

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний, транспортний
(повне найменування інституту, факультету)

«Транспортні технології»
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

магістра
(ступінь вищої освіти)

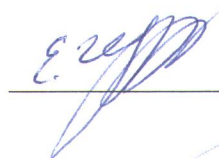
на тему

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО
ПРОЦЕСУ ВІДВАНТАЖЕННЯ ГАРЯЧЕКАТАНОГО МЕТАЛОПРОКАТУ

Виконав: студент(ка) II курсу, групи T-310м

Спеціальності 275 Транспортні технології (на
автомобільному транспорті)
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)
Транспортні технології (на автомобільному
транспорті)



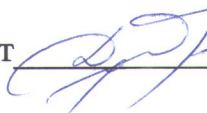
Катерина ЧЕБОТАР
(ім'я та прізвище)

Керівник



Лариса ВАСИЛЬЄВА
(ім'я та прізвище)

Рецензент



Ольга ДУДАРЕНКО
(ім'я та прізвище)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Інститут, факультет машинобудівний, транспортний
Кафедра «Транспортні технології»
Ступінь вищої освіти магістр
Спеціальність 275 Транспортні технології (на автомобільному транспорті)
Освітня програма Транспортні технології (на автомобільному транспорті)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

«Транспортні технології»

проф. Сергій ТУРПАК

« 01 » 10 2021 року

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

Чеботар Катерині Микитівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту Дослідження та підвищення ефективності технологічного процесу відвантаження гарячекатаного металопрокату

керівник проєкту (роботи) Васильєва Лариса Олексіївна, к.т.н.,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 05 » листопада 2021 року № 426

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

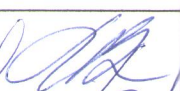
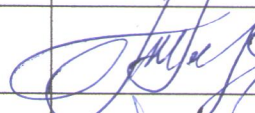
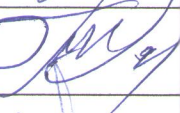
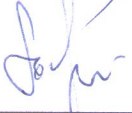
3. Вихідні дані до проєкту (роботи) 1. Існуюча технологія відвантаження гарячекатаного металопрокату з металургійного комбінату «Запоріжсталь». 2. Статичні дані з місячних обсягів відвантаження гарячекатаного металопрокату на адресу Запорізького річкового порту. 3. Існуюча технологія вантажопереробки гарячекатаного металопрокату в річковому порту. 5. Існуючі техніко-економічні показники технологічного процесу відвантаження гарячекатаного металопрокату

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 2.1 Аналіз даних підприємства з відвантаження автомобілів до річкового порту. 2.2 Визначення основних вхідних параметрів моделювання. 2.3 Моделювання процесу доставки продукції ЦГПТЛ до річкового порту. 2.4 Проведення експериментів. 2.5 Аналіз результатів моделювання. 3. Економічна частина. 4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

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

1. Транспортно-технологічні схеми. 2. Графіки відвантаження гарячекатаного прокату з ЦГПТЛ. 3. Загальний вигляд діаграми процесів імітаційної моделі. 4. Побудова транспортної мережі моделі. 5. Встановлення параметрів об'єктів моделі. 6. Блоки діаграми процесу. 7. Результати реалізації експерименту № 1. 8. Результати реалізації експерименту № 3. 9. Результати реалізації експерименту № 4. 10. Діаграми накопичення автомобілів в черзі на вивантаження у річковому порту. 10. Графіки залежності тривалості обороту автомобіля від кількості відправлень на місяць за результатами експериментів. 11. Техніко-економічні показники

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

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

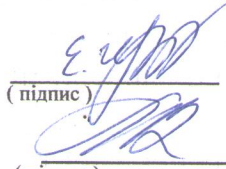
7. Дата видачі завдання « 15 » вересня 2021 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (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)

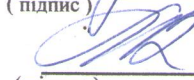


Катерина ЧЕБОТАР

(ім'я та прізвище)

Керівник проєкту

(підпис)



Лариса ВАСИЛЬЄВА

(ім'я та прізвище)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 100 с., 39 рис., 13 табл., 29 джерел посилань, 4 додатки

ВАНТАЖНИЙ ФРОНТ, РУЛОН, ВАНТАЖНА ОПЕРАЦІЯ, ЗАХВАТ-КАНТУВАЧ, ЕКСПЕРИМЕНТ, ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ, ПРИЧАЛ, РОЗПОДІЛ ВИПАДКОВОЇ ВЕЛИЧИНИ, СТОХАСТИЧНІ ПРОЦЕСИ

Об'єкт дослідження – технологічний процес відвантаження гарячекатаного металу з ЦГПТЛ до річкового порту.

Мета роботи – дослідження та підвищення ефективності процесу відвантаження металопрокату шляхом розробки технологічних рішень щодо зменшення тривалості простою транспортних засобів під розвантаженням в порту.

Методи дослідження – аналітичний, графічний, метод математичної статистики, метод імітаційного моделювання.

В роботі виконано дослідження технологічного процесу відвантаження гарячекатаних рулонів з цеху гарячої прокатки тонкого листа ПАТ «Запоріжсталь» до річкового порту. Проаналізовано існуючу технологію розвантаження автомобільного транспорту на причалах порту та виявлено, що вантажні фронти вчасно не справляються з обсягами надходжень і утворюються черги.

Виконано статистичний аналіз даних підприємства інтенсивності відправлення автомобілів із ЦГПТЛ. Розроблено імітаційну модель процесу доставки продукції ЦГПТЛ до річкового порту і розвантаження на причалах порту. За результатами проведених експериментів визначено найбільш раціональний варіант роботи вантажних фронтів річкового порту, що підтверджується економічними розрахунками.

ЗМІСТ

	с.
Завдання на проектування.....	2
Реферат.....	4
Перелік умовних позначень.....	7
Вступ.....	8
1 Аналітична частина.....	10
1.1 Загальні відомості про металургійний комбінат «Запоріжсталь»...	10
1.2 Характеристика цеху гарячої прокатки тонкого листа.....	11
1.3 Характеристика та сортамент гарячекатаного металопрокату.....	13
1.4 Характеристика складської системи ЦГПТЛ.....	15
1.5 Аналіз технологічного процесу вантажопереробки гарячекатаних рулонів в ЦГПТЛ.....	17
1.5.1 Засоби механізації для вантажопереробки металопрокату....	17
1.5.2 Аналіз технологічного процесу вантажопереробки в ЦГПТЛ і відвантаження на автотранспорт гарячекатаного прокату.....	19
1.6 Споживачі та маршрути перевезень готової продукції ЦГПТЛ автотранспортом.....	23
1.7 Аналіз технологічного процесу перевезення гарячекатаних рулонів із ЦГПТЛ в річковий порт.....	25
1.8 Аналіз технологічного процесу розвантаження гарячекатаних рулонів в річковому порту.....	28
1.9 Обґрунтування необхідності розробки магістерської роботи.....	32
2 Основна частина.....	34
2.1 Розробка проектної технології розвантаження металопрокату в річковому порту.....	34
2.2 Аналіз даних підприємства з відвантаження автомобілів до річкового порту.....	35
2.3 Визначення основних вхідних параметрів моделювання.....	38
2.3.1 Визначення інтенсивності відправлення автомобілів з	

ЦГПТЛ.....	39
2.3.2 Визначення продуктивності порталних кранів.....	42
2.3.3 Розрахунок тривалості виконання вантажних операцій.....	45
2.4 Моделювання процесу доставки продукції ЦГПТЛ до річкового порту	47
2.4.1 Розробка діаграми процесу та анімації імітаційної моделі....	47
2.4.2 Реалізація збору статистики в моделі.....	56
2.5 Проведення експериментів	59
2.5 Аналіз результатів моделювання.....	63
3 Економічна частина.....	73
3.1 Обґрунтування техніко-економічних розрахунків.....	73
3.2 Визначення експлуатаційних витрат на перевалку гарячекатаних рулонів в порту.....	74
3.3 Визначення економії експлуатаційних витрат.....	81
3.4 Визначення дисконтованого доходу й терміну окупності проєкту	81
4 Охорона праці і безпека в надзвичайних ситуаціях.....	84
4.1 Аналіз потенційних небезпек.....	84
4.2 Заходи по забезпеченню безпеки.....	85
4.3 Заходи з виробничої санітарії та гігієни праці.....	86
4.4 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях.....	87
4.4.1 Заходи з пожежної безпеки.....	87
4.4.2 Заходи з безпеки в надзвичайних ситуаціях.....	87
Висновки.....	89
Перелік джерел посилань.....	91
Додаток А Маркування гарячекатаного металопрокату.....	94
Додаток Б Вантажозахватні пристрої для вантажопереробки рулонів металопрокату.....	96
Додаток В Формувальна картка на відвантаження гарячекатаного металопрокату.....	98
Додаток Г Накопичення автомобілів в черзі на вивантаження у річковому порту.....	99

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ПАТ – публічне акціонерне товариство;

ЦГПТЛ – цех гарячої прокатки тонкого листа;

НТЛС – безперервний тонколистовий стан гарячої прокатки;

ЦХП – цех холодного прокату;

ДСТУ – державний стандарт України;

ТІ – технологічна інструкція;

АТЗ – автотранспортний засіб;

ФК – формувальна картка;

КПП – контрольно-пропускний пункт;

ТМЦ – товарно-матеріальні цінності.

ВСТУП

Металургійна промисловість України є складовою світової промислової галузі. Одним з найбільш затребуваних на товарному ринку є метал та металовироби, а металургія займає стійке місце у витоків більшості ланцюгів створення вартості. Саме металургійна галузь забезпечує необхідні сировину й матеріали для таких видів економічної діяльності, як, машинобудування, будівництво, енергетика, виробництво металовиробів тощо [1]. Крім того, великі металургійні комплекси відіграють значну роль у розвитку економіки регіонів, особливо в таких як Запорізька, Дніпропетровська та Донецька області.

Метал є основним матеріалом для створення різних конструкцій. Тому металургійний комплекс є базовою економічною галуззю.

Металоконструкції застосовуються в сфері машинобудування країни й складають більш 90 % обсягу виробленої продукції чорної й кольорової металургії, а обсяг перевезень металопродукції – більш, як 35 % від сукупного обсягу доставок всіх інших вантажів.

Успішність розвитку металургійної галузі на пряму впливає на процес науково-технічного розвитку в будь-яких сферах економіки. Продукція української чорної металургії високої якості та конкурентно-здатна на міжнародному ринку.

ПАТ «Запоріжсталь» займає одне із провідних місць у металургійній галузі України й входить до складу найбільшої гірничо-металургійної компанії – групи «Метінвест». У 2020 році металургійний комбінат «Запоріжсталь» виробив 4,5 млн. т чавуну (що більше на 2,5 % у порівнянні з 2019 р.), 4,1 млн. т сталі, 3,5 млн. т прокату [2].

Спеціалізація комбінату – сталевий гарячекатаний рулон і лист, холоднокатаний лист, рулон з вуглецевих і низьколегованих сталей, а також сталйна смуга, чорна жерсть, гнутий профіль.

Значна частка підприємств з виробництва металопродукції транспортують її на значні відстані й у великих обсягах. Для транспортування металопрокату використовуються такі види перевезень:

- залізничні, які використовуються при доставці на великі відстані;
- морські – при доставці у міжконтинентальному сполученні та при великих обсягах відвантаження при перевезеннях у сполученні ріка – море;
- автомобільні – при транспортуванні металопродукції порівняно у невеликих обсягах або на невеликій відстані.

Автомобільні перевезення вважаються найбільш оптимальними за вартістю послуг і часу доставки.

У магістерській роботі виконується дослідження технологічного процесу роботи вантажних фронтів при перевезенні металопрокату в рулонах автотранспортом з цеху гарячої прокатки тонкого листа у річковий порт для подальшого відвантаження на судна, а також розробка пропозицій для підвищення ефективності вказаних процесів.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Загальні відомості про металургійний комбінат «Запоріжсталь»

ПАТ «Запоріжсталь» є одним із провідних підприємств металургійної галузі України й входить до складу найбільшої гірничо-металургійної компанії – групи Метінвест [2]. Основною метою діяльності ПАТ «Запоріжсталь» є підвищення ефективності виробництва за рахунок модернізації та оновлення обладнання, а також забезпечення безпечних умов праці для співробітників. Металургійний комбінат «Запоріжсталь» є найбільшим металургійним підприємством Європи.

Комбінат «Запоріжсталь» виробляє сталеві гарячекатані та холоднокатані рулони й листи з вуглецевих, низьколегованих сталей, гнутий профіль, а також сталеву стрічку й чорну жерсть [2].

Продукція підприємства має достатньо високу якість, що дозволяє реалізувати металопрокат не тільки на внутрішньому, а й на зовнішньому ринках. Експортування металопрокату в рулонах та пачках відбувається більш ніж в 50 країнах світу (Туреччина, Італія, Польща, Росія, Сирія, Ізраїль, Болгарія, Ефіопія, Нігерія й інші). Але стратегічний напрямок політики – це реалізація продукції на українському ринку. Щорічно підприємство збільшує обсяги виробництва та відвантаження металопрокату.

Основний виробний процес відбувається у 8 основних цехах, які забезпечують первинну переробку сировини (агломераційний, доменний, мартенівський та підготовки сталерозливних составів) та цехи, в яких завершується технологічний цикл виробництва підприємства (обтискний та прокатні). Основне виробництво забезпечують 56 допоміжних цехів [2].

Підприємство постійно удосконалює роботу з клієнтами-замовниками металопродукції, для чого поліпшується якість продукції та освоюється виготовлення нових видів продукції за бажанням клієнтів.

1.2 Характеристика цеху гарячої прокатки тонкого листа

Цех гарячої прокатки тонкого листа (ЦГПТЛ) виробляє гарячекатаний прокат в листах і рулонах (шириною від 850 до 1500 мм). Виробництво відбувається на безперервному тонколистовому стані гарячої прокатки НТЛС «1680» (виробнича потужність 3,5 млн. т/рік). На стані прокатують смуги товщиною від 1,8 до 9,0 мм, шириною від 900 до 1500 мм. масою рулону до 16 т [3].

В даний час на стані НТЛС «1680» прокатують смуги одинарної (до 8,0 т) та подвійної (до 16,0 т) маси.

Вихідним матеріалом для ЦГПТЛ є сляби з вуглецевих і низьколегованих марок сталі розмірами: товщиною 105 ... 168 мм; шириною 1000 ... 1500 мм; довжиною до 9,5 м (рис. 1.1), що надходять зі стану 1150 через відвідний рольганг на проміжний підігрів слябів в методичних печах ЦГПТЛ або прямолінійним потоком на стан 1680 [3].



Рисунок 1.1 – Рулон гарячекатаний шириною 1500 мм

Сляби, що передаються з обтискного цеху, прокатуються на НТЛС-1680 на смуги необхідних розмірів за існуючими режимами обтиснень. 95 % переда-них слябів задаються в НТЛС-1680 «транзитом» (без додаткового підігріву в методичних печах) [3]. Прокатані на НТЛС-1680 гарячекатані смуги охоло-джуються до необхідної температури в душируючій установці та змотуються на моталках.

Далі прокатані рулони передаються в ЦХП-1, ЦХП-3 (рис. 1.2) або на склад готової продукції ЦГПТЛ для обробки і упаковки. Рулони в суміжні цехи для подальшого виробництва передаються по системі підземних конвеєрів.

Частина рулонів направляється для різки на агрегатах поздовжнього або поперечного розпуску.

Зважування рулонів звичайної маси (до 8 тонн), що надходять в проліт складу рулонів ЦГПТЛ, проводиться на вагах вагового рольганга.



Рисунок 1.2 – Схема розташування ЦГПТЛ на генплані підприємства

Зважені рулони надходять на приймальний рольганг конвеєра, де зніма-ються мостовим електрокраном, за допомогою спеціальних кліщів із захисною планкою і передаються на склад для охолодження перед наступною обробкою на агрегатах розрізання або упаковкою.

1.3 Характеристика та сортамент гарячекатаного металопрокату

Гарячекатаний прокат використовують переважно для виробництва круглих і профільних електрозварних труб малого й середнього діаметрів, а також подальшого його різання на листи [2].

Гарячекатаний прокат має високу міцність, завдяки якій цю продукцію часто використовують у будівництві, для виробництва зварених металоконструкцій, клепаних і болтових деталей і з'єднань.

Основною продукцією ЦГПТЛ є [3]:

- гарячекатаний рулон;
- гарячекатана смуга без профілювання;
- гарячекатаний рулон з розпуском;
- прокат гарячекатаний з перфорованим рифленням;
- гарячекатаний лист.

Сортамент гарячекатаних полос, які прокатуються на НТЛС 1680, представлені в таблиці 1.1 [3].

