крану встановлюється посередині вагону, троси послаблюються та вмикається, час необхідний для очищення становить 4-6 хвилин [15, 20].

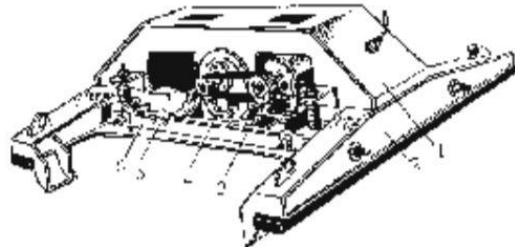


Рисунок 1.6 – Вібраційний пристрій для очищення вагонів від залишків вантажів накладного типу [20, с. 294].

Бічні та люковібратори використовуються при вивантаженні на естакадних коліях, траншеях. Бічний вібратор однобічного типу працює за рахунок горизонтальних коливань, стаціонарний передає коливання на нижню балку кузову вагону. Очисні пристрої для люків складаються зі спарених вібраційних механізмів, які необхідно встановити на підлогу вагонів з відкритими люками. Даний пристрій використовуються після вивантаження основної маси. Час впливу на пару кришок люків 20-30 секунд, після чого його переміщують на іншу пару. Через велику кількість переміщень механізму в кузові, час очищення одного чотирьохвісного вагону складає 8-10 хвилин [20, с. 294].

Вібратори повздовжнього типу встановлюються на автозчепні механізми нероз'єднаних вагонів за допомогою крану. При цьому механізм автозчеплення та вібратор утворюють жорстку систему, що в свою чергу дозволяє одночасно проводити процес очищення з 2 одиницями рухомого складу. Час очищення 2 вагонів складає 1-2 хвилини. Механізм зображено на рисунку 1.7. [20, с. 295].

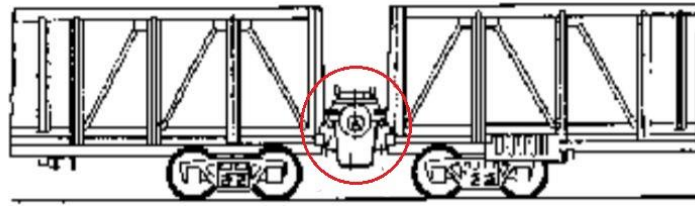


Рисунок 1.7 - Вібраційний пристрій для очищення вагонів від залишків вантажів повздовжнього типу [20, с. 295].

Основними недоліками вібраційного способу очищення вагонів від залишків вантажу є негативний вібраційний вплив на конструкційні елементи вагонів, що значно зменшує термін служби рухомого складу між поточними ремонтами. Окрім цього, пристрої мають негативний вплив (високий рівень шуму) на обслуговуючий персонал, що працює з ними, через що з'являється необхідність додаткових витрат на забезпечення умов праці. У разі роботи з накладними вібраторами вплив коливань механізму також передається на кран, за допомогою якого відбувається переміщення пристрою по кузову. Це обумовлює підвищене зношення кранового механізму та необхідність частих технічних оглядів та ремонтів [15].

Пневматичні системи очищення вагонів працюють за рахунок видування стиснутим повітрям або засмоктуванням залишків вантажів. Вони не мають широкого розповсюдження через високі енергоємність та рівень шуму. Окрім цього при використанні побідних машин відбувається пилоутворення, що обумовлює шкідливі умови праці [15].

Прикладом пневматичної установки є навісний механізм нагнітальної дії, розроблений Українською державною академією залізничного транспорту (Харківським інститутом інженерів залізничного транспорту), який за допомогою струменю повітря видуває залишки сипких вантажів через відкриті люки. За його допомогою можливо відчищати вантажі, розмір частки яких досягає 80 мм. Пневматичний агрегат кріпиться до крану та за його допомогою переміщується в кузову. На рисунку 1.8 наведено приклад пневматичної

навісної установки для очищення внутрішніх поверхонь напіввагонів [20, с. 296]..

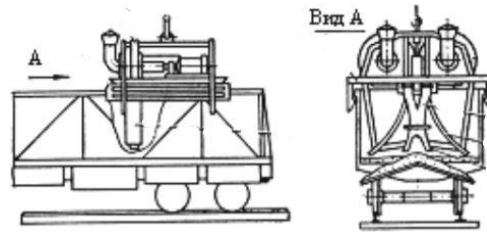


Рисунок 1.8 – Пневматичний навісний механізм для очищення вагонів від залишків вантажу нагнітальної дії [20, с. 296].

Пневматичні пристрої, що, навпаки, вбирають насипні вантажі, можливо використовувати у разі очищення рухомого складу від матеріалів, що мають частку розміром до 40 мм. Вони мають найбільше розповсюдження при очищенні критих вагонів [20, с. 296].

Очищення вагонів після перевезення водонерозчинних вантажів можливо проводити за допомогою гідравлічних установок. Цей метод використовує спрямований потік води під тиском. Для більш ефективного очищення вагонів використовують цілі промивні комплекси та хімічні сполуки для більш якісного очищення поверхонь рухомого складу та запобігання корозії. Прикладом такої установки є вагономийний комплекс КО-ПВвн, який в своєму складі має декілька мийних каскадів, каскад гарячої сушки. Комплекс використовує мийні засоби, розчинені в струмені води, який подається під тиском до 20 бар. Вагони під час процесу мийки переміщуються автоматизованою системою переміщення та позиціонування. Схема роботи вагономийного комплексу КО-ПВвн наведена на рисунку 1.9 [21].

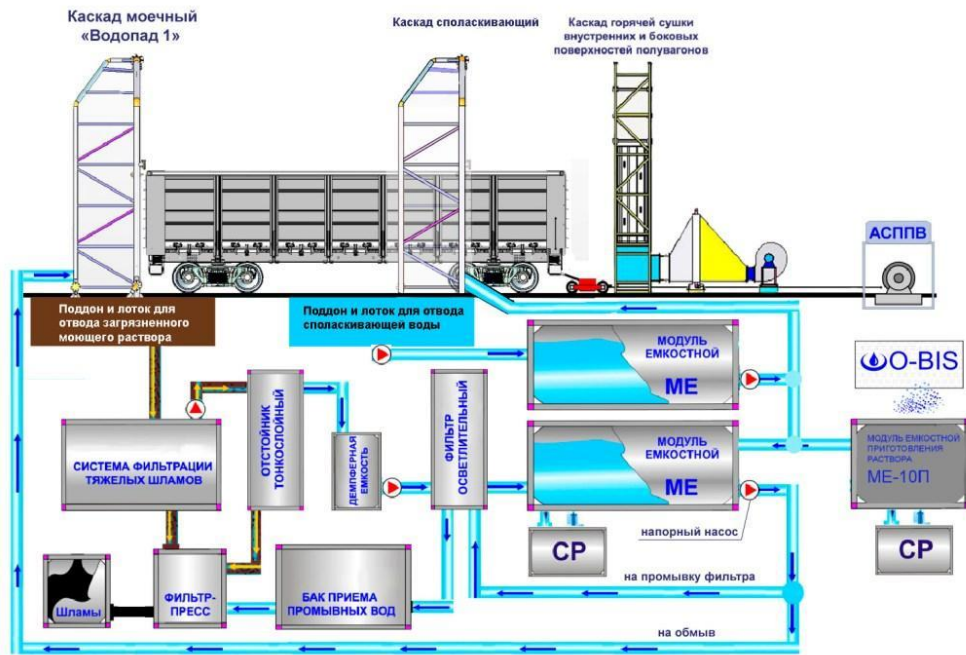


Рисунок 1.9 - Вагономийный комплекс КО-ПВвн, разработанный компанией «Чистые технологии (СТГ)» [21]

Основні недоліки використання гідравлічного методу очищення вагонів пов'язані з великими капітальними витратами, складністю утилізації відходів та роботи взимку при низьких температурах [15].

Новітнім способом очищення вагонів від налиплого та примерзлого вантажу є імпульсний метод, оснований на магнітно-імпульсному ефекті. Український патент 87086 описує принцип роботи установки наступним чином: «на поверхню вагонів діють одиночними механічними імпульсами, які формують за допомогою імпульсних пристроїв, розташованих у місці вивантаження з боків залізничного полотна, шляхом формування одиночних механічних імпульсів за допомогою бойків, які метають імпульсними пристроями, стаціонарно встановленими на відстані від залізничного полотна, що дозволяє безперешкодне проходження уздовж бойків залізничних вагонів будь-якої ширини, забезпечують задану траєкторію переміщення бойків від імпульсних пристроїв до стінки вагона, і після зіткнення з поверхнею вагона здійснюють повернення бойків у первинне положення, у результаті чого досягається технічний результат, що полягає в одержанні можливості

незалежно від стану й конфігурації бічних стінок вагона, без використання пристроїв, що підводять, притискають та фіксують, створювати пружні коливання бічних стінок вагонів, які сприяють руйнуванню адгезії налиплого або примерзлого до стінок вагона сипкого» [22].

Зарубіжними вченими Іл'їним Є.С., Вахрушевою О.Ю., Растушняком В.С був проведений досліди з використанням макету магнітно-імпульсної установки за власним проєктом. Всього провели 2 експерименти: перший - з піщано-гравійною сумішшю, яка знаходилась в кузові напіввагону протягом 5 діб під дією температурних коливань від -17° до 0°C , другий - гіпсовою сумішшю при температурі $+5^{\circ}\text{C}$, яка знаходилася 24 години в кузові вагону. В першому випадку зсування суміші почалося після другого імпульсу, а після десяти відбулося повне очищення вагону від намерзлого вантажу, загальний час роботи макету не перевищував 1 хвилини. У другому випадку зсув відбувся після першого імпульсу, а повне очищення – після 6. За результатами експериментів макет підтвердив свою ефективність: при використанні магнітно-імпульсного методу очищення вагонів спостерігаються найнижчі витрати енергії та часу, окрім цього вплив на стінки рухомого складу був меншим у порівнянні з механічним та вібраційним методом, що обумовлює нижчий знос [23].

1.4 Обґрунтування доцільності розробки пропозицій магістерської роботи

В результаті аналітичного дослідження технології роботи Маневрового району Управління залізничним транспортом ПАТ ЗМК «Запоріжсталь» визначили низку проблем, вирішення яких призведе до скорочення витрат на забезпечення виробничого процесу, а саме:

- а) понаднормовий простій вагонів на вантажних фронтах;
- б) наявність великої кількості залишків вантажу в кузові рухомого складу після вивантаження, які необхідно додатково вичищати вручну;
- в) додаткові витрати на повернення вагонів Укрзалізницею та повторне їх очищення через неякісне проведення вантажних робіт на фронтах маневрового району;
- г) наявність на підприємстві застарілого та мало продуктивного методу очищення рухомого складу після вантажних робіт.

Аналізуючи наведені вище проблеми бачимо основною причиною їх виникнення - наявність на підприємстві застарілих технологічних рішень у вигляді ручного очищення рухомого складу, що в свою чергу призводить до:

- а) поганої якості виконаних вантажних робіт;
- б) повернення Укрзалізницею вагонів для усунення недоліків роботи та витрат з цим пов'язаних.

Окрім цього, необхідно пам'ятати про трудомісткість та шкідливість процесу ручного очищення, його низьку продуктивність.

Таким чином отримуємо задачу магістерського проекту – обрати оптимальний варіант механізації процесу очищення вагонів та довести доцільність його впровадження на підприємстві. З цього отримаємо ряд завдань:

- а) Провести статистичний аналіз даних та визначити закономірності розподілу простоїв вагонів на вантажних фронтах.
- б) Обрати оптимальний варіант механізації процесу очищення вагонів.

Ефективність обраного методу буде показана в ході економічних розрахунків. Оптимальний спосіб механізації повинен не тільки вдосконалити

технологічний процес та покращити фінансові показники роботи, але й підвищити рівень охорони праці та здоров'я робітників шляхом зниження шкідливості умов роботи.

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Статистичний аналіз даних та визначення законів розподілу

Для розроблення проекту з механізації процесу очищення вагонів було отримано дані про найбільш вантажонапружені фронти ПАТ ЗМК «Запоріжсталь» у вигляді таблиці Excel, де відображені фактичні простоти вагонів під вантажними операціями та очищенням. Для розуміння отриманих даних необхідно провести статистичний аналіз, який найбільш наочно та коротко охарактеризує інформацію від підприємства. За отриманими результатами зможемо зробити висновок про те, який фронт є оптимальним для подальшого встановлення механічного обладнання для очищення вагонів від залишків вантажів. Аналіз будемо проводити по найбільш напруженим фронтам вивантаження сипких вантажів: Рудне подвір'я станції «Рудна», бункера станції «Аглофабрика», Базисний склад вугілля станції «Вугільна».