Таблиця 1.1 – Геометричні розміри гарячекатаного прокату

Група сталі	Товщина полоси, мм	Ширина полоси, мм
1	2	3
Напівспокійні, киплячі, нестаріючі (08Ю)	1,5	970 - 1030
	1,8	970 - 1100
	1,9	970 - 1100
	2,0 - 2,4	1000 - 1250
	2,5	860 - 950; 1000 - 1250
	2,6 - 2,9	860 - 950; 1000 - 1360
	3,0 - 3,9	860 - 950; 1000 - 1500
	4,0-8,0	860 - 950; 1000 - 1500
	8,1 - 10,0	1000 - 1250

Кінець таблиці 1.1

1	2	3
Спокійні	2,0 - 2,4	1000
	2,5 - 3,1	1000 - 1250
	3,2 - 10,0	860 - 950; 1000 - 1400
Низьколеговані	2,0 - 2,9	970 - 1000
	3,0 - 3,9	970 - 1250
	4,0 - 10,0	970 - 1400
Високовуглецеві (70X, 65Г, 60С2)	3,0 - 9,0	1000 - 1270
Високовуглецеві (65Г) для подальшого переділу	2,7 - 2,9	970 - 1050
	3,0 - 6,0	970 - 1250
Високовуглецеві 45, 55	4,0 - 6,0	1000 - 1100

Упаковка, маркування, транспортування та зберігання гарячекатаного металопрокату виконується згідно ДСТУ 2834-94 «Прокат тонколистовий з вуглецевої сталі загального призначення» [4].

Прокат підрозділяють:

- за способом прокатного виробництва: гарячекатаний, холоднокатаний;
- за видами металопродукції: листи, рулони;
- за мінімальним значенням тимчасового опору на групи міцності: на 11 категорій;
- за нормативними характеристиками: на 6 категорій;
- за якістю обробки поверхні на групи: особливо високої, високої та підвищеної обробки (холоднокатаний), гарячекатаний – підвищеної обробки та звичайної обробки.
- за здатністю до витяжки: глибокої (Г) і нормальної витяжки (Н).

Маркування наносять безпосередньо на рулони або на ярлики, якщо рулони впаковані. Нормативні вимоги до маркування, пакування, зберігання та транспортування металопрокату викладені в [5].

Упаковка гарячекатаних рулонів виконується згідно технологічної інструкції (ТІ 226-ОБЗ-12-2020) [6].

Рулони повинні бути щільно змотані й обв'язані двома-шістьма радіальними обв'язками. Маса металевго впакування не повинна перевищувати 2,5 % маси прокату, яку встановлюють відповідно для певного замовлення за контрактом.

Для упаковки гарячекатаних травлених рулонів використовуються зовнішній і внутрішній захисні листи з м'якої сталі, а також сталеві або пластикові торцеві захисні диски. Способи захисту продукції від корозії обумовлюються в стандартах або технічних вимогах.

Упаковка рулонів, пачок листів і смугової сталі в рулонах здійснюється вручну за допомогою натяжних або пневматичних машинок, молотків і спеціальних затискачів не допускаючи слабкого утягування або провисання стрічок [6].

На комбінаті «Запоріжсталь» для маркування прокату застосовуються маркувальні ярлики, що самі клеяться. Для маркування прокату у гарячому стані застосовуються ярлики з етикеточних матеріалів Zebra Z-Ultimate 3000T при температурі не більш 150 °C [7].

Приклади оформлених ярликів, що самі клеяться, для гарячекатаного прокату наведені у додатку А.

1.4 Характеристика складської системи ЦГПТЛ

Складування виробленого гарячекатаного металопрокату в ЦГПТЛ відбувається в різних прольотах цеху, які обслуговуються мостовими кранами [8]. Схему розташування кранів ЦГПТЛ показано на рис. 1.3.

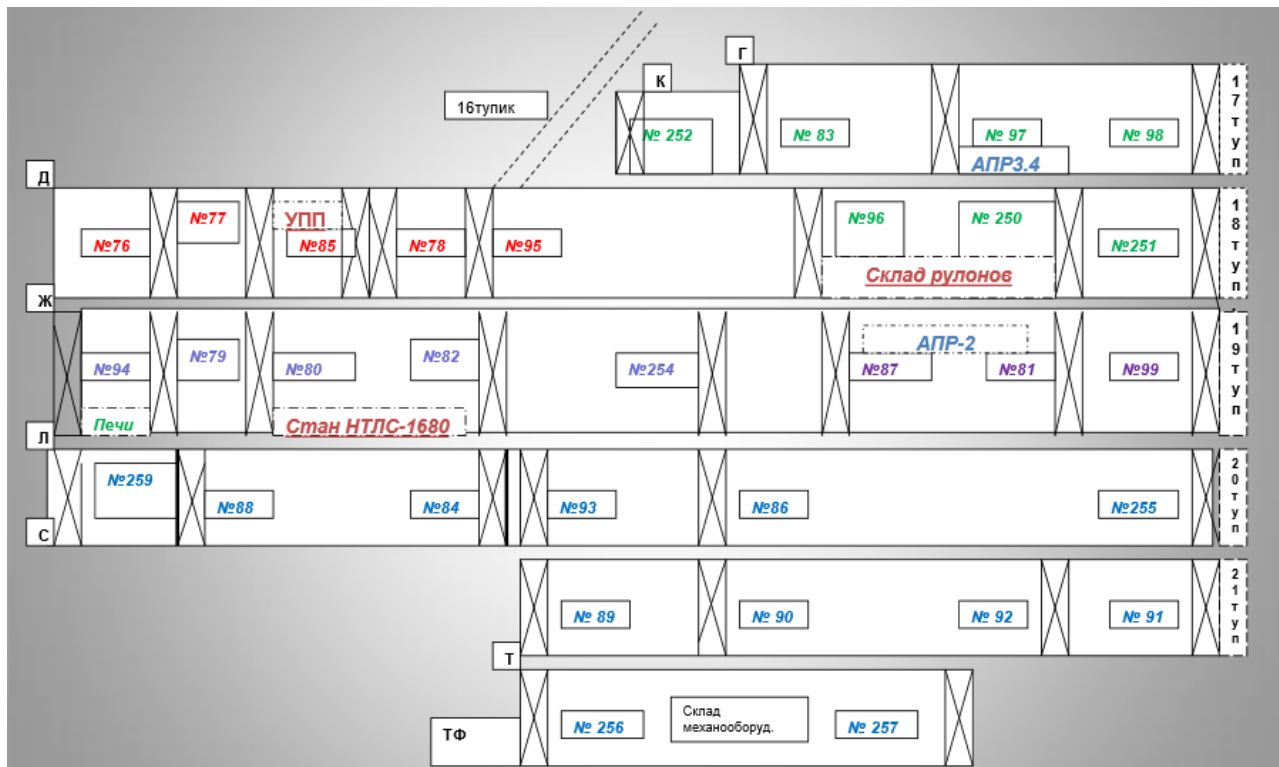


Рисунок 1.3 – Схема розташування мостових кранів ЦГПТЛ

Проліт «Г» – «Д»

Гарячекатані рулони зберігаються в штабелі у вертикальному положенні «на торець» на спеціально відведених ділянках, у шаховому порядку. Висота складування не перевищує 4,5 м.

Рулони біля постів операторів агрегатів розмотувача складуються не вище, ніж у 2 яруси.

Прольоти «Д» – «Ж»

Складування рулонів проводиться в штабелі в шаховому порядку. Висота штабеля рулонів також не більш 4,5 м. Прохід між конвеєром стану і штабелями рулонів – 1,5 м. Складування рулонів від головки рейки 18 залізничного тупика виконується не ближче 2 м.

Проліт «Ж» – «Л»

Складуються пачки і рулони гарячекатаного прокату в штабелі з дотриманням габаритів для проходів.

Проліт «Л» – «С»

Умови складування гарячекатаного металопрокату аналогічні складуванню у прольоті «Д» – «Ж». Біля залізничного тупика 20 рулони укладаються на відстані не менше 2 м.

Висота штабелювання рулонів шириною до 900 мм – 5 ярусів, а шириною понад 900 мм до 1100 мм – в 4 яруси.

1.5 Аналіз технологічного процесу вантажопереробки гарячекатаних рулонів в ЦГПТЛ

1.5.1 Засоби механізації для вантажопереробки металопрокату

Основним обладнанням для переміщення та вантажопереробки гарячекатаних рулонів в ЦГПТЛ є мостові крани в кількості 32 од. (рис. 1.3).

Переміщення вантажів між прольотами цеху здійснюються за допомогою передавальних візків на залізничному ході. Вантажопідйомність трансферкарів – 60,0 т. Довжина колії переміщення складає:

- трансферкар 18 – 40,0 м;
- трансферкар 16 – 100,0 м;
- трансферкар 23 – 325,0 м.

Електричні мостові крани № 78, № 83, № 85, № 91, № 92, № 93, № 95, № 97, № 98, № 250, № 251 укомплектовані панеллю магніту і кабельним механізмом, для можливості навішування на гак магнітної шайби, яка використовується для підняття рулонів. Крани № 76, № 85 укомплектовані грейфером. Мостовий кран № 86 укомплектований кліщовим захватом, а № 255 – скобою.

Вантажопідйомність мостових кранів цеху гарячої прокатки тонкого листа складає від 10,0 т до 80,0 т.

Для виконання вантажних операцій та переміщення гарячекатаного металопрокату між ділянками цеху використовують такі вантажозахватні пристрої [6]:

- електромагніт для транспортування рулонів одинарної маси між ділянками цеху;
- захват-скоба для підйому і переміщення рулонів сталі в горизонтальному положенні вантажопідйомністю 8,0 т (рисунок Б.1 додатку Б);
- кліщі автоматичні механічні для підйому і переміщення рулонів на вертикальній осі (рисунок Б.2 додатку Б). Захват має дві лапи для захоплення рулону. Автоматичний пристрій дозволяє виконувати вантажно-розвантажувальні операції без залучення ручної праці. Вантажопідйомність кліщів – до 18 т.

Під час переддипломної практики було проведено дослідження продуктивності роботи кранів, які приймають участь в процесі вантажопереробки гарячекатаного прокату, шляхом спостереження та фіксації фотографії робочого часу. Результати спостережень наведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Дані спостережень роботи мостових кранів при вантажопереробці гарячекатаного металопрокату

№№ крана	Відстань переміщення, м		Тривалість елементів циклу і загальний час циклу, с						Продуктивність, рул./год.	
	$L_{\text{в}}$	$L_{\text{кр}}$	t_z	$t_{\text{в}}$	$\frac{4H}{v_{\text{вант}}}$	$\frac{2L_{\text{кр}}}{v_{\text{кр}}}$	$\frac{2L_{\text{в}}}{v_{\text{в}}}$	$t_{\text{ц}}$	$\Pi_{\text{техн}}$	$\Pi_{\text{експл}}$
98	13,0	40,0	15	10	97,0	60,2	36,1	194	19	16
250	13,0	60,0	15	10	97,0	90,2	36,1	224	16	13
255	22,5	240,0	15	10	97,0	361,0	62,5	521	7	6
91	31,5	180,0	15	10	97,0	270,7	87,5	456	8	7
251	28,5	80,0	15	10	97,0	120,3	79,2	297	12	10
92	22,5	80,0	15	10	97,0	120,3	62,5	280	13	11
97	28,5	80,0	15	10	97,0	120,3	79,2	297	12	10
96	31,5	80,0	15	10	97,0	120,3	87,5	305	12	10

Як бачимо, середня продуктивність роботи мостових кранів при відвантаженні гарячекатаного металопрокату в ЦГПТЛ складає 10 рулонів/год.

1.5.2 Аналіз технологічного процесу вантажопереробки в ЦГПТЛ і відвантаження на автотранспорт гарячекатаного прокату

Після прокатки на стані НТЛС-1680 гарячекатані рулони конвеєром передаються на склад, де вони охолоджуються до необхідної температури. Зі складу рулони передаються на пакувальний майданчик, де їх зважують та готують до відвантаження.

Потім на рулони оформлюють формувальну карту, де вказують плавку, марку сталі, замовлення, розміри, номер партії. Одночасно роздруковують маркувальні ярлики та наклеюють їх на рулони. Упаковані та замаркіровані гарячекатані рулони передаються конвеєром на склад готової продукції.

Формувальну карту передають до відділу технічної контори для перевірки даних, а потім – на ділянку відвантаження.

На ділянці відвантаження присвоюється порядковий номер сертифікату. Створюють заготовку сертифікату якості, а формувальна карта передається бригадиру ділянки відвантаження.

На підставі даних формувальної картки бригадир замовляє транспорт для відвантаження згідно замовлення (внутрішній ринок, порти, ближнє та дальнє зарубіжжя).

Відвантаження рулонів на внутрішній ринок та в порти відбувається на автотранспорт. Після постановки автопоїзду на вантажний фронт бригадир ділянки відвантаження спочатку оглядає автотранспортний засіб на предмет комерційної справності і відсутності сторонніх предметів, а потім перевіряє обов'язкову наявність переважування (тарування) порожнього транспортного засобу перед завантаженням. При відсутності ознаки тарування транспортного засобу навантаження готової продукції не виконується.

На підставі даних з сформованої і роздрукованої формувальної карти виконується розмітка гарячекатаного металопрокату крейдою для навантаження (на рулонах вказується найменування одержувача).

Після заповнення всіх реквізитів у формувальній картці роздруковують сертифікат якості. Після атестації сертифікату по електронній базі передається інформація прийомоздавачу, який потім формує накладну.

Після завантаження готової продукції бригадир перевіряє товаро-супровідні документи та правильність закріплення рулонів на транспортному засобі.

Час виконання операції з навантаження гарячекатаних рулонів на автотранспортний засіб за даними спостережень в середньому складає 20 хвилин або 0,33 год.

Крім операції навантаження при обробці автопоїзда в ЦГПТЛ виконуються підготовчі та заключні операції.

Тривалість підготовчих операцій з встановлення автопоїзда на вантажному фронті, перевірки комерційного стану АТЗ, очікування звільнення крану від технологічних операцій за даними спостережень складають в середньому 10-20 хвилин. На заключні операції, до яких ставляться операції з перевірки закріплення рулонів на напівпричепі, звільнення фронту навантаження та оформлення документів, в середньому покладається до 30 хв.

Оскільки склади готових до відвантаження гарячекатаних рулонів на території ЦГПТЛ розміщені в різних місцях, то певний час витрачається на передачу рулонів із зони зберігання на вантажний фронт при застосуванні мостових кранів (переміщення вздовж прольоту) і передавальних візків (переміщення між прольотами мостових кранів). Тривалість цієї операції, в залежності місця укладання рулонів, складає від 5 до 15 хвилин.

Таким чином, час простою автотранспортного засобу на вантажному фронті ЦГПТЛ, складає від 60 до 90 хвилин.

Навантаження гарячекатаних рулонів в автотранспорт в ЦГПТЛ виконується у вертикальному положенні «на торець».

Для завантаження автотранспорту використовують наступні вантажні fronti (рис. 1.3):

- тупик № 17, який обслуговується мостовим краном № 98;

- тупик № 18, який обслуговується мостовим краном № 251;
- тупик № 20, який обслуговується мостовим краном № 255;
- тупик № 21, який обслуговується мостовим краном № 91.

Гарячекатаний металопрокат навантажують на металеві піддони, які дозволяють транспортувати рулони масою від 4 т до 17 т. Металеві піддони розміщуються на платформі автотранспортного засобу. Від поздовжнього і поперечного зміщення піддони закріплюються дерев'яними брусами, ремнями або встановлюються в спеціально підготовлені місця.

Піддон М₃₆-100994 для транспортування рулонів у вертикальному положенні «на торець» (рис. 1.4) – металева рама розміром 1850×2056 мм, масою 670 кг. На один такий піддон встановлюється один рулон металопрокату.

Кожен піддон має 4 стропувальні косинки з отворами, які розташовані по кутах рами піддону з зовнішнього боку. Контроль фіксації піддону на кузові або платформі автотранспортного засобу забезпечує стропальник, бригадир або змінний майстер.

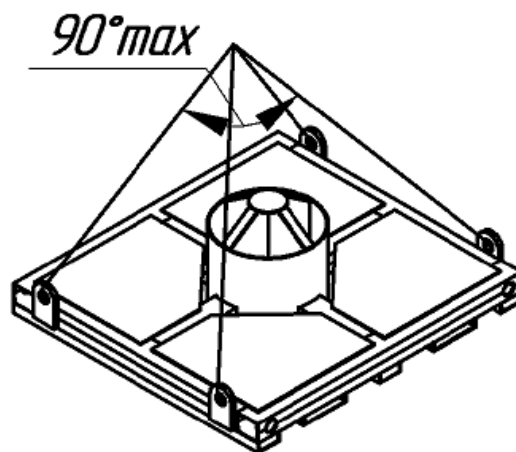


Рисунок 1.4 – Піддон М₃₆-100994 для транспортування гарячекатаних рулонів у вертикальному положенні «на торець»

Автомобільні перевезення гарячекатаних рулонів з ЦГПТЛ постійним споживачам здійснюються транспортними засобами, на яких вже встановлені піддони.

Оформлення документів на відвантаження готової продукції з ЦГПТЛ автотранспортом.

На підставі заявок, що надійшли до відділу продажів дирекції зі збуту в електронній базі даних комбінату формується замовлення на відвантаження продукції. В замовленнях вказується сортамент, відвантажувальні реквізити, інформація необхідна для заповнення транспортних документів тощо.