Також, маємо дані про середню кількість вагонів, що вивантажуються на основних вантажних фронтах ПАТ ЗМК «Запоріжсталь». Дані представлені у таблиці 2.1

Таблиця 2.1 – Середня кількість вагонів в місяць, що вивантажується на основних вантажних фронтах

Найменування фронту вивантаження	Кількість вагонів, ваг/міс
Рудне подвір'я	7650
Бункера	3793
Базисний склад вугілля	1237
Копровий цех	305

2.1.1 Статистична обробка даних очищення вагонів на Рудному Подвір'ї

Почнемо статистичну обробку з даних по Рудному подвір'ю за холодний період року. З даних, отриманих від підприємства, формуємо вибірку, для цього визначаємо тривалість очищення в годинах та розміщуємо їх в порядку зростання. Для подальшої роботи отримуємо вибірку зі 105 значень. Статистичний аналіз проведемо за допомогою програмного забезпечення "Statistica". За допомогою функції "Basic Statistics – Descriptive Statistics" проводимо розрахунок характеристик вибірки. Для більш наочного вигляду даних обираємо зі списку наступні показники: об'єм вибірки, математичне середнє, медіана, мода, стандартне відхилення, коефіцієнт варіації, асиметрія, мінімум та максимум. Отриманий розрахунок показників вибірки наведено у таблиці 2.2

Таблиця 2.2 – Результати розрахунку показників вибірки за даними Рудного подвір'я станції «Рудна» у програмному забезпеченні "Statistica".

Об'єм вибірки	Математичне середнє	Медіана	Мода	Об'єм моди	Мінімум	Максимум	Розмах	Коефіцієнт варіації	Стандартне відхилення	Асиметрія	Екцес
Холодний період року											
64	2,7619	2,483	1,0	16	0,417	6,5	6,083	4,68	2,162278	0,69	-0,96
Теплий період											
82	1,8918 7	1,5	1,5	14	0,5	4,5	4	1,15	1,07014	0,78	0,53

З наведеного розрахунку бачимо, що статистичні дані влітку мають менший розмах значень та взагалі менші числа. В холодний період маємо 2 моди по 8 значень: 9,166667 та 11,66667, в теплий період мода дорівнює 1,5 год за зустрічається 14 разів. Окрім цього, в теплий період маємо маленький коефіцієнт варіації. Коефіцієнти асиметрії в обох випадках додатні числа, що свідчить, що функції розподілу мають правосторонню скошеність. Коефіцієнти ексцесу мають однакові знаки, що каже про більш загострену вершину функцію [24, с.15-16].

Далі необхідно визначити закон розподілу величин, для чого необхідно побудувати полігон та лінію графіку, та за формою визначити теоретичний закон. Для цього необхідно розбити варіативний ряд на інтервали. Якщо мінімальна кількість значень у вибірці при $n = 50...100$, то кількість інтервалів приймається від 5 до 8. Для першої вибірки приймаємо $k_s = 5$, а для другою приймаємо $k_d = 7$ [25, с.20].

Результати розрахунків Statistica для побудови полігону за даними зимового періоду наведено у таблиці 2.2.

Таблиця 2.3 – Аналіз розподілу тривалостей вивантаження вагонів на Рудному подвір'ї станції «Рудна» в холодний період року.

Вершина інтервалу	Спостережувана частота	Накопичувальна частота	Відсоток спостережень, %	Накопичувальний відсоток	Очікувана частота	Накопичувальна очікувана частота	Очікуваний відсоток	Накопичувальний відсоток очікування	Спостереження - очікування
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1,63	28	28	43,75	43,75	28,57	28,57	69,754	44,642	-0,5713
2,85	14	42	21,86	65,61	12,62	41,19	30,817	64,366	1,3772

Кінець таблиці 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4,067	7	49	10,94	76,55	8,13	49,32	19,838	77,062	- 1,1255
5,283	3	52	4,69	81,24	5,23	54,55	12,77	85,235	- 2,2304
6,5	12	64	18,75	100	9,45	64	23,071	100	2,5501

На рисунку 2.1 зображений полігон та графік розподілу.

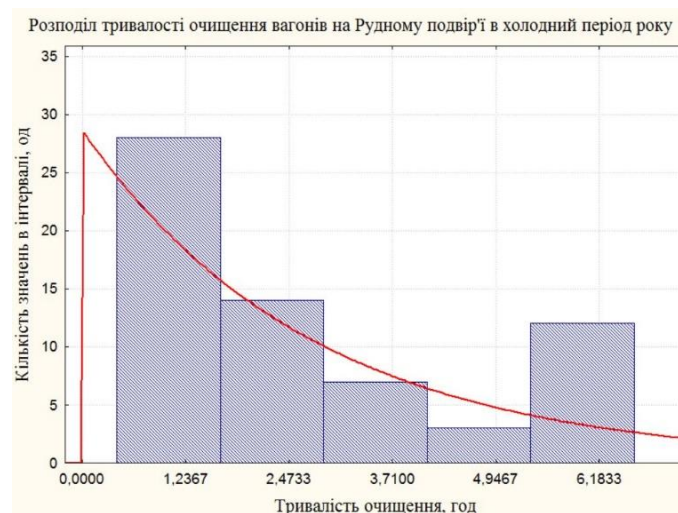


Рисунок 2.1 – Розподіл тривалості очищення вагонів на Рудному подвір'ї станції «Рудна» в холодний період.

Оцінюючи візуально отриману гістограму та полігон розподілу часу очищення вагонів на Рудному подвір'ї в холодний період часу, можемо зробити первинний висновок, що перед нами на рисунку 2.2 зображено експоненціальний розподіл величин.

Визначимо параметр експоненціального закону за наступною формулою [25, с.109]:

$$\mu_x = \frac{1}{\bar{X}}, \quad (2.1)$$

де \bar{X} - середнє математичне вибірки, приймаємо за таблицею 2.1

$$\mu_x = \frac{1}{2,7619} = 0,3621.$$

Експоненціальний закон буде мати наступний вигляд [25, с.109]:

$$f(x) = \mu^{-\mu x} = 0,3621^{-0,3621x}.$$

Проведемо аналогічні розрахунки для даних за теплий період. Аналіз розподілу тривалостей вивантаження вагонів в теплий період року наведено таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Аналіз розподілу тривалостей вивантаження вагонів на Рудному підвір'ї станції «Рудна» в теплий період року.

Вершина інтервалу	Спостережувана частота	Накопичувальна частота	Відсоток спостережень, %	Накопичувальний відсоток	Очікувана частота	Накопичувальна очікувана частота	Очікуваний відсоток	Накопичувальний відсоток очікування	Спостереження - очікування
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1,071	25	25	30,49	30,49	35,46	35,46	52,73	43,24	-10,46
1,643	20	45	24,3	54,79	12,13	47,59	18,05	58,04	7,8664
2,214	11	56	13,41	68,2	8,97	56,56	13,34	68,98	2,0295
2,786	9	65	10,98	79,18	6,63	63,19	9,86	77,07	2,3681

Кінець таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3,357	8	73	9,76	88,94	4,9	68,09	7,29	83,04	3,097
3,929	6	79	7,32	96,26	3,63	71,72	5,39	87,46	2,3752
4,5	3	82	3,74	100	10,28	82	15,29	100	-7,28

Полігон та графік розподілу часу очищення вагонів на Рудному подвір'ї в теплий період року показано на рисунку 2.4.

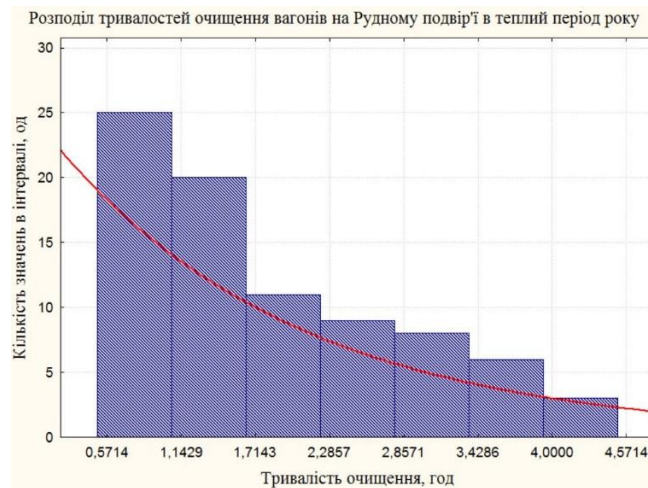


Рисунок 2.2 – Розподіл часу вивантаження вагонів на Рудному подвір'ї станції «Рудна» в теплий період.

З отриманого графіку можемо зробити висновок, що перед нами експоненціальний закон розподілу [25, с.109].

Визначимо параметр експоненціального закону за формулою (2.1):

$$\mu_x = \frac{1}{1,891870} = 0,5286.$$

Експоненціальний закон буде мати наступний вигляд [25, с.109]:

$$f(x) = \mu^{-\mu x} = 0,5286^{-0,5286x}.$$

2.1.2 Статистична обробка даних вивантаження вагонів на Бункерах станції «Аглофабрика» та Базисному складі вугілля станції «Вугільна»

Для статистичної обробки даних маємо вибірку більше ніж з 3000 значень. Працювати з такою кількістю значень буде складно, то для визначення закону розподілу часу вивантаження вагонів на бункерах обираємо значення через рівний проміжок, формуємо вибірку та обробляємо її. Для опрацювання обираємо значення через кожні 10 та 20.

Починаємо статистичний аналіз даних з розрахунку показників вибірки у програмному забезпеченні “Statistica”. Результати розрахунку наведені у таблиці 2.4

Таблиця 2.5 – Результати розрахунку показників вибірки за даними Бункерів станції «Аглофабрика» у програмному забезпеченні “Statistica”.

Об'єм вибірки	Математичне середнє	Медіана	Мода	Об'єм моди	Мінімум	Максимум	Розмах	Коефіцієнт варіації	Стандартне відхилення	Асиметрія	Експес
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	13
Холодний період року, кожні 5											
108	2,095 062	1,78 3	0,5	3	0,05	6,38	6,33	2,54	1,593603	0,76	-0,24
Холодний період року, кожні 20											
113	2,060 619	1,78 3	2,583	4	0,05	6,1	6,05	2,1	1,449169	0,64	-0,48

Кінець таблиці 2.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	13
Теплий період року, кожні 10											
113	1,898 378	1,56 7	декіль а	3	0,16 7	5,23	5,06 3	1,414 201	1,189202	0,96 676	0,401 393
Теплий період року, кожні 20											
114	1,965 789	1,68	декіль ка	3	0,26 7	5,06 7	4,8	1,288 229	1,135002	0,71 366 4	- 0,192 45

Із отриманих результатів розрахунку показників вибірок бачимо, що вони мають невеликі розмахи значень та коефіцієнти варіації, що каже про незначний розкид значень відносно середнього. Коефіцієнт асиметрії у всіх випадках є додатнім число, що каже про правосторонню асиметрію. Для холодного періоду коефіцієнт ексцесу є від'ємним, тому можемо припустити, що вершина графіку є пологою. Для теплого періоду вони різняться: для вибірки з кожних 10 значень вершина має бути більш гострою, а для вибірки з кожного 20 – більш пологою [24, с.15-16].

В таблиці 2.6 наведено результати аналізу розподілу тривалостей вивантаженні вагонів на бункерах станції «Аглофабрика» в холодний період часу.

Таблиця 2.6 – Аналіз розподілу тривалості вивантаження вагонів на Бункерах станції «Аглофабрика» в холодний період року.

Вершина інтервалу	Спостережувана частота	Накопичувальна частота	Відсоток спостережень, %	Накопичувальний відсоток	Очікувана частота	Накопичувальна очікувана частота	Очікуваний відсоток	Накопичувальний відсоток очікування	Спостереження - очікування
Кожні 5									
0,844	32	32	29,63	29,63	35,80	35,80	30,695	33,15	-3,803
1,638	18	50	16,67	46,29	22,77	58,57	19,52	54,23	-4,7683
2,431	16	66	14,82	61,11	15,59	74,16	13,364	68,666	0,412
3,225	16	82	14,82	75,93	10,67	84,83	9,1496	78,548	5,3279
4,019	12	94	11,11	87,04	7,31	92,14	6,2642	85,313	4,6935
4,813	6	100	5,57	92,61	5,002	97,142	4,2887	89,945	0,9977
5,607	5	105	4,63	97,24	3,425	100,567	2,9362	93,116	1,5752
6,35	3	108	2,76	100	7,433	108,0	6,3743	100	-4,435
Кожні 20									
0,8063	27	27	23,894	23,894	36,59	36,59	28,654	32,38	-9,589
1,5625	22	49	19,469	43,363	23,47	60,062	18,383	53,152	-1,473
2,3188	19	68	16,814	60,177	16,26	76,3241	12,736	67,544	2,7379
3,075	17	85	15,044	75,221	11,27	87,59	8,8233	77,514	5,7335
3,8313	12	97	10,619	85,841	7,81	95,4	6,1129	84,421	4,1945
4,5876	9	106	7,9646	93,805	5,408	100,804	4,2354	89,207	3,5923
5,3438	5	111	4,4248	98,23	3,747	104,55	2,9341	92,523	1,2535
6,1	2	113	1,7699	100	8,45	113	6,6172	100	-6,4496

Отримані полігони та графіки їх розподілів наведено на рисунку 2.5.