На підставі номера замовлення відповідальний працівник цеху формує формувальну карту (ФК), в якій вказується інформація про сортамент готової продукції та її вагу, хімічні і технічні параметри, реквізити покупця, призначення готової продукції і т.д.

Бригадир ділянки відвантаження на підставі даних ФК розмічає крейдою готову продукцію для навантаження, вводить в сканер номер ФК і здійснює сканування QR кодів з наклеєних на рулон ярликів та безпосередньо керує процесом навантаження готової продукції в автотранспортний засіб.

По закінченню навантаження бригадир ділянки відвантаження перевіряє правильність навантаження, вносить в паперовий варіант ФК номер автомобіля, вагу тари, вантажопідйомність, схему навантаження, вказує свою ПІБ і ставить підпис.

Формувальна картка передається для оформлення перевізного документа і внесення даних в електронну форму ФК, на підставі якої у відділі технічного контролю оформляється сертифікат якості (відповідності).

Після навантаження АТЗ та оформлення документів бригадир ділянки відвантаження звіряє оформлені відвантажувальні документи з фактично завантаженою продукцією.

Після закінчення навантаження рулонів, водій транспортного засобу перевіряє кріплення піддонів на платформі АТЗ та стійкість вантажу на автотранспортному засобі.

1.6 Споживачі та маршрути перевезень готової продукції ЦГПТЛ автотранспортом

Основні споживачі продукції ПАТ «Запоріжсталь» – виробники зварних труб, підприємства автомобільного, сільськогосподарського, транспортного машинобудування, виробники виробів побутової техніки тощо.

Металопрокат з ПАТ «Запоріжсталь» відвантажується залізничним та автомобільним транспортом. Експортна продукція складає в загальному обсязі близько 70 %, а 30 % відправляється на внутрішній ринок.

Аналіз даних з обліку відправлення гарячекатаних рулонів автотранспортом показав, що продукція відвантажується не тільки споживачам Запорізького регіону, а й в інші регіони України (рис. 1.7).

Учет проката по бригадам отгрузки, вывоз автотранспортом за период с 01.08.2021 по 31.08.2021 по цеху ЦГП														Значения	
Дата отгр.	Вид продукции	Пр.Рул	№ ТГН	Заказ	№ поз.	№ серт	Плавка	Марка	Т.л.м	Шир. мм	Партня	Грузовозвучатель	№ авто, прицепа	Вес нетто, т	Вес брутто, т
02.08.2021	Рядовой г/к	РУЛ	27277	971000000899	2	545837	001021393	S235JR	5	1100	421793	32040840 ООО "МД ИСТЕЙТ"	AP3670HX П.АР3008ХМ	5,340	5,345
			27288	972000001250	2	545812	0112045-1	СТ1РС	2,5	1240	421846	32438582 ООО "ИПРИС-ПРОФИЛЬ"	AX6515EI П.АХ7697ХО	6,180	6,185
						545813	0211442-3	СТ2РС	2,5	1240	421847	32438582 ООО "ИПРИС-ПРОФИЛЬ"	AX6515EI П.АХ7697ХО	5,775	5,780
			27308	972000000773	1	546089	1021390-1	СТ2РС	2	1240	421893	37442661 ООО "ЖЕЛЕЗНОЕ ДВИЖЕНИЕ"	AP7805EI П.П.АРО178ХФ	5,005	5,010
				972000001192	2	546088	0721520-1	СТ3РС	2	1240	422185	37442661 ООО "ЖЕЛЕЗНОЕ ДВИЖЕНИЕ"	AP7805EI П.П.АРО178ХФ	10,905	10,915
						546090	000310102	СТ1РС	2	1240	422110	37442661 ООО "ЖЕЛЕЗНОЕ ДВИЖЕНИЕ"	AP7805EI П.П.АРО178ХФ	5,590	5,595
			27318	971000000988	1	546035	0611544-1	СТ3РС	5	1500	422387	42203704 ООО "ДТ "СТИЛЬРОК"	AP144EO П.АР5171ХО	14,860	14,870
						546038	0611544-1	СТ3РС	5	1500	422387	42203704 ООО "ДТ "СТИЛЬРОК"	AP144EO П.АР5171ХО	7,755	7,760
			27319	971000000988	1	546033	0611544-1	СТ3РС	5	1500	422387	42203704 ООО "ДТ "СТИЛЬРОК"	AP0735IA П.АР4836ХР	14,915	14,925
			27327	972000001185	5	546098	000711541	СТ1РС	2	1095	422410	39874488 ТОВ "БАЙДА 2015"	AP1984EI П.П.АРО563ХФ	22,845	22,855
			27335	972000001185	5	546124	000711541	СТ1РС	2	1095	422410	39874488 ТОВ "БАЙДА 2015"	AP7805EI П.П.АРО178ХФ	22,585	22,595
			27343	972000001185	7	546132	000711541	СТ1РС	2,8	1085	422409	39874488 ТОВ "БАЙДА 2015"	AP1984EI П.П.АРО563ХФ	23,660	23,670
			27359	972000001185	7	546160	000711541	СТ1РС	2,8	1085	422409	39874488 ТОВ "БАЙДА 2015"	AP9831EI П.П.АРО182ХФ	23,245	23,255
			27363	972000001185	7	546169	000711541	СТ1РС	2,8	1085	422409	39874488 ТОВ "БАЙДА 2015"	AP838BE П.П.АП7194ХО	23,105	23,115
			27366	972000001185	7	546173	000711541	СТ1РС	2,8	1085	422409	39874488 ТОВ "БАЙДА 2015"	AP7805EI П.П.АРО178ХФ	23,235	23,245
			27376	972000000773	1	546192	4110438-9	СТ2РС	2	1240	421391	37442661 ООО "ЖЕЛЕЗНОЕ ДВИЖЕНИЕ"	AP9831EI П.П.АРО182ХФ	9,955	9,965
				972000001192	2	546191	004110735	СТ2РС	2	1240	422441	37442661 ООО "ЖЕЛЕЗНОЕ ДВИЖЕНИЕ"	AP9831EI П.П.АРО182ХФ	5,530	5,535
						0721520-1	СТ3РС	2	1240	422185	37442661 ООО "ЖЕЛЕЗНОЕ ДВИЖЕНИЕ"	AP9831EI П.П.АРО182ХФ	5,275	5,280	
			27381	972000001185	5	546201	000711541	СТ1РС	2	1095	422410	39874488 ТОВ "БАЙДА 2015"	AP7805EI П.П.АРО178ХФ	23,060	23,070
			27405	972000001185	9	546258	0711543-9	СТ2РС	3,7	1075	422501	39874488 ТОВ "БАЙДА 2015"	AP9831EI П.П.АРО182ХФ	22,365	22,375
			27406	972000001185	9	546259	0711543-8	СТ2РС	3,7	1075	422502	39874488 ТОВ "БАЙДА 2015"	AP7805EI П.П.АРО178ХФ	10,825	10,830
						0711543-9	СТ2РС	3,7	1075	422501	39874488 ТОВ "БАЙДА 2015"	AP7805EI П.П.АРО178ХФ	11,390	11,395	
			27410	972000001185	15	545839	1011373-1	СТ2РС	2	1250	420663	39874488 ТОВ "БАЙДА 2015"	AP9831EI П.П.АРО182ХФ	12,700	12,705
						546274	0611500-1	СТ2РС	2	1250	422544	39874488 ТОВ "БАЙДА 2015"	AP9831EI П.П.АРО182ХФ	12,720	12,725
Рядовой г/к Итого														328,820	329,000
02.08.2021 Итого															
03.08.2021	Рядовой г/к	РУЛ	27280	971000001036	1	545841	0110760-9	CT4PC	5	1250	412919	32040840 ООО "МД ИСТЕЙТ"	KA3224BE П.ВН4822ХИ	13,750	13,770
			27445	972000000999	1	546196	000112478	S235JR+AR	1,8	1000	421902	1267395 ОДО "ЧЗМК"	AC3150CM П.АС1045ХО	19,840	19,860
Рядовой г/к Итого														33,590	33,630
03.08.2021 Итого														33,590	33,630
04.08.2021	Рядовой г/к	РУЛ	27496	972000001271	1	546059	1011389-1	СТ1РС	2,5	270	3985	32040840 ООО "МД ИСТЕЙТ"	AP2156CI П.АР2226ХМ	3,820	3,910
			27562	972000001330	1	546505	000711542	СТ3РС	3	470	3987	31676602 Запорожские 3-д ХИТ ТЕХНОЛОГИЯ	AP9519H П.П.АРО850ХФ	22,080	22,120
						0721542-8	СТ3РС	3	470	3993	31676602 Запорожские 3-д ХИТ ТЕХНОЛОГИЯ	AP9519H П.П.АРО850ХФ	5,840	5,850	
			27564	972000001330	1	546506	0721542-9	СТ3РС	3	470	3994	31676602 Запорожские 3-д ХИТ ТЕХНОЛОГИЯ	AP4021EX П.П.АРО7971ХМ	26,850	26,900
			27573	972000001330	1	546513	000711542	СТ3РС	3	470	3987	31676602 Запорожские 3-д ХИТ ТЕХНОЛОГИЯ	AP9831EI П.П.АРО182ХФ	31,830	31,890
			27582	972000001330	1	546517	000711542	СТ3РС	3	470	3987	31676602 Запорожские 3-д ХИТ ТЕХНОЛОГИЯ	AP8079CT П.П.АРО495ХМ	10,670	10,690
						0711542-9	СТ3РС	3	470	3990	31676602 Запорожские 3-д ХИТ ТЕХНОЛОГИЯ	AP8079CT П.П.АРО495ХМ	21,800	21,840	
			27602	972000001330	1	546525	000711542	СТ3РС	3	470	3987	31676602 Запорожские 3-д ХИТ ТЕХНОЛОГИЯ	AP9519H П.П.АРО850ХФ	32,825	32,885
			27606	972000001330	1	546527	000711542	СТ3РС	3	470	3987	31676602 Запорожские 3-д ХИТ ТЕХНОЛОГИЯ	AP9831EI П.П.АРО182ХФ	21,365	21,405
						0721542-9	СТ3РС	3	470	3994	31676602 Запорожские 3-д ХИТ ТЕХНОЛОГИЯ	AP9831EI П.П.АРО182ХФ	11,320	11,340	
			27611	972000001330	1	546534	000711542	СТ3РС	3	470	3987	31676602 Запорожские 3-д ХИТ ТЕХНОЛОГИЯ	AP8079CT П.П.АРО495ХМ	31,945	32,005
						0721542-9	СТ3РС	3	470	3994	31676602 Запорожские 3-д ХИТ ТЕХНОЛОГИЯ	AP8079CT П.П.АРО495ХМ	6,000	6,010	
			27621	972000001192	2	546535	0721520-1	СТ3РС	2	1240	422185	37442661 ООО "ЖЕЛЕЗНОЕ ДВИЖЕНИЕ"	AP7805EI П.П.АРО178ХФ	5,185	5,190
						546536	000112498	СТ2РС	2	1240	422601	37442661 ООО "ЖЕЛЕЗНОЕ ДВИЖЕНИЕ"	AP7805EI П.П.АРО178ХФ	11,410	11,420

Рисунок 1.7 – Картка обліку відвантаження гарячекатаного металопрокату на автотранспорт

Основними споживачами гарячекатаних рулонів у Запоріжжі є:

- «МЕТІНВЕСТ ІНТЕРНЕЙШНЛ С.» (Запорізький річний порт);
- «МД Істейт» (офіційний представник ПАТ Запоріжсталь з реалізації продукції);
- «Завод Хіт Технологія» (механічний завод);
- ТОВ «Байда 2015» (виробництво труб, трубопроводів, профілів, фітінгів зі сталі);
- ТОВ «Залізний рух» (завод з виробництва профільних труб);
- Форт Сема Лтд. (виробництво будівельного оцинкованого профілю);
- Профіль Трейд (підприємство з оптової торгівлі металопрокатом);
- ТОВ «Стілброк» (підприємство з виробництва запасних частин до землеобробної техніки).

В інших регіонах України основними підприємствами, в адресу яких гарячекатаний металопрокат доставляється автотранспортом, є:

- ТОВ «Іпріс-Профіль», м. Харків (виробництво металевий профілів та стелажних систем);
- ТОВ ВК «ІНДАСТРІ», м. Харків (виробництво стінового та покрівельного профнастілу);
- ТОВ «Варіант Агро Буд», м. Харків (виробництво та реалізація систем зрошення для господарств агропромислового комплексу);
- завод електрозварювальних труб НЗЕСТ, м. Нікополь;
- трубний завод «Славсант», м. Павлоград;
- ОДО ЧЗМК, м. Червоноград (завод металоконструкцій);
- ПАТ «Завод Фрегат», м. Первомайськ Миколаївської області (виробляє суднове палубне встаткування, дощувальні машини, млиново-елеваторне встаткування, сільськогосподарську техніку, а також металовироби й металоконструкції);
- ТОВ «Завод решіткового настилу», с. Нижнє Гусне Львівської області;
- ТОВ «Завод металевих виробів», м. Сарни Рівненської області (виробляє верстати для різання металу, будівельні конструкції);

- Метінвест-СМЦ, м. Дніпро (розподільний центр металопрокату).

Спостереження обсягів відвантаження металопрокату автотранспортом виконано за період з 01.08.2021 р. по 31.08.2021 р.

Загальний обсяг відвантажених гарячекатаних рулонів за цей період склав 52755,41 т; в тому числі на адресу «МЕТІНВЕСТ ІНТЕРНЕЙШНЛ С.» (Запорізький річний порт) було відвантажено 44827,175 т, що складає 85 %, а всім іншим одержувачам відправлено – 7928,235 т.

Тому дослідження технологічного процесу відвантаження гарячекатаного металопрокату в рулонах доцільно зосередити саме на цьому напрямку.

1.7 Аналіз технологічного процесу перевезення гарячекатаних рулонів із ЦГПТЛ в річковий порт

Автомобільні перевезення гарячекатаних рулонів з ЦГПТЛ споживачам здійснюються орендованими транспортними засобами. Виконуються такі перевезення всеукраїнською логістичною компанією «Глобал Логістик Системс», яка надає послуги з транспортного аутсорсингу.

Вивезення металопрокату здійснюється через КПП № 7 «Північний проїзд». Підставою для вивезення продукції автотранспортом накладна на відпуск ТМЦ форми М-20 та товарно-транспортна накладна форми 1-ТН.

Крім цих документів, для вивезення металопрокату у водія повинні бути оформлені сертифікат якості продукції та акт зважування на автомобільній ваговій комбінату. По одному екземпляру сертифікату та акту зважування водій (експедитор) передають робітнику охорони на КПП при виїзді автотранспортного засобу за межі комбінату.

Перевезення гарячекатаного металопрокату виконується в автопоїздами у складі сучасних тягачів та спеціалізованих напівпричепів, технічні характеристики яких наведені в таблицях 1.3 [9] та 1.4 [10].

Таблиця 1.3 – Технічна характеристика тягача Volvo FH16

Найменування параметру	Значення параметру
Габаритні розміри, мм	5865×2467×3200
Повна маса, кг	44000
Потужність двигуна, к.с.	580
Вид палива	дизельне
Колісна формула	6×2
Кількість осей / коліс	3 / (10+1)
Навантаження на передню вісь, кг	9000
Навантаження на ведучий міст, кг	26000
Розмір шин	315/70 R22,5
Витрата палива, л/100 км	39,0
Нормативний пробіг шин, тис. км	140

Таблиця 1.4 – Технічна характеристика напівпричепів для транспортування металопрокату в рулонах

Найменування параметру	Значення параметру	
	Grunwald	Kögel SN24
Максимальна повна маса, кг	38000	42000
Споряджена маса, кг	5950	5900
Вантажопідйомність, кг	32040	36100
Навантаження на сидло, кг	11000	11000
Навантаження на осьовий агрегат, кг	3×9000	3×9000
Кількість осей / коліс	3 / (6+1)	3 / (6+1)
Габаритні розміри, мм:	13827×2550	13950×2550
Габаритні розміри вантажної платформи, мм	13600×2480	13620×2480
Висота вантажного майданчика, мм	1305	1297
Розмір шин	385/65R22,5	385/65 R 22,5

Кількість піддонів, встановлених на рамі напівпричепа, залежить від маси рулонів. Для транспортування рулонів масою до 13,0 т на напівпричіп встановлюється 3 піддони (рис. 1.8): один піддон – на рамі кузову напівпричепа над зчіпним пристроєм та два піддони – над візком напівпричепа.