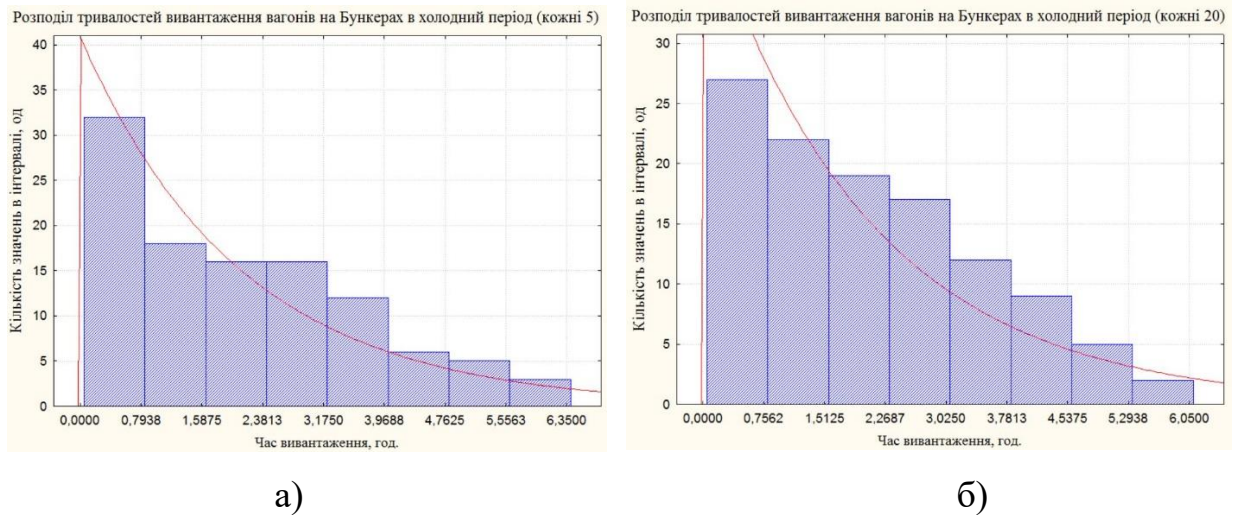


Рисунок 2.3 – Розподіл тривалості вивантаження вагонів на Бункерах станції «Аглофабрика» в холодний період року

З отриманих діаграм та графіків можемо зробити висновок, що вивантаження вагонів на Бункерах станції «Аглофабрика» в холодний період року має експоненціальний характер.

Визначимо на прикладі вибірки, яка була сформована із кожного 20 значення, математичний вигляд закону, для чого за формулою (2.2) визначаємо параметр:

$$\mu_3^B = \frac{1}{2,060619} = 0,4853.$$

Тоді, експоненціальний закон буде мати наступний математичний вигляд [25, с.109]:

$$f(x) = \mu^{-\mu x} = 0,4853^{-0,4853x}.$$

Відповідно до попередніх розрахунків проведемо аналіз даних за теплий період часу. В таблиці 2.6 наведено результати аналізу розподілу тривалостей вивантаженні вагонів на бункерах станції «Аглофабрика» в теплий період.

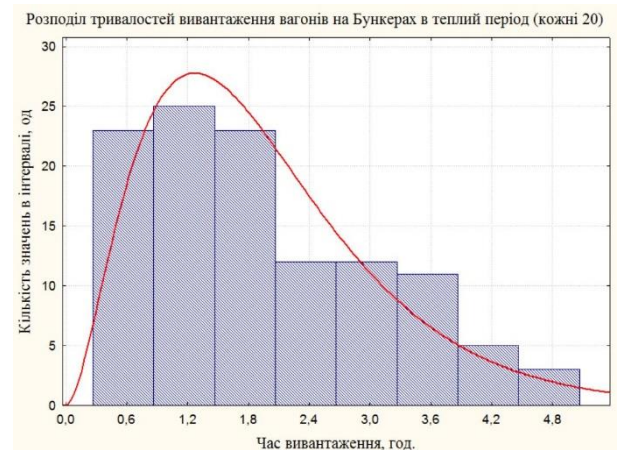
Таблиця 2.7 – Аналіз розподілу тривалостей вивантаження вагонів на Бункерах станції «Аглофабрика» в теплий період року.

Вершина інтервалу	Спостережувана частота	Накопичувальна частота	Відсоток спостережень, %	Накопичувальний відсоток	Очікувана частота	Накопичувальна очікувана частота	Очікуваний відсоток	Накопичувальний відсоток очікування	Спостереження - очікування
Кожні 10									
0,9	21	21	18,584	18,584	23,35	23,35	20,663	20,663	-2,349
1,633	39	60	34,513	53,097	32,52	55,87	28,779	49,442	6,4794
2,367	19	79	16,814	69,912	24,98	80,85	22,106	71,549	-5,9802
3,1	17	96	15,044	84,956	15,38	96,232	13,612	85,161	1,6181
3,833	8	104	7,08	92,035	8,456	104,688	7,4834	92,644	-0,4563
4,567	5	109	4,42	96,46	4,339	109,027	3,8395	96,484	0,6614
5,133	4	113	3,54	100	3,973	113	3,5162	100	0,0267
Кожні 20									
0,87	23	23	20,18	20,18	17,99	17,99	15,783	15,783	5,0076
1,467	25	48	21,93	42,11	27,04	45,028	23,715	39,498	-2,0354
2,067	23	71	20,18	62,29	24,7	69,725	21,665	61,163	-1,698
2,67	12	83	10,53	72,82	17,92	87,649	15,723	76,885	-5,924
3,27	12	95	10,53	83,35	11,48	99,132	10,073	86,958	0,517
3,87	11	106	9,65	93	6,8	105,936	5,9679	92,926	4,1966
4,47	5	111	4,37	97,37	3,82	109,756	3,3513	96,277	1,1795
5,03	3	114	2,63	100	4,24	114	3,7228	100	-1,244

На рисунку 2.6 наведені полігони та графіки отриманих розподілів.



а)



б)

Рисунок 2.4 – Розподіл тривалостей вивантаження вагонів на Бункерах станції «Аглофабрика» в теплий період року

За отриманими результатами можемо зробити висновок, що час вивантаження вагонів на Бункерах станції «Аглофабрика» розподіляється за гамма-законом. Щоб визначити математичний вигляд закону, необхідно визначити параметри форми (α) та масштабу (β) за наступними формулами [25, с.111]:

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

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

де σ_x - стандартне відхилення.

Визначимо параметри гамма-розподілу на прикладі вибірки, що була складена з кожного 10 значення.

$$\alpha = \frac{1,89837}{1,189202} = 2,549;$$

$$\beta = \frac{1,189202^2}{1,89837} = 0,745.$$

Закон розподілу буде мати наступний математичний вигляд [25, с.111]:

$$f(x) = \frac{\beta^{-\alpha}}{\Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}} = \frac{0,745^{-2,549}}{1,3293} x^{1,549} e^{-\frac{x}{0,745}}.$$

Статистичний аналіз даних Базисного складу вугілля проводимо аналогічним чином, як і попередніх випадках, за допомогою програмного забезпечення “Statistica”. Таблиця з даними вибірки наведена у додатку А пояснювальної записки магістерської роботи. У таблицях 2.8 наведені розрахунки статистичних показників вибірки.

Таблиця 2.8 – Результати розрахунку показників вибірки за даними Базисного складу вугілля станції «Вугільна» у “Statistica”.

Об'єм вибірки	Математичне середнє	Медіана	Мода	Об'єм моди	Мінімум	Максимум	Розмах	Коефіцієнт варіації	Стандартне відхилення	Асиметрія	Експес
Холодний період року, кожні 5											
151	1,234 547	1,16 7	1,5	39	0,33	1,83	1,5	0,12	0,340534	-0,32	-0,23
Теплий період року, кожні 20											
136	1,355 564	1,33	1,5	28	0,33	2,5	2,17	0,21	0,460872	0,63	0,67

У додатку Б пояснювальної записки дипломної роботи «Підвищення ефективності процесу вивантаження вагонів ПАТ «Запоріжсталь» шляхом механізації їх очищення» наведений статистичний аналіз інтервалів (таблиця Б.1) та рисунки закону розподілу (рисунок Б.1). За наведеними графіками можемо зробити висновок що, у теплий період року спостерігається гамма подібний розподіл часу, а в холодний – частково нормальний.

Підбиваючи підсумки проведеного статистичного аналізу та зважаючи на середню кількість вагонів, що розвантажуються на вантажних фронтах ПАТ ЗМК «Запоріжсталь», робимо висновок, що найбільша необхідність в механізації очисного процесу на комбінаті спостерігається на Рудному подвір'ї станції «Рудна» через велику кількість вагонів та наявність великої кількості понаднормових простоїв вагонів в холодний період року: з діаграми (рис.2.1) бачимо, що найбільша кількість значень опиняється в інтервалі 6,9...14 год.

Далі необхідно обрати оптимальний варіант механізації процесу очищення внутрішніх поверхонь вагонів на даному вантажному фронті, звертаючи увагу на технічні можливості та технологію роботи.

2.2 Вибір варіанту механізації процесу очищення вагонів на Рудному подвір'ї станції «Рудна» ПАТ ЗМК «Запоріжсталь»

Виходячи з проаналізованих способів механізації очисного процесу в аналітичній частині дипломного проектування, можемо зробити висновок, що найбільш оптимальними варіантами для практичного використання на ПАТ ЗМК «Запоріжсталь» є механічний за допомогою щіткової машини та магнітно-імпульсний методи. Для їх впровадження не знадобляться додаткові пристрої шляхового господарства або інших комунікацій, окрім тих, що вже має комбінат та самого обладнання: для використання щіткової очисної

машини необхідним є кранове самохідне обладнання, яке є в наявності, магнітно-імпульсна установка є стаціонарним механізмом, що встановлюється в міжколіїному просторі, при цьому не порушуючи габаритність. Обидва способи можливо використовувати при низьких температурах та вони не мають надвисокого впливу вібрацій на кузов вагонів, тобто конструкція вагону не пошкоджується і не з'являється надібність у додаткових поточних ремонтах рухомого складу. У таблицях 2.9. та 2.10 наведені технічні характеристики обладнання.

Таблиця 2.9 – Технічна характеристика щіткової пересувної машини для очищення вагонів від залишків вантажу [18, 19]

Назва характеристики	Значення
Тип приводу	гідравлічний
Маса, кг	не більше 4000
Габарити, мм	1700 x 3700 x 3900
Час, необхідний для очищення 1 вагону, хв	3...10
Температура, за якої можлива робота, град	-30...+40
Максимальний розмір частки фракції вантажу, мм	80 x 80 x 80
Вартість, грн	2 520 000

Таблиця 2.10 – Технічна характеристика магнітно-імпульсної установки для очищення вагонів від залишків вантажу [26].

Назва характеристики	Значення
1	2
Напруга джерела імпульсного електроживлення, В	230
Частота мережі живлення, Гц	50
Час, необхідний для зарядження конденсатора, с	22
Напруга зарядженого конденсатора, В	5000
Споживання електроенергії, кВт ч	2,5

Кінець таблиці 2.10

1	2
Максимальний час, необхідний для підведення та притискання агрегату до стінки вагону, с	40
Максимальний час для відведення агрегату від очищеної поверхні, с	10
Швидкість повздовжнього ходу візка стаціонарної опори, мм/с	100
Швидкість вертикального ходу, мм/с	100
Час, необхідний для очищення 1 вагону, хв	2...3
Ступінь захисту силової шафи	IP 54
Ємність батареї конденсатора, мкФ	700...3600
Вартість, грн	5 400 000

2.3 Розрахунок часу очищення вагонів на Рудному підвір'ї станції «Рудна»

Для оцінки впровадження механізованого способи очищення рухомого складу від залишків вантажу необхідно розрахувати простой вагонів під вантажними операціями при використанні різних методів: того, що вже мається (ручний), та впроваджених (механічний та магнітно-імпульсний). Простой будемо розраховувати за мінімальними, середніми та максимальними значеннями часу, що дозволить більш наочно побачити витрати часу на проведення очисного процесу.

Час простою під очищенням на Рудному підвір'ї станції «Рудна» на рік розраховуємо за наступною формулою, год:

$$T^{pich} = t_{хол} \cdot n_{ваг} \cdot N_{хол} + t_{мен} \cdot n_{ваг} \cdot N_{мен}, \quad (2.2)$$

де $t_{хол}$, $t_{мен}$ - час простою вагонів під очисними операціями відповідно в холодний та теплий період року, год.;

$n_{ваг}$ - середня кількість вагонів на місяць, що потребують обслуговування, од.;

$N_{хол}$, $N_{мен}$ - кількість місяців о періодах, приймаємо $N_{хол} = 5$ міс,

$N_{мен} = 7$ міс.