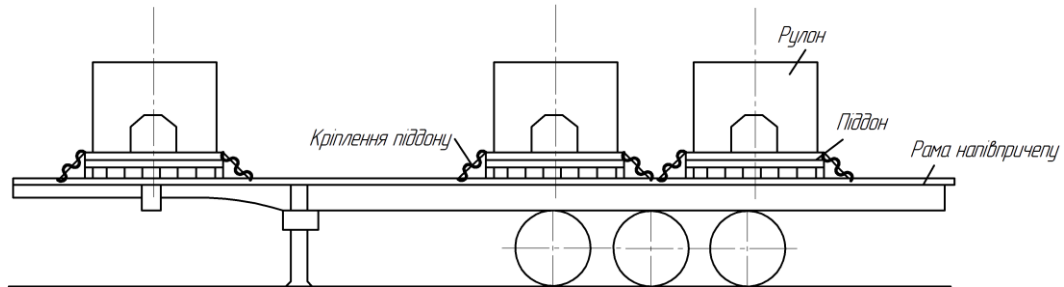


Рисунок 1.8 – Схема розміщення подвійних гарячекатаних рулонів на рамі напівпричепа

Перевезення металопрокату з комбінату «Запоріжсталь» в річковий порт відбувається за визначеним маршрутом руху.

Відстань перевезення між вантажним фронтом ЦГПТЛ та причалом порту, де відбувається розвантаження рулонів, складає 8 км.

Після прибуття автопоїзда на КПП порту відбувається перевірка супровідної документації на металопрокат. Після перевірки автопоїзд прямує на автомобільні ваги для зважування, а потім вже АТЗ слідкує на причал. На причалі прийомоздавач перевіряє документи на гарячекатані рулони та відповідність даних в документах фактичним даним.

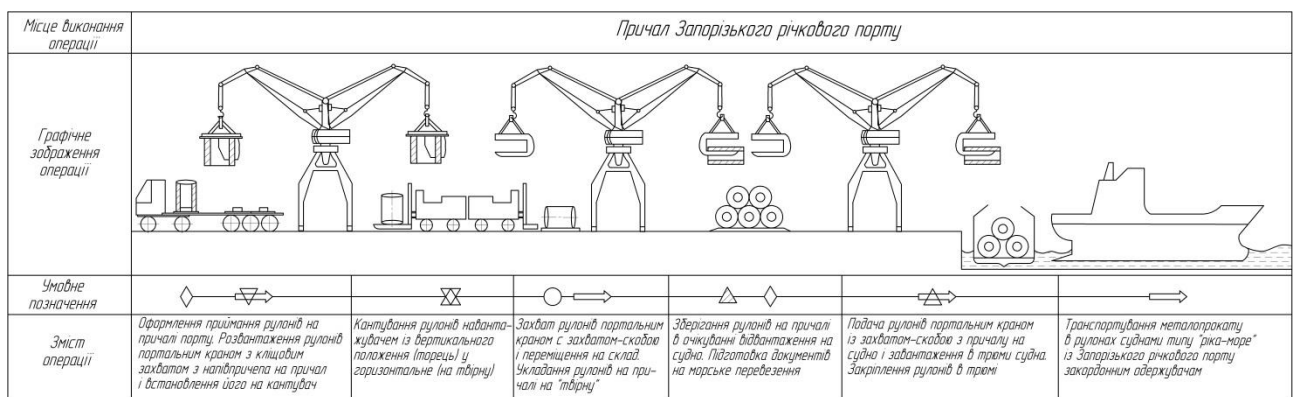
Вивантажуються рулони в порту на причалах 3 або 6, де металопрокат накопичується на судову партію (рис. 1.9).



Рисунок 1.10 – Автоматичний кліщовий захват для рулонів сталі

Зберігаються рулони в порту в очікуванні відвантаження на судна в горизонтальному положенні «на твірній». Для розміщення рулонів у положення «на твірній» на причалі його необхідно перекантувати у горизонтальне положення. Для кантування використовується виловний автонавантажувач. На кантувач рулони встановлюються на «торець» портальним краном із кліщовим захватом, а потім відбувається кантування у горизонтальне положення [11].

Транспортно-технологічна схема вантажообробки гарячекатаних рулонів в Запорізькому річковому порту показана на рис. 1.11.



Умовні позначення:

- | | | |
|--------------------|--------------------------------|---|
| △ – навантаження; | → – транспортування; | △ → – транспортування, суміщене з навантаженням; |
| ▽ – розвантаження; | ⊗ – кантування; | △ → – розвантаження, суміщене з транспортуванням; |
| △ – зберігання; | ◊ – одяко-контрольні операції; | |

Рисунок 1.11 – Існуюча транспортно-технологічна схема вантажообробки гарячекатаних рулонів в Запорізькому річковому порту

В процесі кантування рулонів задіяні 2 порталних крани. Один порталний кран оснащений кліщовим захватом, а другий – захватом-скобою. Тому кантувач встановлений в зоні дії обох порталних кранів.

Після кантування рулону в горизонтальне положення та його зняття захватом-скобою, кантувач повертається в первісне положення для кантування наступного рулону.

Після кантування у положення «на твірну» гарячекатані рулони порталним краном, обладнаним захватом-скобою, укладаються на склад причалу, де накопичуються на суднову партію.

Технічна характеристика порталних кранів, якими виконуються перевалочні операції в річковому порту, наведена в табл. 1.4 [12].

Таблиця 1.4 – Технічна характеристика порталних кранів

Найменування параметру	Значення параметру
Вантажопідйомність, т	10,0...20,0
Виліт стріли, м: найбільший / найменший	32 / 8
Висота підйому, м	25,0
Глибина опускання, м	15,0
Колія порталу, м	10,5
Швидкість, м/хв.: - пересування крана - зміни вильоту стріли - підйому вантажу масою 10,0 / 20,0 т - опускання вантажу	 32,0 63,0 63,0 / 32,0 90,0
Частота обертання, об./хв.	1,6
Потужність двигунів, кВт: - механізму підйому / спуску вантажу - механізму пересування крану - механізму обертання стріли крану - механізму зміни вильоту стріли крану	 2×75,0 4×10,5 2×14,0 2×14,0

Металопродукція укладається на причалі не ближче 0,7 м від найбільш виступаючих частин крана. Рулони в штабелі укладаються згідно специфікацій на відвантаження (помашинно) рядами від підкранових колій убік тилу, розформування у зворотному. Розподільне навантаження від маси рулонів через дерев'яні підкладки на площу складу не повинно перевищувати припустимих навантажень [11].

Відстань між рядами металопродукції для гарячекатаних рулонів «на твірній» – не менш 250 мм. Технологічні проходи між штабелями – не менш 1 м, а при висоті штабеля більше 1,2 – 2 м.

Гарячекатані рулони після кантування складаються «на твірну» у два яруси, верхній ярус укладається в «сідловину» нижнього ярусу. Рулони нижнього ярусу укладаються на дерев'яні підкладки й закріплюються клинами 100×100×400 мм під кутом 30° або брусом 100×100×1000 мм по довжині рулону [11].

Після прибуття судна рулони порталними кранами із захватом-скобою завантажуються в трюми у горизонтальне положення «на твірну».

В залежності від маси рулонів завантажуються вони в 1-2-3 яруси, виходячи із припустимого навантаження на дно трюму. Під час перевезення рулонів в один ярус укладання варто починати від бортів до середини трюму, підклинюючи рулони з боку діаметральної площини від розкочування дерев'яними клинами розміром 150×150×100 мм. Останній у ряді рулон укладається на два раніше покладених. При цьому ширина зазору між нижніми рулонами допускається від 0,3 до 0,7 діаметра рулону.

Рулони верхнього ярусу укладаються в поглиблення (сідловину) між рулонами нижнього ярусу, тобто в шаховому порядку. Для можливості кріплення між рядами рулонів необхідно залишати зазори для можливості заведення вантажозахватних пристроїв [11]. Розподіл навантаження рулонів на підлогу вантажних приміщень судна відбувається шляхом розміщення підкладок з дошки перетином не менш 40×100 мм. Рулони укладаються повздовжньою віссю вздовж судна рядами від борту.

1.10 Обґрунтування необхідності розробки магістерської роботи

Аналіз існуючого технологічного процесу відвантаження гарячекатаного металопрокату споживачам з ПАТ «Запоріжсталь» через річковий порт показав певні недоліки.

Із ЦГПТЛ відвантаження на автотранспорт відбувається на чотирьох вантажних фронтах. Потім рулони доставляються замовнику «METINVEST INTERNATIONAL S.» у річковий порт. Транспортуються рулони на спеціальних піддонах у вертикальному положенні встановленими «на торець». Розвантажуються рулони в порту на причалах 3 і 6 портальними кранами.

В порту на кожному з вказаних причалів одночасно обробляється один автопоїзд з металопрокатом. Один портальний кран, оснащений кліщовим захватом, знімає рулони з напівпричепа і встановлює їх на кантувач. Потім автонавантажувачем відбувається кантування рулонів із вертикального положення в горизонтальне «на твірну». Після операції кантування другий портальний кран, оснащений захватом-скобою, укладає рулони на причалі для зберігання в очікуванні накопичення на суднову партію.

Таким чином, з комбінату одночасно може виїжджати до чотирьох автопоїздів в металопрокатом, а порту на причалах обробляється тільки два. Тому в річковому порту виникають черги з автотранспортних засобів, які простоюють в очікуванні розвантаження. Крім того, зайва перевалочна операція підвищує вартість вантажопереробки рулонів в Запорізькому річковому порту.

Тому, в якості технологічного рішення для скорочення кількості перевалочних операцій в порту та зменшення тривалості простою транспортних засобів під розвантаженням в порту пропонується:

- портальні крани, які приймають участь у вантажопереробці гарячекатаних рулонів, оснастити захватом-кантувачем, що дозволить виконувати операцію розвантаження і кантування одночасно;

- розглянути можливість залучення додаткового вантажного фронту (причалу 5) для вивантаження автопоїздів, що дозволить знизити зайві простої транспортних засобів в порту.

Для визначення найбільш ефективної технології перевізного процесу гарячекатаних рулонів в роботі пропонується провести імітаційне моделювання роботи вантажних фронтів річкового порту.

Шляхом проведення експериментів визначити тривалість обороту автопоїздів та тривалість простоїв автопоїздів в очікуванні обслуговування в різних умовах обслуговування в порту.

На основі аналізу результатів моделювання встановити найбільш раціональний варіант роботи вантажних фронтів річкового порту.

ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Розробка проектної технології розвантаження металопрокату в річковому порту

В магістерській роботі для зниження загального часу знаходження автотранспортних засобів с гарячекатаним металопрокатом в річковому порту пропонується змінити технологію процесу розвантаження.

Пропонується оснастити порталні крани, які приймають участь у розвантаженні металопрокату, захватом-кантувачем для рулонів на заміну кліщового захвату. Це дозволить уникнути зайвої перевалочної операції з кантування рулонів, яку зараз виконує автонавантажувач.

Загальний принцип дії захвату-кантувача для рулонів показано на рис. 2.1. Захват дозволяє захоплювати рулони, які надходять в порт у вертикальному положенні «на торець», змінювати їхню орієнтацію у просторі на горизонтальне положення «на твірну» та укласти на причалі також в горизонтальне положення.



Рисунок 2.1 – Загальний принцип дії захвату-кантувача для рулонів металопрокату

Крім того, для ліквідації черг автотранспорту, які виникають в порту з причини тривалого простою під розвантаженням, організувати обробку, зберігання і відвантаження рулонів на судна не тільки на причалах 3 та 6, а й на причалі № 5, який на цей час не використовується для перевалки вантажів, тому що не має залізничних колій для подачі вагонів.

Пропонована транспортно-технологічна схема вантажопереробки гарячекатаних рулонів в річковому порту показана на рис. 2.2.

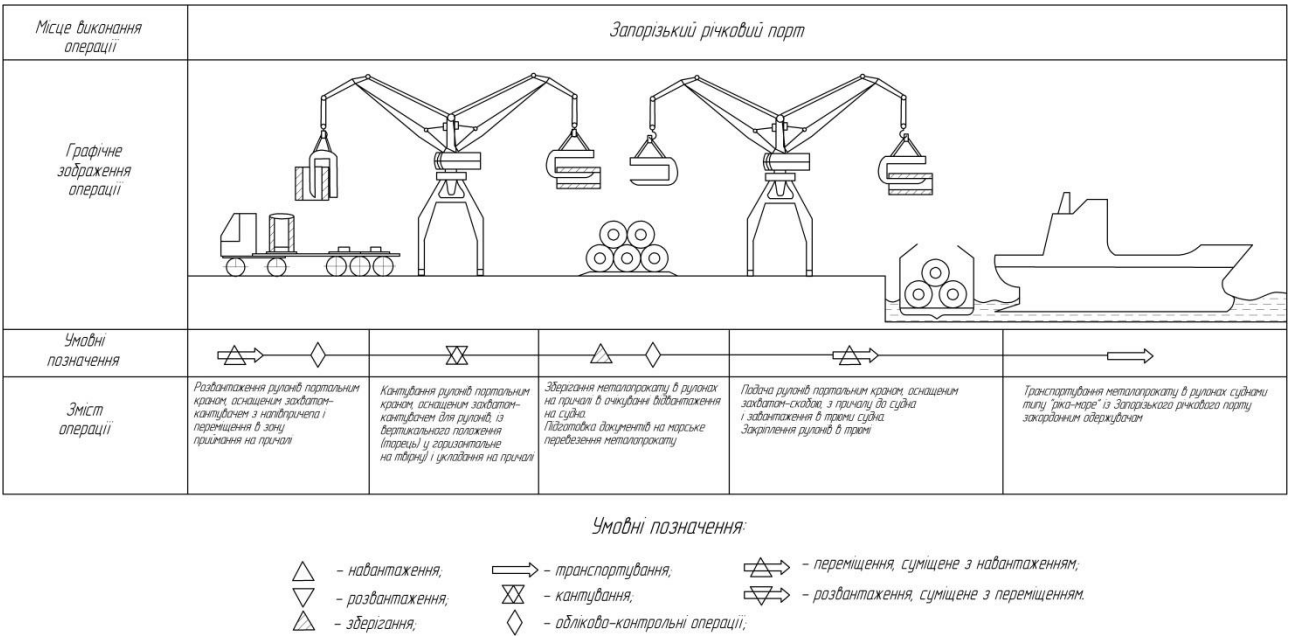


Рисунок 2.2 – Пропонована транспортно-технологічна схема вантажопереробки гарячекатаних рулонів в Запорізькому річковому порту

2.2 Аналіз даних підприємства з відвантаження автомобілів до річкового порту

Розглянемо вантажопотоки з цеху гарячої прокатки тонкого листа (ЦГПТЛ) металургійного комбінату «Запоріжсталь» до річкового порту. Для

аналізу були відібрані статистичні дані з відвантаження гарячекатаних рулонів за період з 01.08.2021 по 31.08.2021 р. (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Статистичні дані відвантаження гарячекатаного прокату з ЦГПТЛ до річкового порту

Дата відвантаження	Кількість автомобілів	Маса нетто, т	Маса брутто, т	Середня маса вантажу в АТЗ, т
1	2	3	4	5
01.08.2021	3	91,11	91,25	30,42
02.08.2021	42	1072,87	1074,59	25,59
03.08.2021	51	1323,19	1325,85	26,00
04.08.2021	20	659,52	660,66	33,03
05.08.2021	42	1075,58	1077,54	25,66
06.08.2021	44	1184,01	1185,87	26,95
07.08.2021	69	1799,10	1801,80	26,11
08.08.2021	60	1495,10	1497,54	24,96
09.08.2021	41	1038,47	1040,13	25,37
10.08.2021	40	1284,00	1285,96	32,15
11.08.2021	47	1605,75	1608,27	34,22
12.08.2021	44	1474,16	1476,44	33,56
13.08.2021	49	1331,01	1333,11	27,21
14.08.2021	48	1271,16	1273,18	26,52
15.08.2021	59	1575,70	1578,16	26,75
16.08.2021	57	1511,17	1513,53	26,55
17.08.2021	43	1144,72	1146,66	26,67
18.08.2021	36	896,90	898,54	24,96
19.08.2021	48	1150,87	1152,85	24,02
20.08.2021	39	1059,93	1061,49	27,22
21.08.2021	72	1826,84	1829,78	25,41
22.08.2021	88	2298,16	2301,70	26,16
23.08.2021	65	2006,06	2009,28	30,91

Кінець таблиці 2.1

1	2	3	4	5
24.08.2021	51	1355,24	1357,36	26,61
25.08.2021	62	1968,15	1971,35	31,80
26.08.2021	54	1675,35	1678,05	31,08
27.08.2021	62	1925,72	1928,74	31,11
28.08.2021	55	1674,09	1676,91	30,49
29.08.2021	48	1501,55	1504,35	31,34
30.08.2021	21	662,30	663,44	31,59
31.08.2021	135	3889,45	3895,97	28,86

Для відстеження коливань обсягів відправлень на рис. 2.3 наведено графік інтенсивності відвантаження автомобілів за серпень 2021 року. В середньому за добу відправляється 1448 т готової продукції.

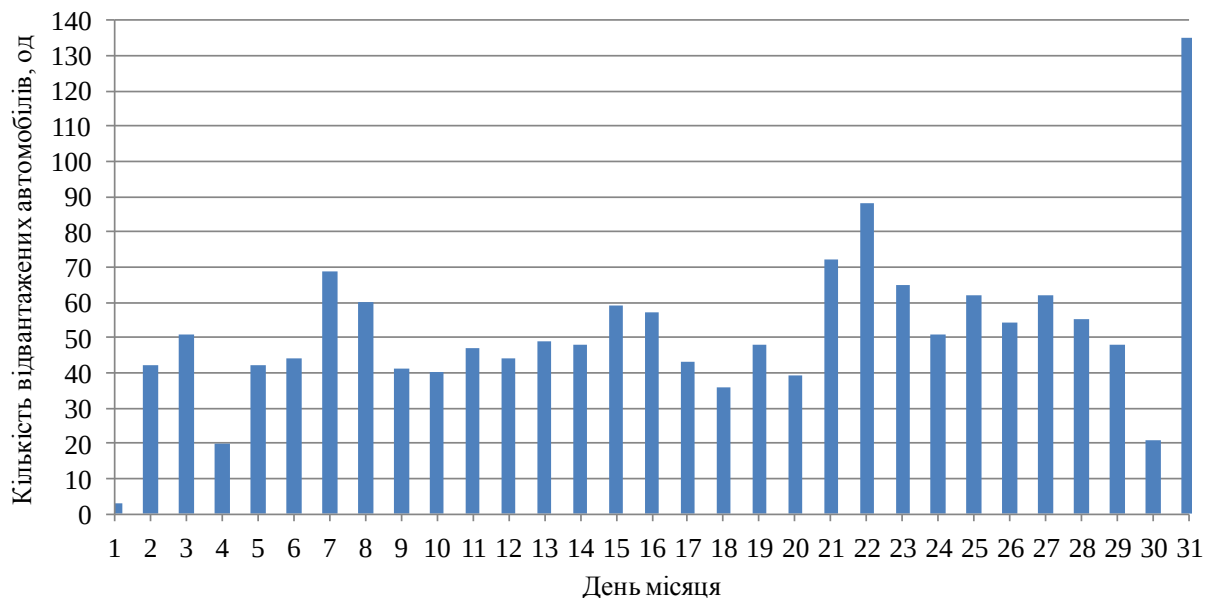


Рисунок 2.3 – Графік інтенсивності відвантаження гарячекатаного прокату з ЦГПТЛ

Як бачимо, в середньому за місяць відправки більш-менш стабільні. Значні коливання спостерігаються лише в перший та останній день місяця.

З ЦГПТЛ відвантажуються рулони різної маси (від 4-х т до 16-т). При невеликій масі рулону в одному автомобілі формується партія з декількох одиниць. На рисунку 2.4 приведені усереднені дані щодо маси вантажу, що відправлялася в одному транспортному засобі.

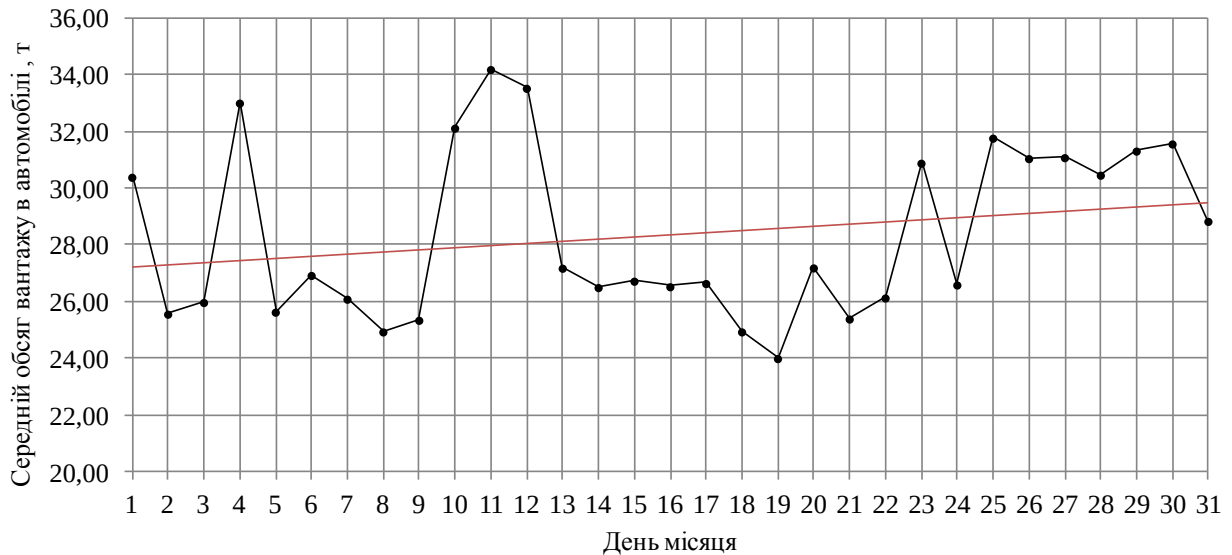


Рисунок 2.4 – Графік динаміки середньої маси вантажу у автопоїзді

Середня маса вантажу в автотранспортному засобі складає близько 28-29 т. В більшості випадків одним транспортним засобом відправляється партія з двох-трьох рулонів, рідше – з чотирьох рулонів. Всього за місяць відвантажено 3282 рулонів (44827,2 т).

2.3 Визначення основних вхідних параметрів моделювання

Наявність стохастичних процесів та потреба врахування багатьох факторів ускладнює аналіз функціонування системи, тому для подальшого дослідження було використано метод імітаційного моделювання. Вхідні параметри моделі задаються як статичними значеннями так і випадковими величинами.

Значення вхідних даних для моделювання:

- середня тривалість навантаження автомобіля у ЦГПТЛ – 1,2 год.;
- експлуатаційна швидкість руху автомобіля – 23 км/год.;
- довжина маршруту від ЦГПТЛ до річкового порту – 8 км.

Також необхідно визначити значення тривалості виконання вантажних операцій в річковому порту.

Випадковою величиною в моделі виступає інтенсивність відправлення автомобілів із ЦГПТЛ. Регульований параметр моделювання – кількість задіяних фронтів вивантаження (причалів).

2.3.1 Визначення інтенсивності відправлення автомобілів з ЦГПТЛ

Для завдання випадкової величини в моделі необхідно встановити її емпіричний закон розподілу. Для цього виконаємо статистичний аналіз за методикою, викладеною в [13].

За вихідними даними табл. 2.1 стовпчик «кількість автомобілів» будуємо варіаційний ряд:

3; 20; 21 36; 39; 40; 41; 42; 42; 43; 44; 44; 47; 48; 48; 48;
49; 51; 51; 54; 55; 57; 59; 60; 62; 62; 65; 69; 72; 88; 135.

Так як присутні значення, що суттєво відрізняються від інших даних ряду, виконаємо їх перевірку на аномальність за критерієм Шовене [14]:

$$\delta = \frac{|x_i - \bar{x}|}{\sigma}, \quad (2.1)$$

де x_i - значення вибірки, що перевіряється на аномальність;

$\bar{x}$ - середнє значення кількості автомобілів на добу;

σ - стандартне відхилення вибірки значень кількості автомобілів.

Перевіряємо найбільше значення за формулою (2.1):

$$\delta = \frac{|135 - 51,45|}{22,33} = 3,74.$$

Для кількості спостережень $n = 31$ критичне значення $K^* = 2,39$. Так як $\delta > K^*$, то максимальне значення наведеної вибірки є викидом і його треба виключити.

Аналогічні розрахунки проводимо для максимальних та мінімальних значень до моменту, коли позбудемося всіх аномальних значень. В результаті отримали вибірку:

20; 21 36; 39; 40; 41; 42; 42; 43; 44; 44; 47; 48; 48;
48; 49; 51; 51; 54; 55; 57; 59; 60; 62; 62; 65; 69; 72.

В таблиці 2.2 наведені характеристики вибірок, що були розраховані під час перевірки значень на аномальність.

Таблиця 2.2 – Основні статистичні характеристики досліджуваних вибірок

Характеристика	Величина			
Кількість спостережень, n	31	30	29	28
Максимальне значення, $x_{\max}$	3	3	20	20
Мінімальне значення, $x_{\min}$	135	88	88	72
Середнє значення, $\bar{x}$	51,45	48,67	50,24	48,89
Стандартне відхилення, σ	22,33	16,34	14,12	12,33
Коефіцієнт варіації, v	43,39	33,57	28,10	25,22

Встановимо емпіричний закон розподілу обсягів надходження автомобілів з продукцією в порт за допомогою програмного середовища Statistica.

В табл. 2.3 наведені розрахунки, що були отримані в результаті встановлення емпіричного закону розподілу. Було проведено перевірку за критеріями Комогорова-Смірнова та Пірсона (χ^2) [15], згідно чого встановлено, що досліджувана випадкова величина підпорядковується нормальному закону розподілу.

Variable: Var1, Distribution: Normal Kolmogorov-Smirnov d = 0,10409, p = n.s. Chi-Square = 1,65981, df = 3, p = 0,64591									
Upper Boundary	Observed Frequency	Cumulative Observed	Percent Observed	Cumul. % Observed	Expected Frequency	Cumulative Expected	Percent Expected	Cumul. % Expected	Observed-Expected
<= 30,00000	2	2	7,14286	7,1429	1,757614	1,75761	6,27719	6,2772	0,24239
40,00000	3	5	10,71429	17,8571	4,834510	6,59212	17,26611	23,5433	-1,83451
50,00000	11	16	39,28571	57,1429	8,409316	15,00144	30,03327	53,5766	2,59068
60,00000	7	23	25,00000	82,1429	7,849452	22,85089	28,03376	81,6103	-0,84945
70,00000	4	27	14,28571	96,4286	3,931152	26,78204	14,03983	95,6502	0,06885
< Infinity	1	28	3,57143	100,0000	1,217955	28,00000	4,34984	100,0000	-0,21796

Рисунок 2.3 – Результати визначення закону розподілу випадкової величини

На рис. 2.5 наведена графічна інтерпретація отриманого нормального закону розподілу випадкової величини – інтенсивності відправлення автомобілів у річковий порт.

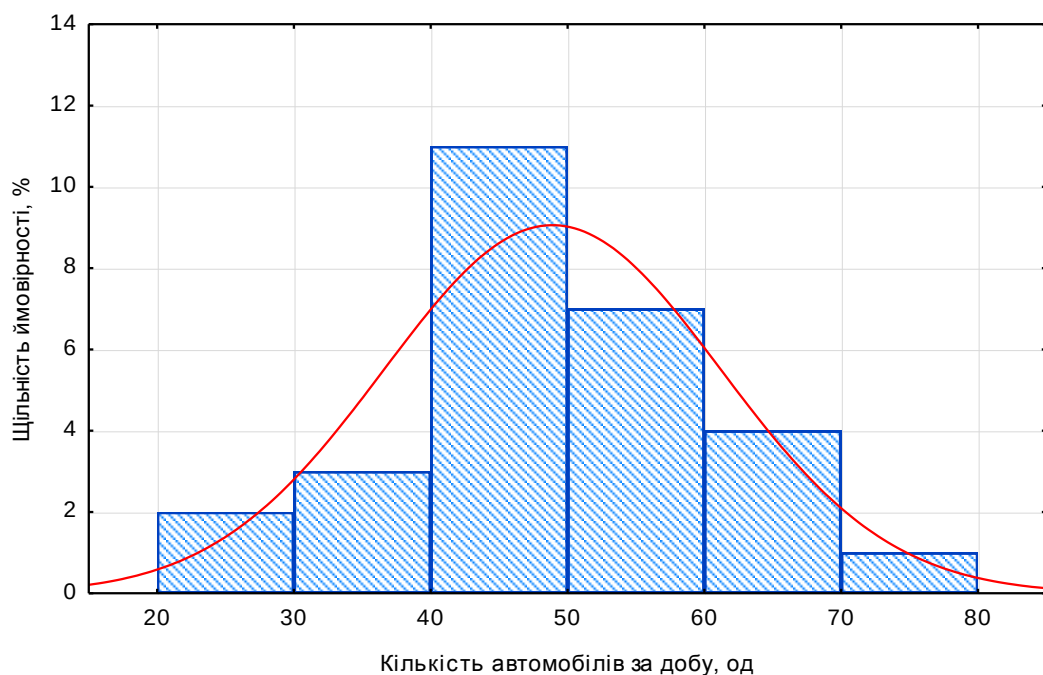


Рисунок 2.5 – Гістограма емпіричного закону розподілу випадкової величини

2.3.2 Визначення продуктивності порталних кранів

Для визначення часу на виконання вантажних операцій в порту необхідно знати продуктивність механізмів, які залучені в процесі перевалки гарячекатаних рулонів.

В порту всі перевалочні роботи з гарячекатаним металопродуктом виконуються порталними кранами, продуктивність яких визначається за формулою [16]:

$$P_m = \frac{q_u \cdot 3600}{t_u}, \quad (2.2)$$

де q_u - маса вантажу, що перевантажується за один робочий цикл механізму, т; протягом циклу перевантажується один гарячекатаний рулон;
 t_u - тривалість робочого циклу порталного крану, с.

Експлуатаційна продуктивність порталного крану визначається за формулою [16]:

$$P_{експл} = P_{техн} \cdot K_{час}, \quad (2.3)$$

де $K_{час}$ - коефіцієнт, що враховує використання порталного крану за часом; приймаємо це значення в розрахунках 0,85.

За існуючим варіантом гарячекатані рулони розвантажуються в порту краном, який оснащено кліщовим захватом. Рулони після зняття з напівпричепа встановлюються на підготовлені підкладки в положення «на торець», а потім автотранспортом перекатовуються у положення «на твірну» із застосуван-

ням кантувача. Після кантування рулонів у горизонтальне положення вони захоплюються другим порталним краном, оснащеним захватом-скобою, та укладаються на причалі.

Для розрахунку продуктивності порталного крану визначимо тривалість циклу за формулою [17]:

$$t_{\text{ц}} = t_3 + t_6 + \left(\frac{4H}{v_{\text{ван}}} + \frac{2L_{\text{кр}}}{v_{\text{кр}}} + \frac{2\beta \cdot 60}{n_{\text{об}} \cdot 360} \right) \cdot \varphi, \quad (2.4)$$

де t_3 - час захвату рулону, с;

t_6 - час вивільнення рулону, с;

H - висота підйому рулону, м; при розрахунках приймаємо 5,0 м;

$v_{\text{ван}}$ - швидкість підйому (опускання) захвату з рулоном або без, м/с; за технічною характеристикою швидкість підйому 32 м/хв. = 0,53 м/с; швидкість опускання 90 м/хв. = 1,5 м/с;

$L_{\text{кр}}$ - відстань переміщення крану протягом циклу, м; для крану з кліщовим захватом це значення не враховуємо, оскільки всі переміщення крану вздовж вантажного фронту відбуваються між робочими циклами, а для крану зі скобою приймаємо 30 м, тому що рулон укладається на причалі на зберігання і кран в циклі переміщається від місця кантування;

$v_{\text{кр}}$ - швидкість переміщення порталного крану, м/с; за технічною характеристикою 32 м/хв. = 0,53 м/с;

β - кут повороту стріли порталного крана; при розвантаженні рулонів з напівпричепа кут повороту складає 90°;

$n_{\text{об}}$ - частота обертання порталу крану, об/хв.; за технічною характеристикою 1,6 об./хв.;

φ - коефіцієнт сполучення операцій робочого циклу механізму у часі; приймаємо в розрахунках 0,85.

Визначимо тривалість циклу порталних кранів, які приймають участь у розвантаженні гарячекатаних рулонів з автопоїзда за *існуючим варіантом* за формулою (2.4):

- для крану, оснащеного кліщовим захватом

$$t_{нк}^{клищ} = 25 + 15 + \left(\frac{2 \cdot 5}{0,53} + \frac{2 \cdot 5}{1,5} + \frac{2 \cdot 90 \cdot 60}{1,6 \cdot 360} \right) \cdot 0,85 = 80 \text{ с};$$

- для крану, оснащеному захватом-скобою

$$t_{нк}^{скоба} = 15 + 10 + \left(\frac{2 \cdot 5}{0,53} + \frac{2 \cdot 5}{1,5} + \frac{2 \cdot 30}{0,53} + \frac{2 \cdot 90 \cdot 60}{1,6 \cdot 360} \right) \cdot 0,85 = 160 \text{ с}.$$

Після розвантаження порталним краном з кліщовим захватом гарячекатаний рулон перекантюється автотрантажувачем і кантувачем. Тривалість кантування одного рулону складає 40 с.

Таким чином, загальний час циклу з розвантаження одного рулону складає:

$$t_{ц}^{нк} = 80 + 40 + 160 = 280 \text{ с}.$$

За формулами (2.2) – (2.3) визначимо технічну й експлуатаційну продуктивність при розвантаженні гарячекатаних рулонів в порту за існуючим варіантом:

$$П_{техн}^{існ} = \frac{1 \cdot 3600}{280} = 13,3 \text{ рул./год.};$$

$$П_{експ}^{існ} = 13,3 \cdot 0,85 = 11 \text{ рул./год.}$$

За *пропонованим* варіантом гарячекатані рулони в порту розвантажуються порталним краном із захватом-кантувачем.