Мінімальний час простою під очищенням на Рудному подвір'ї станції «Рудна» за формулою (2.2) становитиме:

$$T_{min}^{pich} = 0,417 \cdot 7650 \cdot 5 + 0,5 \cdot 7650 \cdot 7 = 42725,25 \text{ год};$$

$$T_{min}^{mic} = \frac{42725,25}{12} = 3560,4375 \text{ год.}$$

Максимальний час простою під очищенням на Рудному подвір'ї станції «Рудна» за формулою (2.2) становитиме:

$$T_{max}^{pich} = 6,5 \cdot 7650 \cdot 5 + 4,5 \cdot 7650 \cdot 7 = 489600 \text{ год};$$

$$T_{max}^{mic} = \frac{489600}{12} = 40800 \text{ год.}$$

Середній час простою під очищенням на Рудному подвір'ї станції «Рудна» за формулою (2.2) становитиме:

$$T_{сер}^{pich} = 2,7619 \cdot 7650 \cdot 5 + 1,89187 \cdot 7650 \cdot 7 = 206952,31 \text{ год};$$

$$T_{сер}^{mic} = \frac{206952,31}{12} = 17246,026 \text{ год.}$$

Таким чином, бачимо, що час очищення вагонів на Рудному подвір'ї станції «Рудна» при використанні ручного способу очищення коливається від 42725,25 год до 489600 год на рік.

Для порівняння розрахуємо час простою рухомого складу під очисними операціями з використанням механізованих способів, тому приймаємо час очищення 1 вагону для щіткової машини $t_{хол}^{цм} = 6$ хв, $t_{мен}^{цм} = 4$ хв, для магнітно-імпульсного обладнання $t_{хол}^{ім} = 3$ хв, $t_{мен}^{ім} = 2$ хв. При використанні щіткової машини для видалення залишків вантажу з кузова рухомого складу час простою вагонів за формулою (2.2) становитиме:

$$T_{цм}^{річ} = \frac{6}{60} \cdot 7650 \cdot 5 + \frac{4}{60} \cdot 7650 \cdot 7 = 7395 \text{ год};$$

$$T_{цм}^{міс} = \frac{7395}{12} = 616,25 \text{ год.}$$

При використанні магнітно-імпульсного обладнання для видалення залишків вантажу з кузова рухомого складу час простою вагонів за формулою (2.2) становитиме:

$$T_{ім}^{річ} = \frac{3}{60} \cdot 7650 \cdot 5 + \frac{2}{60} \cdot 7650 \cdot 7 = 3697,5 \text{ год};$$

$$T_{ім}^{міс} = \frac{3697,5}{12} = 308,125 \text{ год.}$$

Для наочного вигляду отриманих результатів розрахунків часу простою вагонів під очисними операціями зведемо їх до таблиці. Результати розрахунків тривалості простою рухомого складу під очищенням наведені у таблиці 2.11.

Таблиця 2.11 – Результати розрахунків тривалості простою вагонів під очищенням з використанням різних методів

Вид обладнання для очищення вагонів від залишків вантажу	Час простою вагонів, год	
	на місяць	на рік
Ручне обладнання	17246,026	206952,31
Щіткова пересувна машина	616,25	7395
Магнітно-імпульсне обладнання	308,125	3697,5

За даними таблиці 2.11 бачимо значне зменшення тривалості простою рухомого складу під очисними операціями, яке відбудеться у разі впровадження механізації: при використанні щіткового обладнання відбудеться зменшення витрат часу у 27,98 разів або на 199557,31 год на рік, при використанні магнітно-імпульсного методу – 56 разів або 203254,81 год на рік.

3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

На даному етапі розрахунку необхідно визначити величину економічного ефекту від впровадженого рішення. Основними пунктами, що впливають на витрати при проведенні очисного процесу є сумарна вартість обладнання та його монтажу на підприємстві, витрати на ремонт, електроенергію, додаткове обладнання, що знадобиться для експлуатації, заробітна плата вантажників, скорочення витрат від зменшення простою вагонів на вантажних фронтах комбінату, виключення штрафів за повернення неякісно очищених вагонів. За результатами розрахунків необхідно визначити строк окупності варіантів механізації очисного процесу: найбільш вигідний варіант матиме найменший строк окупності.

3.1 Визначення витрат на очищення вагонів ручним способом

Витрати на очищення вагонів ручним способом визначаємо за наступною формулою, грн:

$$B_{руч} = C_{руч} \cdot n_{ваг} \cdot 12 + B_{штрафи}, \quad (3.1)$$

де $C_{руч}$ - вартість очищення 1 вагону на підприємстві, приймаємо за даними комбінату $C_{руч} = 113,96$ грн;

$B_{штрафи}$ - витрати за штрафи за повернення неякісно очищених вагонів та доочищення вагонів, приймаємо за даними комбінату

$$B_{штрафи} = 1091120 \text{ грн.}$$

$$B_{руч} = 113,96 \cdot 7650 \cdot 12 + 1091120 = 11\,552\,648 \text{ грн.}$$

3.2 Визначення економічного ефекту від механізації очисного процесу за допомогою щіткової пересувної машини

3.2.1. Розрахунок рівня витрат при механізації очисного процесу за допомогою щіткової пересувної машини

Розрахунок починаємо з визначення витрат ремонт обладнання, яка приймається як відсоток від вартості обладнання, за формулою, грн:

$$B_{рем} = Ц \cdot K_{рем}, \quad (3.2)$$

де $Ц$ - вартість обладнання, для щітковою машини приймаємо за таблицею 2.9 $Ц_{цм} = 2\,520\,000$ грн.

$K_{рем}$ - величина відсотку витрат, що відводяться на ремонт, приймаємо $K_{рем} = 5\%$

$$B_{рем}^{цм} = 2520000 \cdot 5\% = 126000 \text{ грн.}$$

При роботі щіткової переносної машини використовуються мобільні перевантажувачі або екскаватори, для яких дозволено змінювати робочий орган. Величину річних витрат на їх обслуговування та роботу приймаємо, за раніше проведеними розрахунками на підприємстві щодо механізації очисного процесу, рівними $B_{одд} = 4\,392\,000$ грн.

Вартість скорочення простою вагонів визначаємо за формулою, грн:

$$B_{цм}^{простій} = T_{цм}^{річ} \cdot K_{ваг}, \quad (3.3)$$

$$B_{цм}^{простій} = 7395 \cdot 29,91 = 221184,45 \text{ грн.}$$

При використанні механізованих способів відбудеться скорочення кількості вантажників, що зайняті очищенням вагонів від залишків вантажу, з 8 робітників до 2. При цьому витрати на заробітну плату вантажників розрахуємо за наступною формулою, грн:

$$B^{вант} = n_{вант} \cdot B_{вант}, \quad (3.4)$$

де $n_{вант}$ - кількість вантажників, зайнятих на вантажному фронті, приймаємо $n_{вант} = 2$ працівники;

$Z_{вант}$ - затрати на 1 працівника, зайнятого на вантажному фронті, приймаємо за даними підприємства $Z_{вант} = 17206$ грн.

$$B^{вант} = 2 \cdot 17206 \cdot 12 = 412944 \text{ грн.}$$

При розрахунках скорочення оплати праці необхідно враховувати скорочення на оплаті єдиного соціального внеску, який становить 22% від витрат на заробітну плату працівників:

$$B^{вантЄСВ} = 412944 \cdot 22\% = 90847,68 \text{ грн.}$$

При впровадженні на підприємство нового обладнання з'являється необхідність амортизаційних відрахувань, рівень яких розраховуємо за наступною формулою, грн:

$$A = B_{(a)} \cdot a_n, \quad (3.5)$$

де $B_{(a)}$ - балансова вартість обладнання, приймаємо для щіткової машини рівним $B_{(a)_{цм}} = 2\,520\,000$ грн

a_n - ставка відрахувань, приймаємо для III групи основних фондів $a_n = 24\%$ на рік.

$$A_{цм} = 2520000 \cdot 24\% = 604800 \text{ грн.}$$

Загальні поточні витрати становитимуть, грн:

$$B_{цм} = A_{цм} + B_{рем}^{цм} + B_{дод} + B_{цм}^{простій} + B^{вант} + B^{вант}^{ССВ}; \quad (3.6)$$

$$B_{цм} = 604800 + 126000 + 4392000 + 221184,45 + 412944 + 90847,68 = 5\,847\,776,13 \text{ грн.}$$

3.2.2. Розрахунок рівня економії при впровадженні механізованого способу очищення вагонів за допомогою щіткової переносної машини та окупності проєктного рішення

За попередніми розрахунками маємо витрати на ручне очищення, які становлять 11 552 648 грн, та витрати на механізоване з використання щіткової машини, які дорівнюють 5 847 776,13 грн. При цьому отримуємо економію на рівні $E_{цм} = B_{руч} - B_{цм} = 11552648 - 5847776,13 = 5\,704\,871,87$ грн. В результаті впровадження механізованого способу очищення вагонів на Рудному підвір'ї ПАТ «Запоріжсталь» окрім скорочення кількості вантажників відбувається

підвищення якості вантажних робіт на підприємстві, що призводить до відсутності витрат на штрафах та вимушеному доочищенні рухомого складу після повернення його Укрзалізницею. Таким чином грошовий об'єм цих витрат вивільняється та додається до рівня економії, тому загальна економія при механізації $E_{цм}^{заг} = E_{цм} + B_{штрафи} = 5704871,87 + 1091120 = 6\,795\,991,87$ грн.

Для визначення строку окупності запропонованого проектного рішення з використання щіткового обладнання необхідно визначити чистий дисконтований дохід, який визначається за формулою:

$$NPV = \sum_{t=1(0)}^{n(n-1)} \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t}, \quad (3.7)$$

де $B_1, B_2 \dots B_t$ - вигоди (економія) від реалізації проектного рішення відповідних років (1, 2... t), приймаємо величину загальної річної економії;

$C_1, C_2 \dots C_t$ - витрати на реалізацію проектного рішення відповідних років (1, 2... t), приймаємо рівень капітальних вкладень у вигляді витрат на придбання щіткової установки;

i - ставка дисконту.

Розрахунок чистого дисконтованого доходу проводимо у табличній формі для періоду $t = 3$ роки. Результати розрахунку NPV наведені у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Розрахунок чистого дисконтованого доходу від впровадження механізації процесу очищення вагонів з використання щіткової пересувної машини.

Роки	Капітальні вкладення, грн	Річна економія, грн	Коефіцієнт дисконтування	Чистий дисконтований дохід, грн
1	2 520 000	6795991,87	1	4 275 991,87
2		6795991,87	0,806	5 480 638,605
3		6795991,87	0,650	4 419 869,843
				14 176 500,32

За розрахунками NPV бачимо, що проєктне рішення вже в перший рік починає приносити, а за перші 3 роки використання може принести 14 176 500,32грн доходу при рівні капітальних вкладень 2 520 000 грн.

Термін окупності розрахуємо через дисконтований дохід за формулою:

$$T_{\text{окуп}} = \frac{C}{NPV}, \quad (3.8)$$

де C – ціна обладнання, що використовується для механізації, для першого варіанту механізації приймаємо ціну купівлі щіткової машини.

$$T_{\text{окуп}}^{\text{щм}} = \frac{2520000}{14176500,32} = 0,178 \text{ роки.}$$

3.3 Визначення строку окупності варіанту механізації очисного процесу з використанням магнітно-імпульсної установки

3.3.1. Розрахунок рівня витрат при механізації очисного процесу за допомогою магнітно-імпульсного обладнання

Розрахуємо величину витрат на ремонт обладнання за формулою (3.2), для чого приймаємо вартість магнітно-імпульсного обладнання $C_{мі} = 5\,400\,000$ грн:

$$B_{рем}^{мі} = C_{мі} \cdot K_{рем} = 5\,400\,000 \cdot 5\% = 270\,000 \text{ грн.}$$

Витрати на електроенергію визначаються за наступною формулою:

$$B_{ел} = W \cdot T_{заг} \cdot C_{ел}, \quad (3.9)$$

де W - потужність устаткування, кВт;

$T_{заг}$ - фонд робочого часу устаткування на рік, приймаємо за річним простоем вагонів під очищенням, $T_{заг} = T_{мі}^{річ} = 3697$ год.;

$C_{ел}$ - ціна 1кВт електроенергії, грн.

$$B_{ел} = 2,5 \cdot 3697,50 \cdot 4,21 = 38916,1875 \text{ грн.}$$

Вартість скорочення простою вагонів при використанні магнітно-імпульсної установки визначаємо за формулою (3.3):

$$B_{мі}^{простій} = T_{мі}^{річ} \cdot K_{ваг} = 3697,50 \cdot 29,91 = 1\,105\,92,225 \text{ грн.}$$

Амортизаційні відрахування для проєктного рішення з використання магнітно-імпульсного методу розраховуємо за формулою (3.5), для чого приймаємо балансову вартість обладнання $B_{(a).mi} = 5\,400\,000$ грн:

$$A_{mi} = 5400000 \cdot 24\% = 1\,296\,000 \text{ грн.}$$

Загальні поточні витрати при використанні магнітно-імпульсного обладнання для очищення вагонів від залишків вантажу становитимуть:

$$B_{mi} = A_{mi} + B_{рем}^{mi} + B_{ел} + B_{mi}^{простій} + B^{вант} + B^{вантCCB}; \quad (3.10)$$

$$B_{цм} = 1296000 + 270000 + 38916,1875 + 110592,225 + 412944 + 90847,68 = 2\,219\,300,093 \text{ грн.}$$

3.3.2. Розрахунок рівня економії при впровадженні механізованого способу очищення вагонів за допомогою магнітно-імпульсного обладнання та окупності проєктного рішення

За попередніми розрахунками маємо витрати на ручне очищення, які становлять 11 552 648 грн, та витрати на механізоване з використання магнітно-імпульсного обладнання, які дорівнюють 2 219 300,093 грн. При цьому отримуємо економію на рівні $E_{mi} = B_{руч} - B_{mi} = 11552648 - 2219300,093 = 9\,333\,347,908$ грн. В результаті впровадження механізованого способу очищення вагонів на Рудному підвір'ї ПАТ «Запоріжсталь» за допомогою магнітно-імпульсного методу як і у випадку з щітковою машиною відбувається підвищення якості вантажних робіт на підприємстві, які призводять до відсутності витрат на штрафних та

вимушеному доочищені рухомого складу після повернення його Укрзалізницею. Таким чином грошовий об'єм цих витрат вивільняється та додається до рівня економії, тому загальна економія при механізації становитиме $E_{mi}^{заг} = E_{mi} + B_{втрафи} = 9333347,908 + 1091120 = 10\,424\,467,91$ грн.

Далі за формулою (3.7) визначаємо чистий дисконтований дохід для проєктного рішення за період $t = 3$ роки, для чого використовуємо табличний метод. Результати розрахунку наведені у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Розрахунок чистого дисконтованого доходу від впровадження механізації процесу очищення вагонів від залишків вантажу за допомогою магнітно-імпульсного обладнання.

Роки	Капітальні вкладення, грн	Річна економія, грн	Коефіцієнт дисконтування	Чистий дисконтований дохід, грн
1	5 400 000	10 424 467,91	1	5024467,908
2		10 424 467,91	0,806	8406828,958
3		10 424 467,91	0,650	6779700,772
				20210997,64

За розрахунками NPV бачимо, що проєктне рішення вже в перший рік починає приносити дохід, а за перші 3 роки використання може принести 20 210 997,64 грн доходу при рівні капітальних вкладень 5 400 000 грн.

За формулою (3.8) розраховуємо строк окупності проєктного рішення механізації процесу очищення вагонів на комбінаті, для чого приймаємо ціну обладнання $C = 5\,400\,000$ грн.

$$T_{окуп}^{mi} = \frac{5400000}{20210997,64} = 0,267 \text{ роки.}$$

В результаті проведених розрахунків економічної доцільності впровадження механізації в процес очищення вагонів визначили, що найбільш вигідним варіантом для впровадження є магнітно-імпульсна установка, тому що має найбільшу економію серед приведених варіантів обладнання для модернізації.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У даному розділі магістерської роботи розглянемо потенційні небезпеки, які виникають при проведенні дослідницьких та модернізаційних робіт на підприємстві, при роботі з механізмами та у виробничих зонах. Виходячи с аналізу наведемо приклади запобіжних заходів для забезпечення високого рівня охорони праці працівників та дослідників.

Проаналізуємо санітарні та гігієнічні умови дослідницьких робіт при роботі з комп'ютерним обладнанням, як їх покращити та що робити у разі неможливості цього. Окреме місце займає пожежна безпека та заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях.

Вантажний фронт є місцем підвищеної небезпеки життю та здоров'ю людини через пилоутворення під час перевантаження сипких матеріалів, високий рівень шуму, коливання температур, руху залізничного рухомого складу та перевантажувальних машин тощо. На Рудному подвір'ї станції «Рудна» ПАТ «Запоріжсталь» відбувається вивантаження вагонів з рудними матеріалами та металодобавками для подальшого виробництва чавуну та очищення рухомого складу після цього. На даному фронті високий рівень ручної праці спостерігається на коліях, де відбувається очищення вагонів після їх вивантаження на роторному вагоноперекидачі. Через застарілість технології в зоні наявна підвищена важкість роботи через надмірну фізичну активність, вдихання пилу рудних матеріалів та вапна. Для модернізації очисного процесу на Рудному подвір'ї в магістерській роботі «Підвищення ефективності процесу вивантаження вагонів ПАТ «Запоріжсталь» шляхом механізації їх очищення» запропонували 2 варіанти обладнання для подальшого використання, щіткова пересувна машина та магнітно-імпульсне обладнання, які покращать продуктивність процесу вивантаження вагонів та зменшать рівень ручної праці на фронті (зменшення кількості вантажників, які задіяні у вантажних роботах та зниження напруженості праці).

4.1 Аналіз потенційних небезпек

В результаті модернізації очисного процесу за допомогою щіткової пересувної машини виникає ряд небезпек фізичного характеру, та пов'язаних з санітарно-гігієнічними умовами праці:

- а) травматизм робітників та дослідників у наслідок:
 - 1) відокремлення (відльоту) часток вантажу у напрямку людей під час роботи обладнання (великі шматки рудних матеріалів можуть відлітати з великою швидкістю у бік персоналу та завдати шкоди здоров'ю людей);
 - 2) обриву кріплень під час переносу або перевезення робочого органу щіткової машини на мобільному перевантажувачі, що відбувається через втрату міцності сталевих ланцюгів або поломку кріплень самого обладнання;
 - 3) наїзду мобільного навантажувача, до стріли якого прикріплена щіткова машина, або залізничного рухомого складу на людей через необачність персоналу, порушення правил руху через залізничні колії, неправильне закріплення вагонів, тощо;
- б) в залежності від вологості вантажу можливе пилоутворення в процесі вивантаження та очищення вагонів під час роботи щіткової машини; пил залізничного концентрату, руди та вапняку, який утворюється, є небезпечним та канцерогенним, при вдиханні його людиною не виводиться з організму та накопичується, що в результаті приводить до хронічних захворювань легень, виникають професійні хвороби.

При механізації процесу очищення вагонів за допомогою магнітно-імпульсного обладнання виникають наступні небезпеки:

- а) ураження електричним струмом через порушення цілісності дротів електричного обладнання, порушень правил безпеки при виконанні ремонту;
- б) виникнення пожежі через:
 - 1) коротке замикання, яке може статися в результаті перенавантаження механізму;
 - 2) коротке замикання через потрапляння в силовий блок пилу або вологи;
- в) виникнення пилоутворення під час очищення рухомого складу, в результаті зводообрушення налиплого або змерзлого вантажу у кузовах вагонів.

Окрім вище зазначених потенційних небезпек, які виникають при роботі з щітковим та магнітно-імпульсним обладнанням, в умовах роботи промислового виробництва наявні:

- а) негативний вплив погодних умов на дослідників та працівників вантажного фронту, який виникає через високу або низьку температури, високий індекс ультрафіолетового випромінювання сонця влітку, що в результаті є причиною підвищеного рівня виникнення гострої респіраторної хвороби, сонячних та теплових ударів, переохолоджень у працівників та дослідників вантажного фронту;
- б) негативний вплив на дослідника випромінювання від екранів комп'ютерної техніки, високого рівня шуму та виділення отруйних речовин при роботі з друкарською технікою (принтер), що призводить до швидкого стомлювання та зниження уваги працівників та дослідників;
- в) освітлення, яке не відповідає нормам, може стати додатковою причиною у травмуванні працівників і дослідників у темний час доби.

4.2 Заходи по забезпеченню безпеки

Для уникнення небезпеки травмування через наїзд мобільного перевантажувача на персонал, відльоту окремих часток вантажу у бік людей необхідно передбачити зону для перебування робітників (та дослідників) в процесі очищення вагонів від залишків вантажу за допомогою щіткової пересувної машини. Зона повинна знаходитися на безпечній відстані від шляху переміщення мобільного перевантажувача з робочим органом очисної машини та від колії, де відбувається очищення рухомого складу. При роботі на вантажних фронтах повинні забезпечуватися виконання вимог Правил охорони праці під час вантажно-розвантажувальних робіт, затверджених Наказом №21 від 19.01.2015 Міністерства енергетики та вугільної промисловості [27].

Для уникнення небезпеки травмування або смерті людей через обрив кріплень щіткової машини необхідно перевіряти їх на справність перед кожним початком робочої зміни з метою вчасного виявлення поломок та часу поточного ремонту. Окрім цього робітники та дослідники повинні знаходитися на відстані від стріли мобільного перевантажувача, до якої кріпиться машина для того, щоб уникнути обвалу механізму на персонал [27].

Для забезпечення безпеки при роботі з електричним обладнанням необхідно візуально перевіряти до початку і після закінчення робочої зміни стан силового блоку магнітно-імпульсного обладнання. Відкриті електричні дроти, які з нього виходять повинні бути ізольовані та не доступні до контакту з людиною. Для зниження рівня електромагнітного випромінювання та його негативного впливу на людину в конструкції магнітно-імпульсного обладнання використовуються високовольтні коаксіальні кабелі. При роботі з електрообладнанням повинні забезпечуватися вимоги НПАОП 40.1-1.01-97 «Правила безпечної експлуатації електроустановок» [28].

4.3 Заходи з виробничої санітарії та гігієни праці

У разі виникнення пилоутворення під час проведення очисного процесу працівники та дослідники повинні бути забезпечені засобами індивідуального захисту (респіраторами), що регламентується відповідно до ДСТУ 7339:2011 «Системи стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту».

Для попередження негативного впливу погодних умов на робітників, дослідників необхідно забезпечити персонал теплим одягом відповідно ДСТУ 7339:2011 «Системи стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту». Окрім цього необхідно передбачити місця відпочинку персоналу, де він має змогу обігрітися або охолонути в залежності від температури навколишнього середовища, поповнити водний баланс організму для попередження перегріву.

Для забезпечення нормативного рівня освітленості та попередження травмування персоналу в зоні очищення рухомого складу після вивантаження вагонів на вагоноперекидачі необхідно передбачити таке обладнання, що утримує рівень освітленості в розмірі 30 лк відповідно ДБН В.2-5-28-2018 «Природне та штучне освітлення». Для освітлення великих відкритих площ використовують рекомендованими типами прожекторів є ПЗС-45, ПЗС-35, ПЗС-25 з лампами розжарювання 1000, 500, 350, 150 Вт, які обираються відповідно до додатку 1 ДСТУ Б А.3.2-15:2011 «Норми освітлення будівельних майданчиків (ГОСТ 12.1.046-85, MOD)».

Освітлення на станції «Рудна» Південного маневрового району ПАТ «Запоріжсталь» забезпечується за допомогою прожекторів та мачтових ксенонових ламп [4].

При роботі на ПК, на дослідника можуть діяти шкідливі фактори: шум, випромінювання від монітору тощо. Для визначення ступеню їх впливу на дослідника заміряємо ці фактори, занесемо їх в таблицю 4.1.

Таблиця 4.1 – Фактори, що впливають на дослідника впродовж його роботи за комп'ютерною технікою

Фактор (показник)	Факторне значення	Час дії, год
Умови праці		
Мікроклімат за ТНС індексом, t°, C	28	8
Освітленість приміщення E , лк	450	8
Розряд та підрозряд зорових робіт, Z_{np}	A-1	-
Рівень шуму L , дБа	105	4
Важкість праці		
Загальні енергозатрати організму, Вт	250	7
Стереотипні робочі рухи (кількість за зміну) при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук)	60300	7
Напруженість праці		
Тривалість зосередженості уваги (в % від часу зміни)	77	7
Тривалість робочого дня, год	8	8

Далі необхідно визначити клас умов праці використовуючи бальний спосіб оцінки. Для чого за відповідними нормами необхідно визначити допустимі показники. У таблицю 4.2 будемо заносити норми умов праці та проводити їх оцінку. Розрахунок проводимо за методикою, описаною в методичних вказівках [29]

Таблиця 4.2 – Результати вимірювань за бальною шкалою

Фактор	Факторне значення	Час дії, год	ГДК, ГДР, показники $P_{дон}$	$X_{визн}$, бали	Клас умов праці	X_i , бали
Мікроклімат за ТНС індексом, t°, C	28	8	22,9-25,8	4	3,4	4
Освітленість приміщення E , лк	450	8	500	-	3.1	1
Розряд та підрозряд зорових робіт, $Z_{пр}$	A-1	-	-	-	-	-
Рівень шуму L , дБа	105	4	60	-	3,3	1,5
Загальні енергозатрати організму, Bm	250	7	290	0,75	3,3	3
Стереотипні робочі рухи (кількість за зміну) при локальному навантажені	60300	7	40000	1,32		
Тривалість зосередженості уваги (в % від часу зміни)	77	7	75	0,9		
Тривалість робочого дня, год	8	8	8	0,15		

Відповідно до ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень», за витратами енергії категорія робіт для інженера-дослідника центральній заводській лабораторії обладнаної ПК відповідає легким фізичним роботам – категорії Іб.