Визначимо тривалість циклу та продуктивності порталного крану за *пропонованим* варіантом за формулами (2.2) – (2.4):

$$t_{нк}^{np} = 10 + 8 + \left(\frac{2 \cdot 5}{0,53} + \frac{2 \cdot 5}{1,5} + \frac{2 \cdot 15}{0,53} + \frac{2 \cdot 90 \cdot 60}{1,6 \cdot 360} \right) \cdot 0,85 = 87 \text{ с};$$

$$П_{техн}^{np} = \frac{1 \cdot 3600}{87} = 41,3 \text{ рул./год.};$$

$$П_{експ}^{np} = 41,3 \cdot 0,85 = 35 \text{ рул./год.}$$

2.3.3 Розрахунок тривалості виконання вантажних операцій

При розрахунку часу на розвантаження гарячекатаних рулонів в порту враховуємо не тільки вантажну операцію, а й підготовчі і заключні операції, які виконуються на причалах порту.

Існуючий варіант

В порту гарячекатані рулони розвантажуються порталним краном, продуктивність якого складає 11 рул./год.

Підготовчі операції: маневрування для встановлення автопоїзда на вантажному фронті, звільнення рулонів від кріплення та перевірка документів на металопродукцію – 15 хв.

Заключні операції: оформлення документів на приймання гарячекатаного металопрокату та маневрування для звільнення автопоїздом вантажного фронту – 15 хв.

За результатами аналізу карток обліку відвантаження гарячекатаних рулонів на автотранспорт на напівпричепі в основному перевозиться 3 гарячекатаних рулони.

$$t_{вант}^{існ} = \frac{3 \cdot 60}{11} + 5 = 22 \text{ хв.};$$

$$T_{заг}^{існ} = 15 + 22 + 15 = 52 \text{ с.} = 0,87 \text{ год.}$$

Пропонований варіант

Продуктивність порталного крану, оснащеного захватом-кантувачем складає 35 рул./год.

Тривалість підготовчих і заключних операцій така сама, як і за існуючим варіантом.

$$t_{вант}^{np} = \frac{3 \cdot 60}{35} + 5 = 11 \text{ хв.};$$

$$T_{заг}^{np} = 15 + 11 + 15 = 41 \text{ с.} = 0,75 \text{ год.}$$

Розраховані значення будемо використовувати в якості вихідних даних при подальшому моделюванні технологічного процесу перевезення і розвантаження в порту гарячекатаних рулонів.

2.4 Моделювання процесу доставки продукції ЦГПТЛ до річкового порту

2.4.1 Розробка діаграми процесу та анімації імітаційної моделі

Для розробки імітаційної моделі транспортно-складських процесів доставки рулонів з ЦГПТЛ до річкового порту обрано програмне забезпечення Anylogic. Інструмент Anylogic дозволяє використовувати різні види моделювання. Для відтворення транспортних процесів найбільш зручне дискретно-подійне моделювання. Бібліотека Enterprise Library підтримує «процесний» підхід до моделювання, тобто дозволяє моделювати системи, динаміка яких представляє собою послідовність певних операцій. Процеси задаються у вигляді потокових діаграм, що дозволяють моделювати складні системи різного рівня детальності [18].

Потокові діаграми AnyLogic ієрархічні, масштабовані та об'єкт-орієнтовані, що дозволяє користувачу моделювати складні системи різного рівня детальності. Окрім того є можливість відтворення анімації всіх процесів, що дає можливість наглядно оцінити функціонування розробленої моделі.

В Enterprise Library також входять об'єкти, створені для моделювання процесів за яких заявки та ресурси пересуваються в деякій мережі. Це значно спрощує моделювання транспортно-складських систем.

На рис. 2.6 наведений загальний вигляд діаграми процесу розробленої імітаційної моделі в середовищі Anylogic.

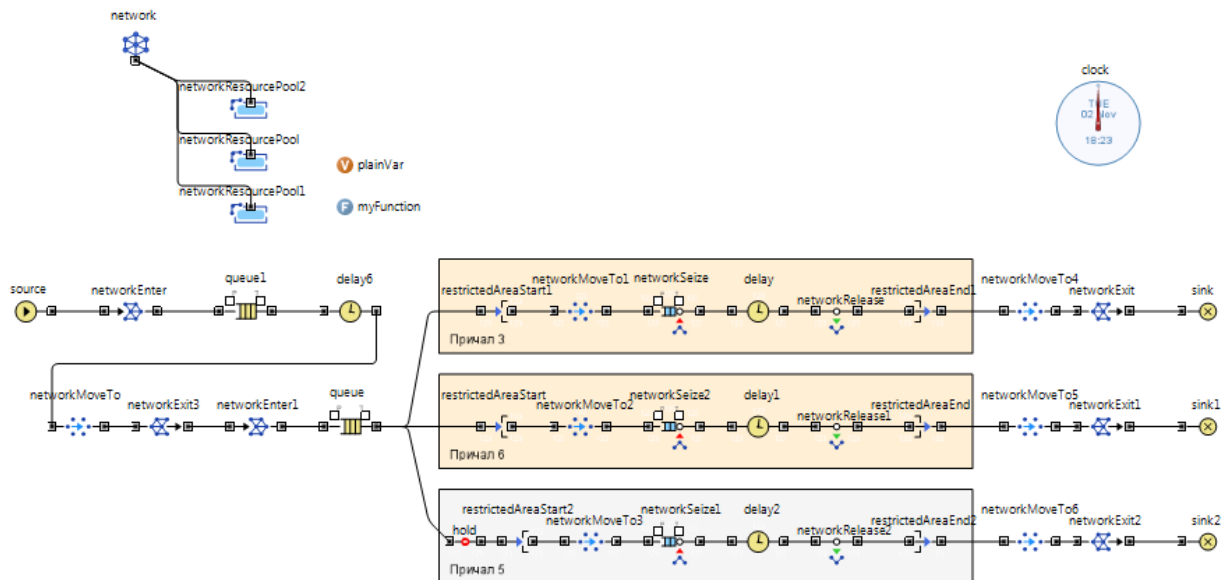


Рисунок 2.6 – Загальний вигляд діаграми процесів імітаційної моделі

Важливим етапом розробки діаграми процесу є створення транспортної мережі. Мережа складається з вузлів та зв'язків між ними. За допомогою елементів палітри «Презентація» промальовуємо набір прямокутників (по одному на кожен вузол) та лінії, що сполучають їх. (одна на кожен зв'язок мережі). Далі елементи об'єднуємо в групу та називаємо «set». Транспортна мережа моделі виділена синім кольором на рис. 2.7.

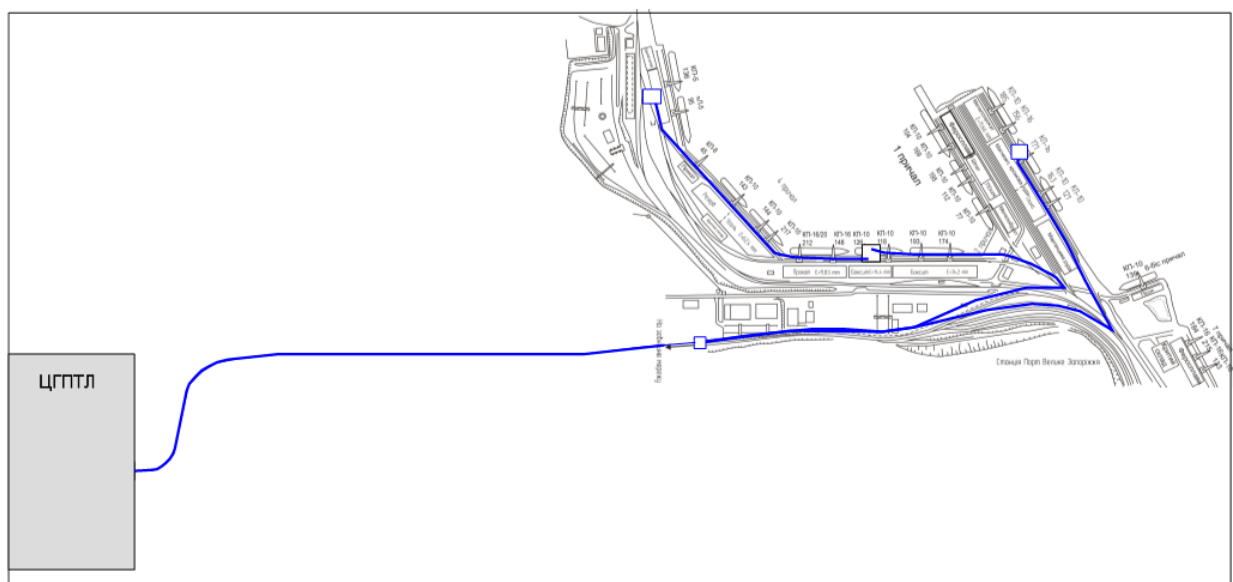


Рисунок 2.7 – Побудова транспортної мережі

Об'єкт *network* автоматично створює транспортну мережу на базі заданих фігур з відповідною топологією. Для цього в параметрах цього об'єкту в полі «група фігур мережі» вказуємо групу «set». До об'єкту *network* приєднується елементи типу *NetworkResourcePool*, що задають роботу ресурсів, в даному випадку – портових кранів (рис. 2.8). Для кожного причалу задається окремий ресурс.

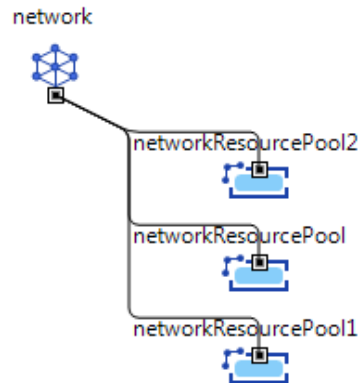


Рисунок 2.8 – Відтворення функціонування транспортної мережі та ресурсів

Потік автомобілів генерується за допомогою об'єкту *Source* (рис 2.9). Тут створюються заявки-автомобілі згідно вказаних параметрів.

Для зручності подальших спостережень був створений *java*-клас *Avto*. Клас містить у собі змінні, що використовуються для збору статистики з обробки заявок. Переваги застосування *java*-класу полягає в тому, що можна відстежити стан заявки у будь-якому місці діаграми процесу. Клас заявки необхідно вказати у властивостях об'єкту *Source*.

Інтенсивність створення заявок відображає інтенсивність відправлення автомобілів з ЦГПТЛ, тому ця величина задається за допомогою відповідного закону розподілу, що був встановлений раніше. Для завдання нормального закону розподілу використано елемент *myFunction*, який розраховує значення змінної *plainVar* – параметру інтенсивності створення заявок.

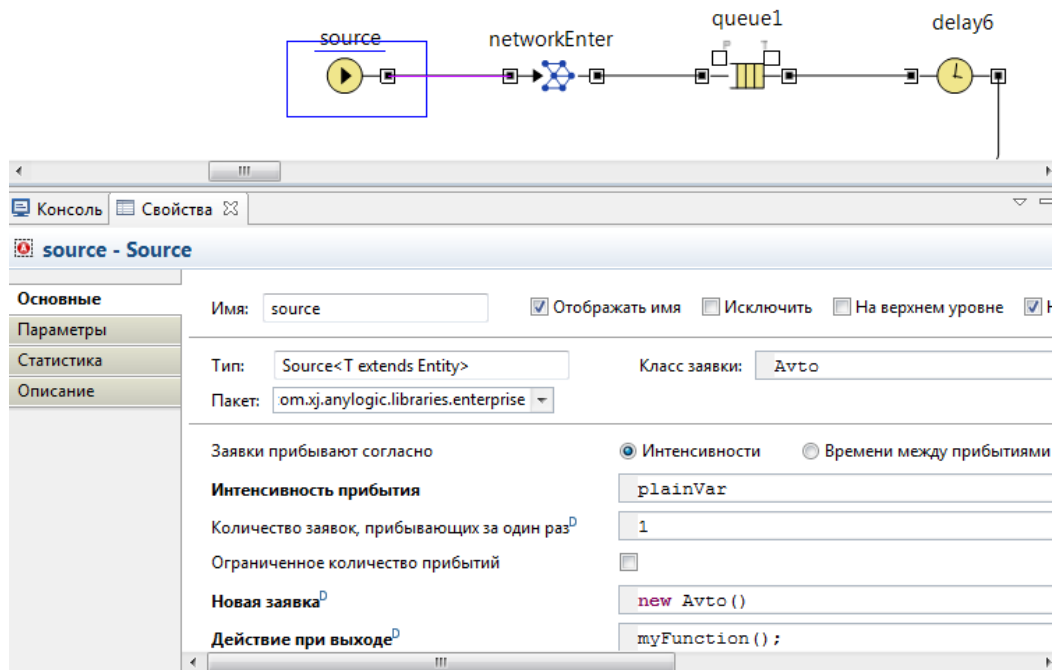


Рисунок 2.9 – Встановлення параметрів об'єкту *Source*

При запуску моделі перша заявка викликається за допомогою методу *source.inject (1)*, що прописується в головному меню класу активного об'єкту *Main*. Надходження кожної наступної заявки генерується заданою функцією. Нормальний закон задається згідно визначених параметрів стандартного відхилення та середнього значення.

Діаграму процесів створеної моделі можна умовно розділити на три блоки. Перший блок діаграми відображає процес завантаження продукції ЦГПТЛ у автомобілі та транспортування до Річкового порту (рис. 2.10).

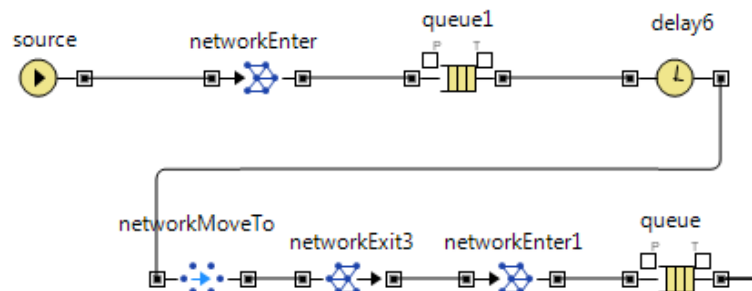


Рисунок 2.10 – Перший блок діаграми процесу (імітація процесу відвантаження автомобілів у ЦГПТЛ та перевезення рулонів до річкового порту)

Після створення заявки надходять до об'єкту *networkEnter*, який реєструє заявку в мережі *network* та поміщає її в визначений вузол мережі. Після цього заявка може рухатися по мережі *set* та використовувати ресурси. Також в цьому об'єкті задається швидкість руху заявок. З урахуванням масштабу було визначено значення 2300, що відповідає швидкості автомобіля 23 км/год.

Процес навантаження відтворений за допомогою елементу *delay6*, що затримує заявку на визначений час. Згідно даних комбінату в ЦГПТЛ одночасно може завантажуватися не більше чотирьох автомобілів, тому місткість об'єкту задається «4», тривалість затримки відповідає тривалості навантаження – 1,2 год (за даними підприємства). Для накопичення заявок-автомобілів, що очікують навантаження перед об'єктом *delay6* встановлено елемент черги *queue*.

Після процесу завантаження заявки надсилаються в наступний вузол транспортної мережі - «port» об'єктом *networkMoveTo*. Так як при створенні анімації моделі було використано різне масштабування, при потраплянні заявки в порт треба встановити нове значення швидкості руху заявок у мережі. Для цього елементом *networkExit3* заявки виводяться з мережі та одразу реєструються у об'єкті *networkEnter1* але вже з новим значенням швидкості 7000, що відповідає значенню 23 км/год. в даній зоні масштабування.

Другий блок діаграми процесу відображає роботу річкового порту (рис. 2.11). Він представлений трьома різними вітками, що відповідають причалам, де здійснюється вивантаження автомобілів. Спочатку заявки потрапляють до об'єкту *queue*, де очікують своєї черги на обслуговування, звідки розподіляються на фронти вивантаження. Діаграма процесів для кожного причалу задається за схожим принципом, лише для п'ятого причалу набір елементів, що описують логіку моделі, буде дещо відрізнятися.