Далі відповідно додаткам методичних вказівок [29] відповідним нормам визначаємо граничнодопустимі концентрації величин та заносимо їх до стовпчика «ГДК, ГДР, показники $P_{дон}$ » таблиці 4.2.

Значення для оцінки мікроклімату обираємо з додатку 6 Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу» [30] відповідно до категорії робіт: в нашому випадку допустиме значення мікроклімату для категорії робіт Іб є 22,9-25,8 °С.

Освітленість приміщення має бути 500 лк для зорових робіт класу А-1 за додатком Г.1 методичних вказівок [29] та згідно з ДБН В.2.5-28-2018 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне та штучне освітлення».

За додатком Д.1 [29] та відповідно до норм ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку» обираємо рівень шуму для високо кваліфікаційної роботи, що вимагає зосередженості, що складає 60 дБа.

За додатком И [29] та згідно додатку 15 «Класи умов праці за показниками важкості праці» [30] визначили допустиму енегозатратність організму для виконання роботи та кількість робочих рухів, що становить 40000 рухів, а за додатком К [29] та додатком 16 «Класи умов праці за показниками напруженості праці» [30] – рівень зосередженості, що дорівнює 75%.

Далі необхідно розрахувати коефіцієнти для окремих показників робіт та внести у стовпчик « $X_{визн}$, бали» таблиці 4.2. Розрахунковий коефіцієнт гігієнічної оцінки мікроклімату визначається за формулою [29]:

$$X_{визн} = \frac{1 \cdot t_1 + 2 \cdot t_2 + 3 \cdot t_3 + 4 \cdot t_4}{T}, \quad (4.1)$$

де t_1, t_2, t_3, t_4 - час дії фактора на відповідному ступені 3 класу, год;

T – тривалість робочої зміни, год, приймаємо $T = 8$ год.

За додатком Б [29] та додатку 6 «Класи умов праці за показником ТНС-індексу для виробничих приміщень незалежно від періоду року та відкритих територій у теплу пору року» [30] 28 °С при умовах праці Іб відноситься до класу 3.4, тому розрахунок за формулою (4.1) буде виглядати наступним чином:

$$X_{\text{визн}} = \frac{4 \cdot 8}{8} = 4.$$

Для показників важкості та напруженості праці розрахунковий коефіцієнт визначається за формулою [29]:

$$X_{\text{визн}} = \frac{P_{\text{вим}} \cdot T \cdot K_{\text{знач}}}{8 \cdot P_{\text{доп}}}, \quad (4.2)$$

де $P_{\text{вим}}$ – показники, що вимірювали;

$K_{\text{знач}}$ - коефіцієнт значимості показника, для основних показників приймаємо 1,0, для допоміжних – 0,15;

$P_{\text{доп}}$ - допустимі рівні показників важкості та напруженості праці.

Коефіцієнт загальних енергозатрат організму, що відносяться до основних показників напруженості праці, за формулою (4.2) дорівнюватиме:

$$X_{\text{визн}} = \frac{250 \cdot 7 \cdot 1,0}{8 \cdot 290} = 0,75.$$

Коефіцієнт стереотипних робочих рухів при локальному навантаженні за формулою (4.2) дорівнюватиме:

$$X_{\text{визн}} = \frac{60300 \cdot 7 \cdot 1,0}{8 \cdot 40000} = 1,32.$$

Коефіцієнт тривалості зосередженості уваги за формулою (4.2) складає:

$$X_{\text{визн}} = \frac{77 \cdot 7 \cdot 1,0}{8 \cdot 75} = 0,9.$$

Коефіцієнт тривалості робочої зміни є допоміжним показником, тому приймаємо $K_{\text{знач}} = 0,15$:

$$X_{\text{визн}} = \frac{8 \cdot 8 \cdot 0,15}{8 \cdot 8} = 0,15.$$

Далі необхідно визначити клас та ступінь шкідливості умов праці, після чого заносимо в таблицю 4.2.

Для мікроклімату, відповідно до значення розрахункового коефіцієнта $X_{\text{визн}} = 4$, з таблиці 7.2 методичних вказівок [29] – 3 клас, 4 ступінь (3.4).

При оцінці освітленості робочої зони приміщення, клас та ступінь шкідливості умов праці визначаємо у відповідності до $P_{\text{вим}} = 450$ лк, за додатком Г та ДБН В.2.5-28-2018 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне та штучне освітлення» – 3 клас, 1 ступінь (3.1) [29].

Для гігієнічної оцінки рівня шуму, клас та ступінь шкідливості умов праці визначаємо у відповідності до виміряного значення рівня шуму $P_{\text{вим}} = 105$ дБА, за додатком Д та табл. Д.1 – 3 клас, 3 ступінь (3.3) [29].

Клас і ступінь важкості та напруженості праці визначаємо як суму розрахованих балів усіх показників $X_{\text{визн}}$ за формулою [29]:

$$X_{\text{сум}} = \sum_{v=1}^n X_{\text{визн}}, \quad (4.3)$$

$$X_{\text{сум}} = 0,75 + 1,32 + 0,9 + 0,15 = 3,12.$$

За сумою розрахункових балів можна зробити висновок, що робота відносить до 3 класу 3 ступеню важкості умов праці.

Загальна гігієнічна оцінка умов праці встановлюється за найвищим класом та ступенем, що були визначені. В нашому випадку це 3 клас 4 ступінь за фактором мікроклімату.

Оскільки при гігієнічній оцінці виявили шкідливі та особливо шкідливі, важкі та особливо важкі умови праці, необхідно провести дослідження фактичного стану умов праці, щоб визначити розмірів доплат за ступені шкідливості. Використовуємо наступну формулу для оцінки фактичного стану умов праці [29]:

$$X_i = X_{cm} \cdot \frac{T}{8}, \quad (4.4)$$

де X_{cm} - – бальна оцінка за ступень шкідливості фактора, 1, 2, 3 бали.

Для оцінки впливу мікроклімату, беремо до уваги те, що він відповідає 3 класу, 4 ступеню умов праці, час його дії є врахованим, тому приймаємо $X_{cm} = X_i = 4$.

При оцінці впливу освітленості, зазначимо, що вона відповідає 3 класу, 1 ступеню умов праці та діє впродовж 8 годин, тому коректування не потрібно – $X_{cm} = X_i = 1$.

Для оцінки впливу шуму, маємо 3 клас, 2 ступень умов праці, діє впродовж 4 годин. Скорегована оцінка за формулою (4.4) становитиме:

$$X_i = 3 \cdot \frac{4}{8} = 1,5.$$

Для оцінки впливу важкості та напруженості праці, виходимо з того що вони відповідають 3 класу, 3 ступеню умов праці, а час їх дії уже врахований, тому – $X_{ст} = X_i = 3$.

Далі визначаємо рівень доплат, для чого спочатку визначаємо умови праці у сумі за наступною формулою [29]:

$$X_{факт} = \sum_{i=1}^n X_i = 4 + 1 + 1,5 + 3 = 9,5.$$

На підставі Типового положення «Про оцінку умов праці на робочих місцях і порядок застосування галузевих переліків робіт, на яких можуть установлюватися доплати робітникам за умови праці» розмір доплат становитиме 20%.

Для оптимізації умов праці та зниження шкідливості рекомендується встановити системи кондиціонування повітря, які знизять температуру у приміщенні.

Для коригування рівня освітленості необхідно провести додаткові виміри та розрахунки потужності ламп, та замінити вже встановлені.

Для зниження рівнів напруженості праці, кількості стереотипних рухів та концентрації уваги необхідно передбачити додаткові перерви та скоротити робочий день з 8 до 7 або 6 год.

У разі неможливості оптимізації умов праці забезпечується доплата до окладу (ставки), у нашому випадку 20%.

4.4 Заходи з пожежної безпеки

Для забезпечення пожежної безпеки на ділянці фронту очищення рухомого складу на станції «Рудна» повинні дотримуватися вимог Правил

охорони праці в металургійній промисловості з приводу електро- та пожежної безпеки, Правил пожежної безпеки України. Кожен робітник повинен пройти інструктаж з техніки пожежної безпеки, знати розташування найближчих пожежних стендів та вогнегасників [31].

Для забезпечення робітників та устаткування від виникнення короткого замикання електричне обладнання повинно передбачати захист від перевантажень та короткого замикання, окрім цього пульт управління електрообладнанням повинен знаходитися в приміщенні окремо від виробничої ділянки, у разі неможливості цього необхідно забезпечити захист від вологи, пилу відповідно до розділу XIII «Електробезпека» Правил охорони праці в металургійній промисловості, затверджених Наказом №289 від 22.12.2008 Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду, що зареєстровано в Міністерстві юстиції України 29 січня 2009 р. за N 87/16103. При роботі з електрообладнанням повинні забезпечуватися вимоги [28].

Силова шафа магнітно-імпульсного обладнання має ступінь електричного захисту IP 54 (частковий захист від пилу та бризок води).

На ділянці вантажного фронту, де відбувається очищення вагонів у визначеному місці повинен бути розміщеним пожежний стенд, оснащений необхідним інвентарем для гасіння пожежі, з розрахунку 1 шт (стенд) на 5000 м² захищеної площі [31].

В приміщенні, де працюють на ПК повинна бути кількість вогнегасників відповідна до площ приміщень. З нормативів НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні» [31] для лабораторій та приміщень обладнаних ПК площею до 20м² потрібен 1 вогнегасник.

Відповідно до вимог п. 5 розділу VI «Вибір типу та необхідної кількості вогнегасників», «Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників», затверджених наказом МВСУ 15.01.2018 № 25 та зареєстрованих в МЮУ 23.02.2018 р. за № 225/31677 для гасіння пожеж, що виникли в електроустановках, що знаходяться під напругою, необхідно

використовувати вуглекислотні вогнегасники типу ВВК-3,5 у кількості 2 штук (з розрахунку 1 вогнегасник, який має величину заряду вогнегасної речовини 3 кг і більше, на 20 м² площі приміщення).

Евакуаційні виходи та шлях повинні утримуватися у справному стані з дотриманням вимог будівельних норм та бути обладнані відповідними знаками безпеки згідно з Національним стандартом України ДСТУ ISO 6309:2007 «Протипожежний захист. Знаки безпеки. Форма та колір» (ISO 6309:1987, IDT).

4.5 Заходи з цивільного захисту під час перевезення небезпечних хімічних та радіоактивних речовин

Аварійні ситуації, виникаючі, є однією з найбільших небезпек. За наявності небезпечних вантажів під час пожеж та аварій на транспорті утворюються зони хімічного та радіоактивного забруднення, локальних вибухових концентрацій, займання та вибухів, в результаті чого відбувається отруєння населення та особового складу оперативно-рятувальних підрозділів. Аварії з небезпечними вантажами на залізничному і автомобільному транспорті можуть спричинити пожежі, вибухи, хімічне й біологічне зараження, радіоактивне забруднення. Характерною рисою цих НС є значні розміри та висока швидкість формування зони ураження

Відповідно до ст. 23 Закону України «Про перевезення небезпечних вантажів» ліквідацію наслідків таких аварій здійснюють підрозділи ДСНС та суб'єкти перевезення небезпечних вантажів.

Своєчасне отримання інформації про небезпечний вантаж дозволяє вжити відповідні заходи безпеки та запобігти травмування особового складу під час усунення наслідків аварій, катастроф. Основним джерелом інформації про вантаж є його маркування. Оперативну оцінку обстановки на місці аварії

здійснює керівник гасіння пожежі (КГП), або керівник аварійно-рятувальних робіт (КАРР) із залученням спеціалістів штабу з ліквідації аварії, щоб визначити необхідну кількість сил і засобів для ліквідації, пошуку і порятунку постраждалих, визначення тактики дій підрозділів та заходів безпеки у зоні хімічного забруднення.

Інформацію про обстановку на місці аварії можна отримувати за наступними джерелами:

- а) інформацію, яку міститься у маркуванні небезпечного вантажу;
- б) інформацію, яку містять перевізні документи на небезпечний вантаж;
- в) інформацію від осіб, що супроводжують небезпечний вантаж (провідник або фахівець вантажовласника), локомотивні бригади, водія, від громадян, які були свідками аварійної ситуації в цьому або на окремих її етапах.

На залізничному транспорті додатково необхідно визначити:

- а) наявність вагонів, цистерн, що завантажені небезпечними хімічними речовинами (НХР), легкозаймистими (ЛЗР) та горючими рідинами, вибухо-, пожежонебезпечними речовинами та можливість їх відчеплення і переміщення в безпечне місце;
- б) кількість пошкоджених вагонів (цистерн), місце і кількість проливу НХР;
- в) можливість утворення зони хімічного забруднення;
- г) заходи безпеки під час гасіння пожежі та ліквідації наслідків аварійної ситуації з НХР;
- д) наявність у осіб, що супроводжують небезпечний вантаж та локомотивної бригади засобів індивідуального захисту;
- е) можливість підтримувати постійний зв'язок з диспетчером залізниці з метою визначення обстановки і консультацій щодо питань евакуації вагонів і графіку руху інших потягів.

З маркування небезпечного вантажу, перевізних документів і аварійної картки необхідно визначити:

- а) основні властивості та види небезпеки;
- б) засоби індивідуального захисту;
- в) необхідні дії під час гасіння пожежі та ліквідації наслідків аварії;
- г) заходи долікарської допомоги;
- д) способи та засоби нейтралізації НХР.

Отримавши інформацію, керівник гасіння пожежі (далі – КГП), або керівник аварійно-рятувальних робіт (далі – КАРР), із залученням спеціалістів зі штабу з ліквідації аварій, проводять її аналіз та оцінку обстановки:

- а) масштаби аварій;
- б) площа зони надзвичайної ситуації;
- в) вплив на навколишнє середовище;
- г) приблизна кількість людей що потрапила в зону надзвичайної ситуації.

Після оцінки обстановки приймають наступне рішення:

- а) ідентифікувати речовину;
- б) розрахувати параметри зони хімічного забруднення;
- в) при необхідності, визначити порядок та напрямок евакуації людей з об'єкту чи території, що розташована поруч;
- г) розрахувати необхідну кількість особового складу для локалізації зони хімічного забруднення;
- д) визначити спосіб ліквідації джерела забруднення та визначити для цього необхідну кількість особового складу;
- е) забезпечити засобами захисту особовий склад що приймає участь в ліквідації аварії;
- ж) організувати роботу з ліквідації наслідків аварійної ситуації.

Під час гасіння пожеж за наявності НХР необхідно дотримуватися виконання вимог безпеки праці, що викладені у Плані локалізації та ліквідації аварійних ситуацій та аварій (ПЛАС), оперативних планах пожежогасіння, паспортах безпеки речовин, інструкціях з безпеки праці тощо. Перед початком робіт КГП повинен отримати від уповноваженого керівника робіт з ліквідації аварії, катастрофи, що призвела до настання надзвичайної ситуації, або штабу з ліквідації НС (аварії), чи адміністрації об'єкта письмовий допуск на гасіння пожежі у зоні хімічного забруднення. Окрім цього, необхідно провести інструктаж особового складу щодо заходів безпеки, для чого залучаються спеціалістів об'єкта і штабу з ліквідації НС (аварії) [32].

Робота в місцях розлиття НХР не допускається. Винятком може бути надзвичайна потреба у вигляді рятування людей, ліквідація витоків НХР [32].

Висновки до розділу Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

В розділі проведено аналіз потенційних небезпек при дослідженні та роботі на вантажному фронті, для модернізації якого введено механізацію очисного процесу вагонів за допомогою щіткового та магнітно-імпульсного обладнання. Розроблені заходи по їх усуненню. Розглянули та розробили санітарногігієнічні та пожежні заходи безпеки. Висвітлені питання з цивільного захисту при виникненні аварій та катастроф на залізничному транспорті.

ВИСНОВКИ

В аналітичній частині магістерської роботи навели характеристику Південного маневрового району ПАТ ЗМК «Запоріжсталь», залізничних станцій, які в нього входять, технологію роботи району. Проаналізували діючий на комбінаті спосіб очищення вагонів та його вплив на вантажну роботу, обіг вагонів, в результаті чого визначили, що ручний спосіб є мало продуктивним, затратним відносно людської праці та не забезпечую необхідну якість очищення рухомого складу. Навели характеристику основних вантажів, що приймає район. В результаті аналізу сучасних способів механізації очисного процесу визначили 5 основних та навели приклади обладнання.

В основній частині магістерської роботи провели статистичну обробку даних підприємства за основними вантажними фронтами ПАТ «Запоріжсталь», визначили закони розподілу тривалостей очищення вагонів на них. В результаті аналізу даних прийшли до висновку, що найбільш потреба в механізації очисного процесу виникає на станції «Рудна» Південного маневрового району комбінату. За попереднім аналізом сучасних способів механізації обрали 2 найбільш оптимальні для умов вантажного фронту: механічний метод за допомогою щіткової пересувної машини та магнітно-імпульсний. По завершенню розробки основної частини провели розрахунки часу очищення вагонів ручним способом, щітковою машиною та магнітно-імпульсним обладнанням, в результаті чого бачимо, що відбувається зменшення витрат часу у 27,98 разів або на 199557,31 год на рік у разі використання першого способу механізації процесу, при другого методу – 56 разів або 203254,81 год на рік.

В економічній частині розрахували витрати на проведення очищення вагонів від залишків вантажу ручним способом та механізованими за допомогою відповідного обладнання, строк окупності обладнання за чистим дисконтованим доходом (NPV) протягом трирічного періоду В результаті

економічного розрахунку зробили висновок, що найбільш оптимальним є магнітно імпульсний спосіб очищення, бо він має вищий рівень загальної економії від впровадження, а ніж використання щіткової пересувна машини. При розрахунках за показником NPV визначили, що обидва види обладнання мають строк окупності менше року.

В розділі «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях» розглянули потенційні небезпеки для робітників та дослідників, які виникають в результаті впровадження механізації очисного процесу. Навели заходи безпеки та охорони праці для їх уникнення. Провели аналіз санітарно-гігієнічних умов праці та норм, яким вони повинні підпорядковуватися. Провели аналіз та оцінку за бальною шкалою умов праці при роботі дослідників на комп'ютерним обладнання. Проаналізували заходи пожежної безпеки та цивільного захисту під час перевезення небезпечних вантажів.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Технический паспорт подъездного железнодорожного пути ОАО «Запорожсталь» / ОАО МК «Запорожсталь» : утв. дир-м по тран-ту и лог. Адаманов О.Ф . – Запорожье, 2015. – 84 с.
2. Технічно-розпорядчий акт станції «Південна» / ПАТ ЗМК «Запоріжс-таль» : затв. в.о. нач. УЗТ Ковган В.О. – Запоріжжя, 2021. – 29 с.
3. Межцеховая инструкция по взаимодействию работников доменного, агломерационного цехов, гаража рудо размораживания ЦРПС УЖДТ, работников УК, ЦТВС, ООО «Охранный холдинг», ООО «СТС» с работниками Южного железнодорожного района ЦЭ УЖДТ при обслуживании железнодорожными перевозками / ПАО ЗМК «Запорожсталь» : утв. зам.ген.дир Третьяков А.Б ; соглас. С Адаманов О.Ф [и др.]. – Запорожье, 2020. – 60 с.
4. Технічно-розпорядчий акт станції «Рудна» / ПАТ ЗМК «Запоріжсталь» : затв. нач. УЗТ Коржов В.М – Запоріжжя, 2019. – 36 с.
5. Технічно-розпорядчий акт станції «Аглофабрика» / ПАТ ЗМК «Запоріжсталь» : затв. в.о. нач. УЗТ Ковган В.О. – Запоріжжя, 2021. – 14 с.
6. Кудрявцев, В. А. Управление движением на железнодорожном транспорте [Текст]: учеб. пособие для вузов / В. А. Кудрявцев. – М.: Маршрут, 2003 – 200 с.
7. І. Переста, Т. В. Болвановська Аналіз впливу складових елементів на величину обороту вантажного вагона [Електронний ресурс] // Транспортные системы и технологии перевозок. 2011. №1. – Режим доступу: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-vplivu-skladovih-elementiv-na-velichinu-oborotu-vantazhnogo-vagona>.
8. Марценюк, Л.В. Факторний аналіз обігу вантажних вагонів [Електронний ресурс] / Л. В. Марценюк // Проблеми підвищення ефективності

- інфраструктури: зб. наук. праць. - 2012. - №33. Режим доступу: <https://jrnl.nau.edu.ua/index.php/PPEI/article/view/418>.
9. Бараш Ю.С., Булгакова Ю.В., Марценюк Л. В. Визначення економічного ефекту від зменшення терміну простою рухомого складу [Електронний ресурс] // Сборник научных трудов Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна «Проблемы экономики транспорта». 2012. №3. – Режим доступу: <https://cyberleninka.ru/article/n/viznachennya-ekonomichnogo-efektu-vid-zmenschennya-terminu-prostoyu-ruhomogo-skladu>.
 10. Вільна енциклопедія Вікіпедія / Залізни руди : Режим доступу – Режим доступу : https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%BB%D1%96%D0%B7%D0%BD%D1%96_%D1%80%D1%83%D0%B4%D0%B8
 11. Методичні вказівки до курсового проектування з дисципліни «Організація та технологія вантажних робіт на транспорті» для студентів денної та заочної форми навчання напряму 6.070101 «Транспортні технології» / Укл. доц., к.н.т Турпак С.М., ст.викл Падченко О.О. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2014. – С.60-63.
 12. Вільна енциклопедія Вікіпедія / Залізрудний концентрат : веб-сайт. : - Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%BB%D1%96%D0%B7%D0%BE%D1%80%D1%83%D0%B4%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%86%D0%B5%D0%BD%D1%82%D1%80%D0%B0%D1%82
 13. Статут залізниць України [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/457-98-%D0%BF#Text>
 14. Романович, Є. В., Повороженко, Є. В. Аналіз сучасних засобів очищення піввагонів від залишків насипних вантажів / Є. В. Романович, Є. В. Повороженко // Вост.Европ. журн. Передових технологій. - 2010. - № 5/3. - С. 11-14.
 15. Чеклов В. Ф., Чеклова В. Ф., Бобик Г. В., Ткаченко Р. В., Шкуро Е. Е. Оптимізація процесу вивантаження вапна з піввагонів взимку

- [Електронний ресурс] // Сборник научных трудов ДониЖТ. 2006. №7. – Режим доступу: <https://cyberleninka.ru/article/n/optimizatsiya-protsestvivantazhennya-vapna-z-pivvagoniv-vzimku znodorozhnyh-poluvagonov-1> .
16. Кранкомплект. Машинобудівний завод / Нестандартне обладнання / Розвантажувач напіввагонів 3-492КК : веб-сайт. – Режим доступу: <https://ua.krankomplekt.com/nestandardnoe/razgruzchik/>
 17. ООО «ПО Укрспецкомплект» / Оборудование для Ж/Д и метрополитена / Установки очистки вагонов : веб-сайт. - Режим доступу: <http://usk.ua/ustanovki-ochistki-vagonov.html>
 18. Перспектива группа компаний / Продукция / Установка для очистки полувагонов (щеточная машина) : веб-сайт. - Режим доступу: <https://perspektivaomz.ru/ochistka-poluvagonov>
 19. INDUSTRYPROF / PRODUCTS / TRAIN WAGON CLEANING : веб-сайт. – Режим доступу: https://industryprof.net/?page_id=537
 20. Берлин Н.П. Погрузочно-разгрузочные, транспортирующие и вспомогательные машины и устройства [Текст] : Учебное пособие / Н.П. Берлин. – Гомель: УО «БелГУТ», 2004. – С.293-298.
 21. NOTEX / Комплекс для обработки внутренних и наружных поверхностей полувагонов из-под водонерастворимых сыпучих грузов : веб-сайт. – Режим доступу: https://notehspb.ru/kompleks_dlja_obrabotki_vnutrennih_i_naruzhnyh_poverhnostej_poluvagonov_iz-pod_vodonerastvorimyh_syuchih_gruzov
 22. Пат. 87086 Україна, МПК В65G 67/24, В60S 3/00. Спосіб очищення внутрішніх поверхонь залізничних вагонів від налиплих або примерзлих сипких матеріалів / Борткевич С.П., Матвієнко О.В (Україна); власник Борткевич С.В ; представник Топунов М.О, реєстр. №32. - № и 2013 07649 ; заявл. 17.06.2013 ; опубл. 27.01.2014, Бюл. №2. - 8 с.
 23. Ильин Е. С. Об эксперименте применения магнитоимпульсного способа по очистке вагона от примерзшей массы / Е. С. Ильин, О. Ю. Вахрушева,