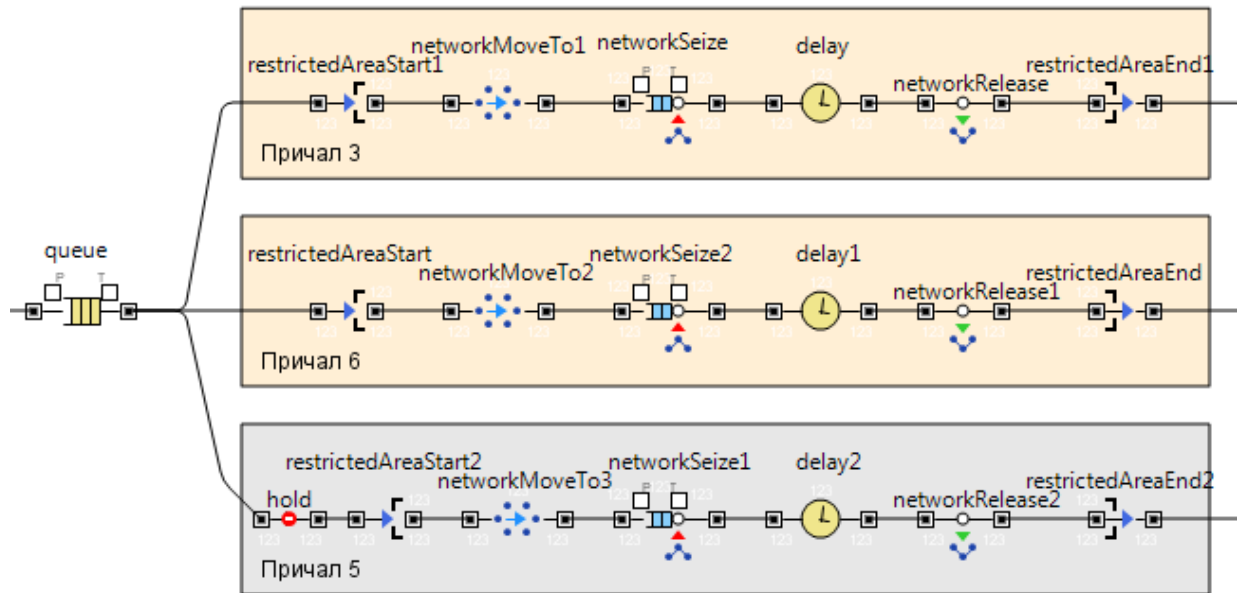


Рисунок 2.10 – Другий блок діаграми процесу (імітація процесу розвантаження автомобілів на причалах річкового порту)

Розглянемо більш детально вітку, що відповідає третьому причалу. Особливістю відтворення транспортно-складських процесів на даному етапі є те, що в зоні вивантаження може знаходитися тільки один автомобіль. Для реалізації цього обмеження було використано об'єкти *restrictedAreaStart1* та *restrictedAreaEnd1* (рис. 2.12).

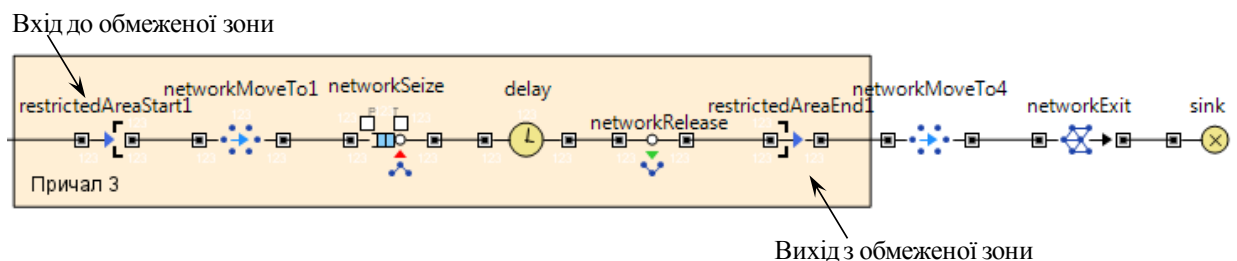


Рисунок 2.12 – Реалізація обмеження знаходження автомобілів на третьому причалі

Ці об'єкти дозволяють обмежити кількість заявок, що знаходяться у визначеній ділянці діаграми процесу. *restrictedAreaStart1* визначає вхід в обмеже-

ну область. Встановлюємо в параметрах об'єкту максимальну місткість – «1». Таким чином, після того, як заявка потрапила до цієї ділянки, інші будуть очікувати в черзі до тих пір, поки заявка не буде обслугована та не вийде з зони обмеження через об'єкт *restrictedAreaEnd1*.

Заявка, що надійшла потрапляє в зону вивантаження, надсилається об'єктом *networkMoveTo1* у вузол мережі *prichal_3*. Тут вона захоплює ресурс (портальний кран) за допомогою об'єкту *networkSeize*. У властивостях цього об'єкту вказується список ресурсів, що будуть використовуватися. Вказуємо ресурс *networkResourcePool* (рис 2.13).

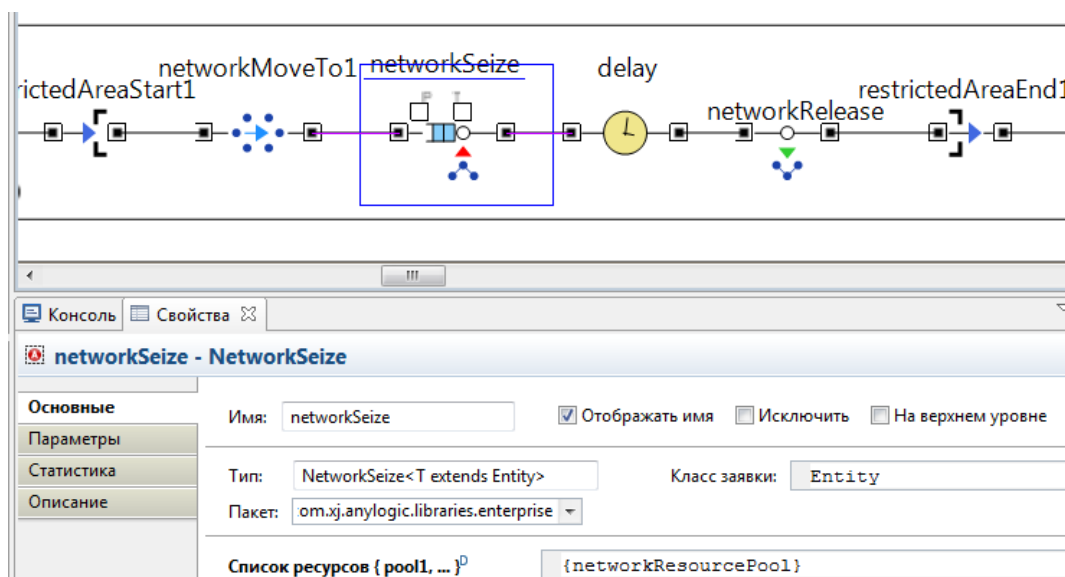


Рисунок 2.13 – Встановлення параметрів об'єкта *networkSeize*

Далі елемент *delay* імітується розвантаження автомобіля портальним краном. Встановлюємо місткість об'єкту рівною одиниці, та тривалість вивантаження 0,87 год. По закінченню вивантаження ресурс-портальний кран вивільняється об'єктом *networkRelease*. В параметрах об'єкту обов'язково вказується, які саме ресурси вивільняються. Для третього причалу використовувався ресурс *networkResourcePool*. Після цього заявка-автомобіль залишає обмежену зону

через елемент *restrictedAreaEnd1* та переходить до наступного блоку діаграми процесу.

Вітка, що відображає процеси причалу № 6 аналогічна попередній. В параметрах об'єктів захоплення та вивільнення ресурсів *networkSeize2* та *networkRelease1* вказується інший ресурс-кран *networkResourcePool2*. Також в об'єкті *networkMoveTo2* треба вказати вузол транспортної мережі *prichal_6*, що відповідає розташуванню в транспортній мережі фронту вантаження.

Для вітки причалу № 5 використовується додатковий елемент *hold* (рис. 2.14). Він дає можливість блокувати/розблокувати потік заявок на визначеній ділянці діаграми процесу.

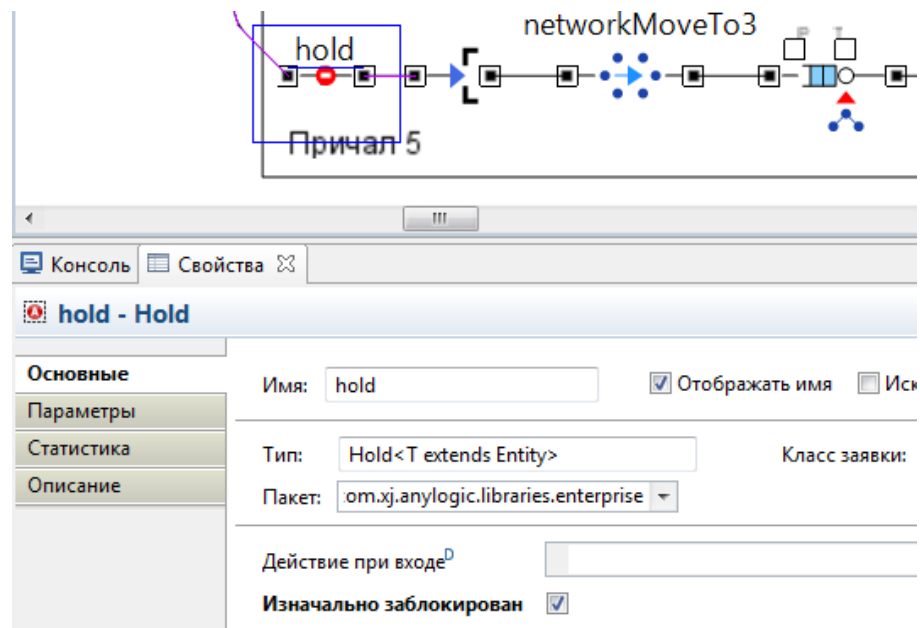


Рисунок 2.14 – Параметри об'єкту *hold*

За допомогою цього елементу в моделі реалізоване управління потоком автомобілів до причалу № 5. В параметрах об'єкту встановлюємо, що він від початку заблокований. Станом об'єкту можна керувати програмно за допомогою методу *setBlocked ()*. В дужках вказується значення *true* або *false* в залежності від того, чи використовується причал № 5 для вивантаження автомобілів.

Останній блок діаграми процесу відображає повернення порожніх автомобілів до ЦПТЛ (рис. 2.15). Він є продовженням віток функціонування причалів. Після виходу заявок з зони вивантаження вони надсилаються елементами *networkMoveTo4... networkMoveTo6* до вузлу транспортної мережі *cgr*. В параметрах цих об'єктів у полі «дія при вході» прописується *entity.setNetworkSpeed* (2300). Цей метод відновлює початкове значення швидкості заявок для відповідності масштабуванню анімації.

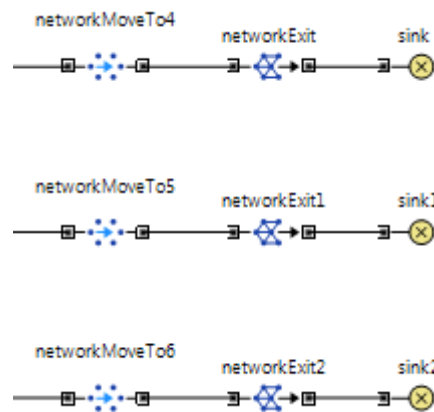


Рисунок 2.15 – Третій блок діаграми процесу (імітація повернення порожніх автомобілів до ЦПТЛ)

По завершенні руху заявки виводяться з транспортної мережі елементами типу *networkExit* та знищуються об'єктами *sink ... sink2*, де попередньо збираються статистичні дані по кожній заявці. Потоки заявок, що оброблялися на різних причалах відокремлені один від одного, це дає можливість відстежити статистику обслуговування автомобілів по кожному з причалів.

Для відтворення анімації заявок в моделі використовуються елементи *lorry* (сірого кольору), що зображує завантажений автомобіль та *lorry1* (білого кольору) – для зображення порожнього автомобіля (рис 2.16). Анімація портальних кранів на причалах задана елементом *kran*.



Рисунок 2.16 – Елементи анімації моделі

Зміна анімації автомобіля реалізована програмно за допомогою методу *entity.setShape ()*, що прописується у властивостях об'єктів типу *networkRelease*. Таким чином, в момент вивільнення ресурсу фіксується момент закінчення вивантаження і заявка змінює зображення на порожній автомобіль.

2.3.2 Реалізація збору статистики в моделі

Для збору статистики по обробленим заявкам були використані елементи *Гістограма* та *Дані гістограми*. Об'єкт *Дані гістограми* виконує статистичний аналіз доданих значень та будує функцію щільності розподілу ймовірності та функції розподілу випадкової величини [18]. Об'єкт *Гістограма* відображає дані, зібрані об'єктом *Дані гістограми*. Створюємо дві гістограми *time_in_system* та *time_in_queue*, що будуть збирати дані щодо тривалості обороту автомобілів (тривалості знаходження заявки в системі) та дані щодо тривалості очікування в черзі відповідно (рис. 2.17).

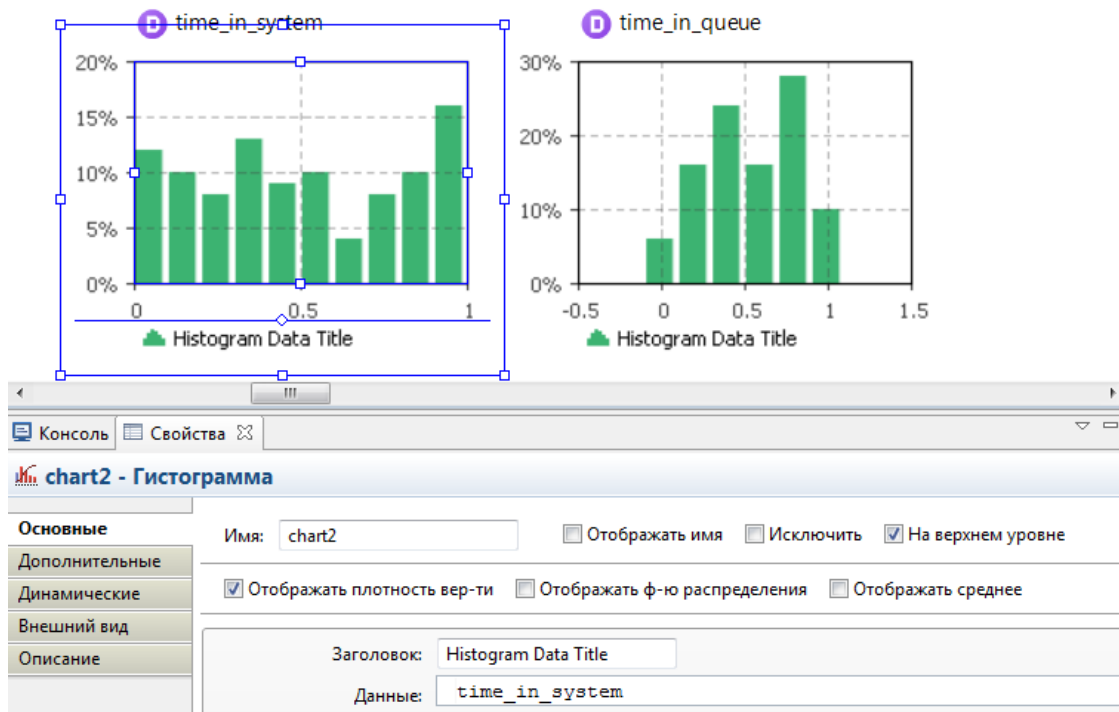


Рисунок 2.17 – Властивості гістограми тривалості обороту АТЗ

У властивостях гістограми необхідно обов'язково вказати, які дані гістограми використовуються для відображення.

Далі необхідно задати логіку додавання значень до об'єкту *time_in_system*. Для отримання цього використовуються змінні *time_vhod* і *time_prostoy*, що належать до створеного java-класу *Avto*. Змінна *time_vhod* фіксує час появи заявки системи. Значення змінної присвоюється в об'єкті *Source* за допомогою функції *time()*. Далі в об'єктах *sink...* *sink2* прописується код (рис. 2.18):

time_in_system.add(time() – entity.time_vhod).

Метод *time_in_system.add()* додає нові значення до об'єкту «Дані гістограми». Функція *time()* фіксує час, коли заявка залишає систему. Таким чином, щоразу при виході фіксується час тривалості знаходження заявки в системі, та дані передаються в об'єкт даних гістограми *time_in_system*.

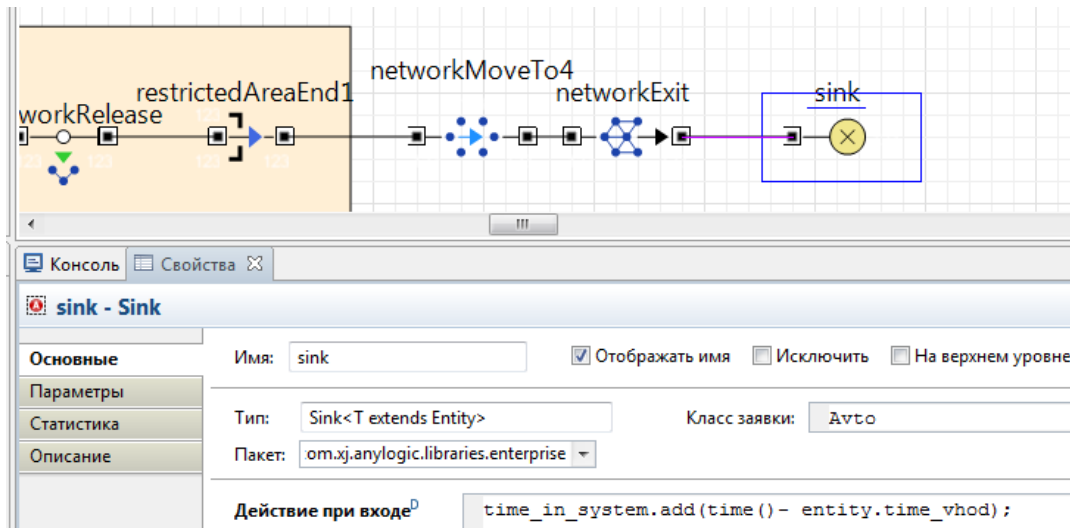


Рисунок 2.18 – Збір статистичних даних тривалості обороту ТЗ

Збір даних щодо тривалості простою в черзі виконується аналогічним чином. Змінна *time_prostoy* фіксує час, коли заявка потрапляє в чергу. Для цього у властивостях об'єкту *Queue* в полі «Дія при вході» прописуємо код *entity.time_prostoy = time()*. А в полі дія при виході *time_in_queue.add(time()-entity.time_prostoy)*. Таким чином в гістограму *time_in_queue* будуть додаватися значення тривалості очікування заявок в черзі.