- В. С. Ратушняк // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. - 2018. - Т. 57, № 1. - С. 117–123.
24. Данілов В.Я Статистична обробка даних : навч. посібник. 2019. – 156 с.
25. Лашених О. А., Кузькін О. Ф., Грицай С. В. Імовірнісні і статистико-експериментальні методи аналізу транспортних систем: навч. посібник.– Запоріжжя, ЗНТУ, 2011.– 419 с.
26. Enerlin. Технологии. Иновации.Энерлинк / Услуги по магнитно-импульсной очистке / Технические характеристики АСО-В : веб-сайт. - Режим доступа: <https://enerlink.ru/production/sistemy-ochistki-vagonov-tehnicheskie-harakteristiki-aso-v.html>
27. Наказ Про затвердження Правил охорони праці під час навантажувально-розвантажувальних робіт [офіц.текст за станом 3 березня 2015] : веб-сайт. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0124-15#Text>
28. Наказ Про затвердження Правил безпечної експлуатації електроустановок [офіц.текст за станом 6 квітня 2000] : веб-сайт. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0011-98#Text>
29. Методичні вказівки до лабораторного заняття «Дослідження шкідливих та небезпечних факторів виробничого середовища, важкості і напруженості праці» з дисципліни «Цивільний захист і охорона праці в галузі» для студентів усіх спеціальностей та усіх форми навчання. Укл.: М. І. Лазуткін, М. О. Журавель Запоріжжя: ЗНТУ. Каф. ОП і НС, 2018 р. – 44 с.
30. Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу»
31. НАПБ А.01.001-2014 Правила пожежної безпеки в Україні. – [офіц.текст за станом 22 січня 2021] : веб-сайт. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0252-15#n26>
32. Наказ «Про затвердження Рекомендацій щодо організації гасіння пожеж підрозділами МНС на промислових об'єктах підвищеної небезпеки з

наявністю небезпечних хімічних речовин» [електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v1017735-11#Text>

ДОДАТОК А

Вибірки даних часу очищення вагонів на вантажних фронтах

Таблиця А.1- Вибірки даних тривалості очищення вагонів на вантажних фронтах для статистичного аналізу

Рудне подвір'я. Холодний період	Рудне подвір'я. Теплий період	Бункера. Холодний період.		Бункера. Теплий період		Базисний склад вугілля. Холодний період	Базисний склад вугілля. Теплий період
1	2	3	4	5	6	7	8
	0,5	кожні 5	кожні 20	кожні 10	кожні 20		
1	0,5	0,05	0,05	0,1667	0,2667	0,33	0,33
2,3	0,5	0,0667	0,133	0,1667	0,3	0,33	0,33
2,3	0,75	0,15	0,1833	0,2667	0,333	0,33	0,45
3	0,75	0,167	0,21667	0,3	0,33	0,667	0,5833
3	0,75	0,183	0,21667	0,33	0,35	0,667	0,667
3	0,75	0,183	0,2833	0,4	0,433	0,667	0,667
8,33	0,75	0,283	0,3167	0,4	0,6	0,667	0,667
8,33	0,75	0,283	0,35	0,433	0,667	0,667	0,667
8,33	0,833	0,33	0,35	0,4833	0,667	0,667	0,667
9,1667	0,833	0,35	0,3833	0,4833	0,7	0,667	0,667
9,1667	0,833	0,35	0,41667	0,55	0,71667	0,667	0,75
9,1667	0,833	0,4167	0,433	0,65	0,733	0,667	0,833
9,1667	0,833	0,433	0,45	0,667	0,7833	0,667	0,833
9,1667	0,833	0,45	0,4667	0,75	0,7833	0,667	0,833
9,1667	0,833	0,483	0,5	0,7833	0,7833	0,667	0,833
9,1667	0,833	0,5	0,533	0,8	0,8	0,667	0,833
9,1667	0,833	0,5	0,5667	0,85	0,8	0,833	0,833

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8
9,55	0,833	0,5	0,6	0,85	0,833	0,833	0,833
9,55	0,833	0,55	0,6	0,85	0,85	0,833	1
10,4	0,833	0,6	0,65	0,85	0,85	0,833	1
10,4	0,833	0,6167	0,6833	0,8667	0,85	0,833	1
10,4	0,833	0,633	0,71667	0,95	0,85	0,833	1
10,4	0,833	0,65	0,71667	0,9667	0,8667	0,833	1
11,1667	0,833	0,667	0,71667	1	0,9667	0,833	1
11,1667	0,9167	0,7167	0,733	1	0,9833	0,833	1
11,1667	0,9167	0,733	0,7667	1,01667	1,01667	0,833	1
11,1667	0,9167	0,75	0,7833	1,05	1,033	0,833	1
11,1667	0,9167	0,75	0,81667	1,05	1,033	1	1
11,1667	0,9167	0,767	0,81667	1,1	1,05	1	1
11,1667	0,9833	0,8	0,833	1,11667	1,0833	1	1
11,1667	0,9833	0,8167	0,85	1,133	1,1167	1	1
12,05	0,9833	0,81667	0,85	1,133	1,133	1	1
12,05	0,9833	0,85	0,85	1,15	1,1833	1	1
12,05	0,9833	0,8833	0,85	1,1667	1,2	1	1
12,9	1	0,883	0,8667	1,1667	1,21667	1	1
12,9	1	0,9	0,8833	1,1833	1,25	1	1
12,9	1	0,95	0,9833	1,1833	1,25	1	1
12,9	1	1,0333	0,9833	1,2	1,3	1	1
23,15	1,25	1,05	1,033	1,2	1,33	1	1
23,15	1,25	1,05	1,0667	1,233	1,3667	1	1,1
23,15	1,25	1,067	1,0667	1,25	1,3833	1	1,1
	1,25	1,0667	1,15	1,2667	1,41667	1	1,1
	1,25	1,083	1,1667	1,2833	1,433	1	1,1

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8
	1,25	1,1	1,25	1,2833	1,433	1,1667	1,1667
	1,5	1,133	1,2833	1,3	1,45	1,1667	1,1667
	1,5	1,133	1,33	1,35	1,45	1,1667	1,1667
	1,5	1,233	1,33	1,4	1,45	1,1667	1,1667
	1,5	1,31667	1,5	1,4667	1,4667	1,1667	1,1667
	1,5	1,51667	1,55	1,466	1,4833	1,1667	1,1667
	1,5	1,633	1,5833	1,4667	1,5	1,1667	1,1667
	1,5	1,6833	1,6	1,4833	1,5	1,1667	1,1667
	1,5	1,733	1,6	1,51667	1,533	1,1667	1,1667
	1,5	1,75	1,6	1,533	1,55	1,1667	1,233
	1,5	1,7667	1,667	1,533	1,5667	1,1667	1,233
	1,5	1,8	1,667	1,55	1,6	1,1667	1,233
	1,5	1,8667	1,6833	1,55	1,6	1,1667	1,233
	1,5	1,8667	1,783	1,5667	1,65	1,1667	1,25
	1,5	1,8833	1,833	1,5667	1,7167	1,1667	1,25
	1,667	1,95	1,867	1,6	1,733	1,1667	1,333
	1,667	1,9833	1,8833	1,6	1,75	1,1667	1,333
	2	2	1,91667	1,65	1,75	1,1667	1,333
	2	2,05	1,95	1,65	1,7667	1,1667	1,333
	2	2,1	2,0833	1,667	1,7833	1,1667	1,333
	2	2,283	2,133	1,7	1,8	1,1667	1,333
	2	2,333	2,133	1,71667	1,867	1,1667	1,333
	2	2,4	2,15	1,733	1,867	1,1667	1,333
	2	2,43	2,15	1,75	1,95	1,1667	1,333
	2	2,467	2,21667	1,7833	1,9667	1,1667	1,333
	2	2,61667	2,4	1,8667	2,0167	1,1667	1,333

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8
	2,5	2,7	2,433	1,8833	2,05	1,1667	1,333
	2,5	2,7167	2,4833	1,933	2,05	1,1667	1,333
	2,75	2,73	2,5833	1,9667	2,167	1,1667	1,333
	2,75	2,8167	2,5833	2	2,25	1,1667	1,333
	2,75	2,83	2,583	2,05	2,283	1,1667	1,333
	2,75	2,867	2,5833	2,05	2,333	1,1667	1,333
	2,75	2,97	2,6167	2,167	2,35	1,1667	1,333
	2,75	3,033	2,6167	2,2167	2,433	1,1667	1,41667
	2,75	3,05	2,7	2,233	2,45	1,1667	1,41667
	2,9167	3,1	2,7667	2,3	2,5167	1,1667	1,41667
	2,9167	3,133	2,833	2,433	2,51667	1,1667	1,5
	2,9167	3,133	2,85	2,45	2,5667	1,1667	1,5
	2,9167	3,133	2,8667	2,5167	2,6	1,25	1,5
	3,0833	3,3167	2,9	2,5167	2,6167	1,33	1,5
	3,0833	3,35	3,033	2,5167	2,6833	1,33	1,5
	3,0833	3,35	3,067	2,5833	2,75	1,33	1,5
	3,1667	3,4	3,0833	2,75	2,75	1,33	1,5
	3,9167	3,433	3,33	2,75	2,8	1,33	1,5
	3,9167	3,4833	3,35	2,767	2,85	1,33	1,5
	3,9167	3,5166	3,4	2,7833	2,9	1,33	1,5
	3,9167	3,5833	3,4167	2,8	2,933	1,33	1,5
	3,9167	3,6167	3,433	2,8	2,95	1,33	1,5
	3,9167	3,7167	3,4833	2,8833	3,05	1,33	1,5
	4	3,8	3,5167	2,91667	3,1	1,33	1,5
	4,5	3,85	3,55	2,933	3,1833	1,33	1,5
	4,5	4,067	3,5833	2,9833	3,2	1,33	1,5

ДОДАТОК Б

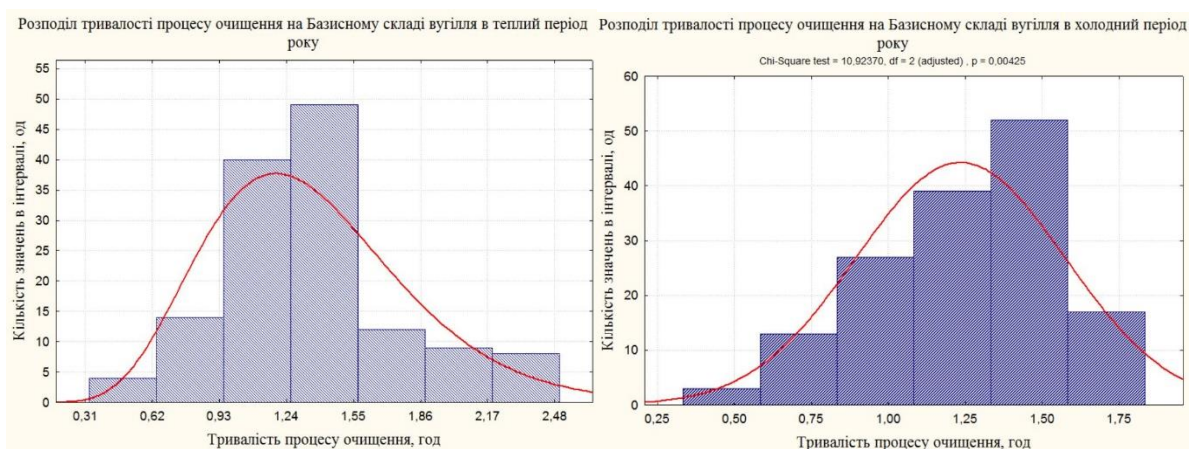
Статистичний аналіз даних по Базисному складу вугілля

Таблиця Б.1 – Аналіз розподілу тривалості вивантаження вагонів на Базисному складі вугілля

Вершина інтервалу	Спостережувана частота	Накопичувальна частота	Відсоток спостережень, %	Накопичувальний відсоток	Очікувана частота	Накопичувальна очікувана частота	Очікуваний відсоток	Накопичувальний відсоток очікування	Спостереження - очікування
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Теплий період року									
0,64	4	4	2,94	2,94	4,86	4,86	3,5803	3,5803	-0,86921
0,95	14	18	10,29	13,23	22,07	26,94	16,22797	19,8083	-8,07004
1,26	40	58	29,41	42,64	36,09	63,03	26,54314	46,3514	3,90133
1,57	49	107	36,03	78,67	33,29	96,32	24,48087	70,8323	15,70602
1,88	12	119	8,83	87,50	21,51	117,83	15,81327	86,6455	-9,50604
2,19	9	128	6,61	94,11	10,92	128,75	8,02573	94,6713	-1,91499
2,5	8	136	5,89	100	7,25	136	5,32872	100	0,75294
Холодний період									
0,58 3	3	3	1,99	1,99	4,21	4,21	2,79105	2,7910	-1,21448
0,83 33	13	16	8,61	10,6	13,81	18,02	9,14301	11,9341	-0,80595
1,08 33	27	43	17,89	28,49	31,58	49,59	20,91271	32,8468	-4,57820

Кінець таблиці Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1,33 33	39	82	25,83	54,32	43,13	92,73	28,56215	61,4089	-4,12885
1,58 33	52	134	34,43	88,75	35,18	127,91	23,30248	84,7114	16,81325
1,83 33	17	151	11,25	100	23,09	151	15,28859	100	-6,08576



а)

б)

Рисунок Б.1 – Розподіл тривалості очищення вагонів на Базисному складі вугілля у а) теплий, б) холодний періоди року