Окрім того реалізоване відстеження кількості автомобілів, що знаходяться в черзі на розвантаження. Для цього використано об'єкт Стовпчикова діаграма (рис. 2.19). В його властивостях в полі Значення вказуємо *queue.size()* та у властивостях об'єкту *Queue* прописуємо метод *chart5.updateData()*.

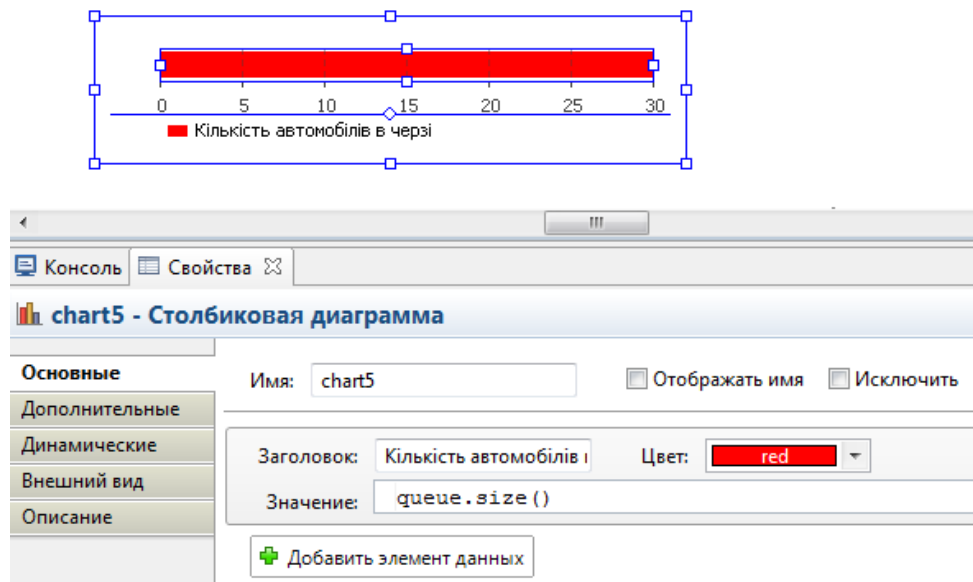


Рисунок 2.19 – Столбикова діаграма кількості АТЗ, що знаходяться в черзі на вивантаження

2.5 Реалізація моделі та проведення експериментів

Перед початком реалізації моделі необхідно скласти план експериментів. В нашому випадку необхідно відстежити роботу моделі в умовах різної кількості фронтів вивантаження (2 причали та 3 причали). А також проаналізувати її функціонування при оснащенні кранів захватом-кантувачем.

Маємо провести чотири експерименти в таких умовах:

- *експеримент № 1*: вивантаження автомобілів в порту відбувається на двох причалах з використанням портальних кранів, що неоснащені захватом-кантувачем;

- *експеримент № 2*: вивантаження автомобілів в порту відбувається на двох причалах з використанням портальних кранів, оснащених захватом-кантувачем;

- *експеримент № 3*: вивантаження автомобілів в порту відбувається на трьох причалах з використанням порталних кранів, що неоснащені захватом-кантувачем;

- *експеримент № 4*: вивантаження автомобілів в порту відбувається на трьох причалах з використанням порталних кранів, оснащених захватом-кантувачем.

Так як в розробленій моделі є стохастичні процеси, то результати кожної її реалізації будуть унікальними, і значення вимірюваних величин при проведенні експерименту в одних і тих же умовах будуть відрізнятися. Для отримання більш достовірних результатів необхідно провести декілька реплікацій для експерименту з одним набором значень параметрів моделювання. Таким чином можна також буде відстежити динаміку тривалості обороту АТЗ при збільшенні обсягів перевезень. Проведемо по 15 реплікацій для кожного з чотирьох експериментів.

Перед запуском моделі необхідно встановити параметри експерименту *Simulation*. Обираємо одиниці модельного часу – години. Встановлюємо тривалість реплікації – 1 місяць. Запуск моделі здійснюється з меню «Модель» - «Запустити», або клавішею F5.

Експеримент № 1. Перед запуском моделі блокуємо об'єкт *hold*, таким чином потік заявок не зможе потрапити в зону вивантаження причалу №5. Встановлюємо значення тривалості затримки заявок 0,87 год, що відповідає тривалості вивантаження автомобілів кранами, які неоснащені захватом-кантувачем. Графічне зображення результатів моделювання наведене на рис. 2.20.

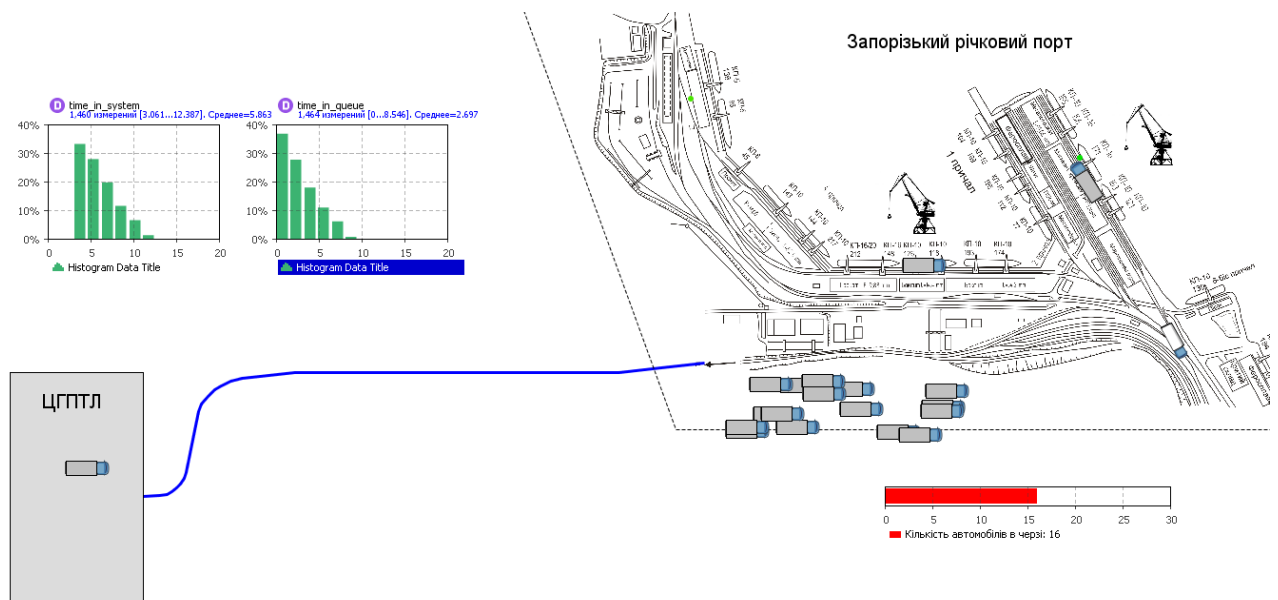


Рисунок 2.20 – Результати реалізації експерименту № 1

Протягом першого експерименту відстежується постійна черга автомобілів в порту. Окрім того, спостерігаємо, що не всі АТЗ встигли вивантажитися, отже можемо зробити висновки, що при функціонуванні порту в існуючому режимі транспортно-складська система не справляється з навантаженням.

Експеримент 2. Виконуємо експеримент з умовою оснащення кранів захватом-кантувачем. Значення тривалості вивантаження автомобілів на причалах встановлюємо 0,75 год.

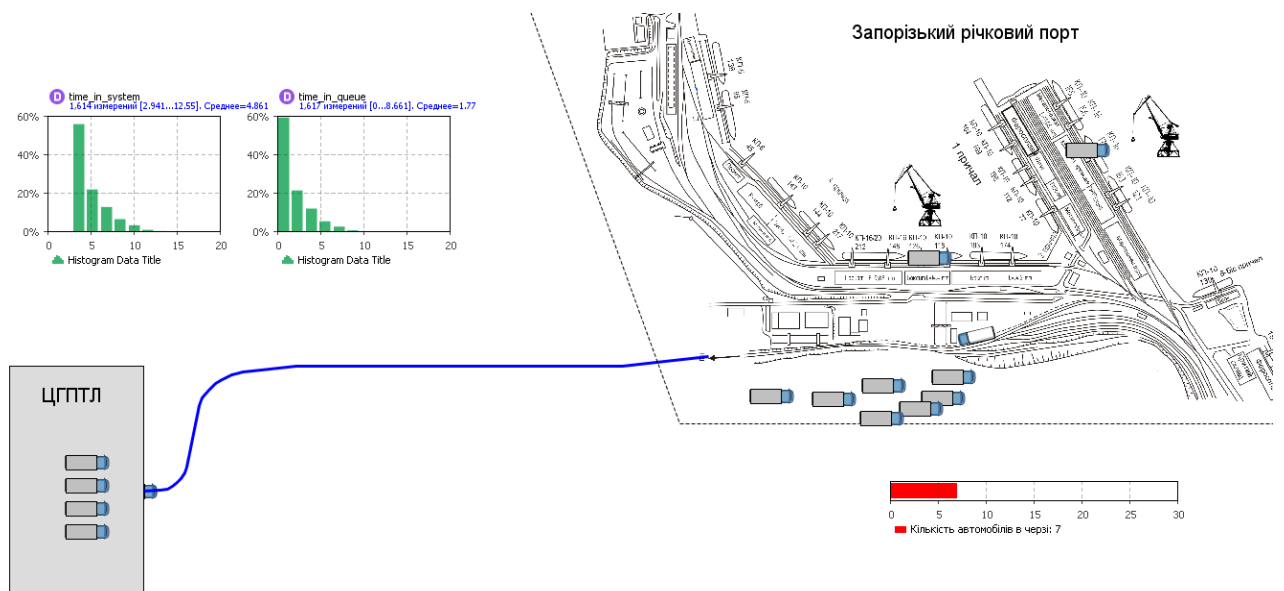


Рисунок 2.21 – Результати реалізації експерименту № 2

Спостерігається зменшення кількості автомобілів в черзі та тривалість простою автомобілів. Проте знову маємо не обслужені АТЗ.

Експерименти 3 та 4. Дані експерименти проводимо з розблокуванням об'єкту *hold*. Розвантаження рулонів відбувається на трьох причалах.

На рис. 2.22 показані результати реалізації експерименту № 3, коли руло-ни розвантажуються в порту на трьох причалах, але технологічний процес розвантаження не змінюємо.

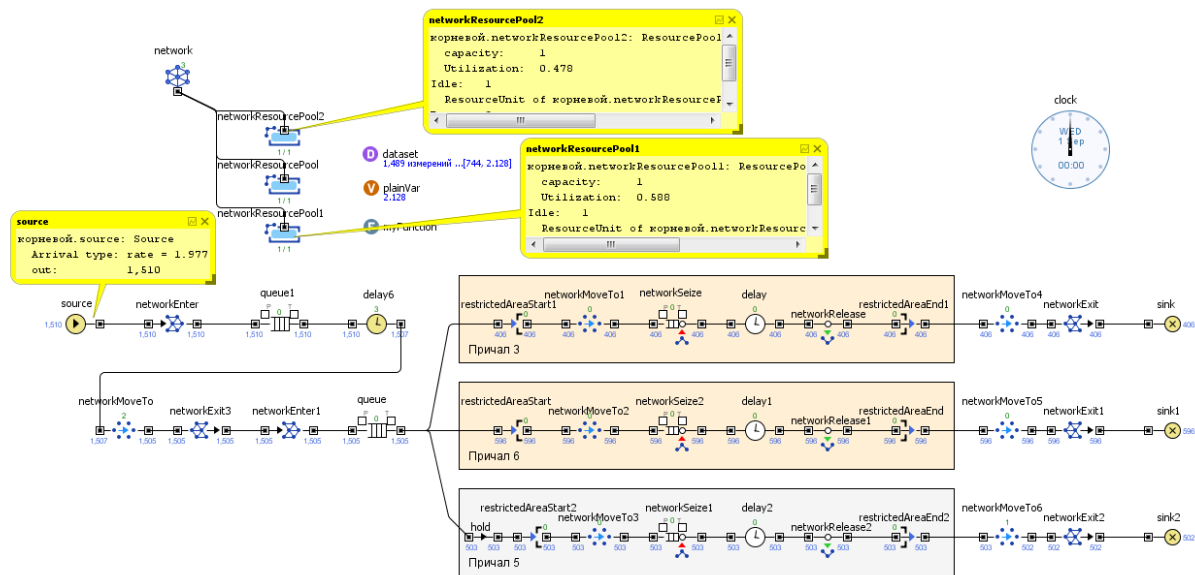


Рисунок 2.22 – Результати реалізації експерименту № 3

На рисунку 2.23 показана діаграма процесу в результаті прогону моделі № 4. В ході моделювання можемо відстежити статистику окремих елементів моделі такі як коефіцієнт використання кожного ресурсу, кількість відправлених автомобілів тощо. Результати моделювання експерименту 4 представлені на рис. 2.23.

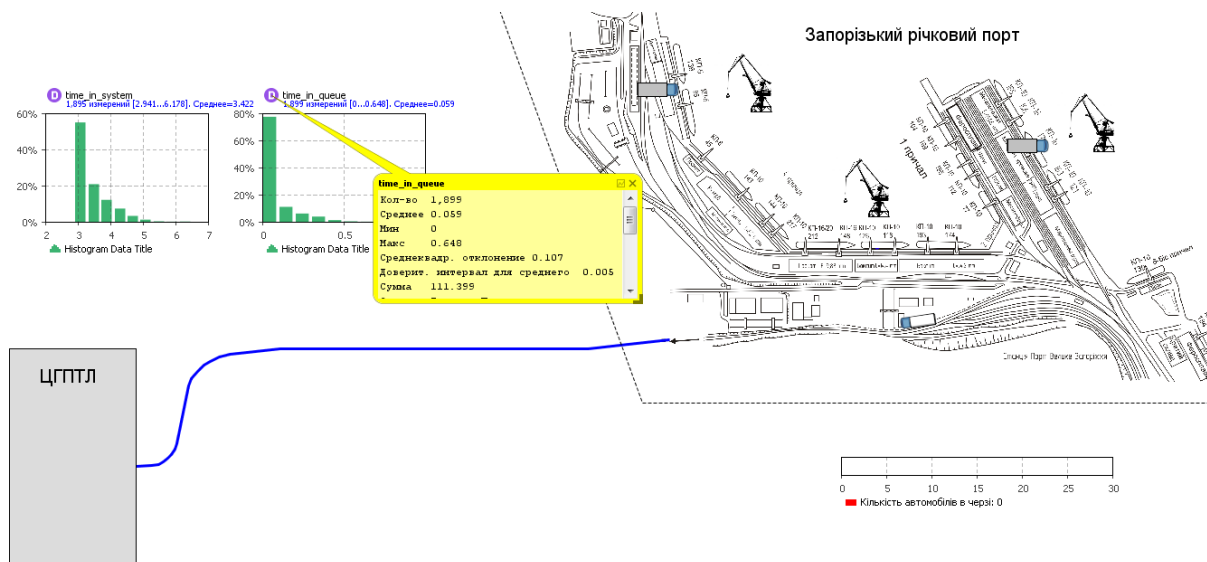


Рисунок 2.23 – Результати реалізації експерименту № 4

Аналіз отриманих даних після проведення експерименту № 4 показав найменше значення загального часу обороту автотранспортних засобів при перевезеннях.

2.5 Аналіз результатів моделювання

Для зручності всі отримані результати проведених експериментів зведено у відповідні таблиці.

Таблиця 2.3 містить дані з ітерацій експерименту 1 в умовах існуючого варіанту роботи порту: для вивантаження автомобілів використовуються два причали, портальні крани не оснащені захватом кантувачем.

Таблиця 2.3 – Результати проведення експерименту №1

№ реалізації	Кількість відвантажених автомобілів	Кількість не-обслугованих автомобілів	Тривалість простою в черзі, год.	Тривалість обороту автомобіля, год.
1	1498	24	3,704	6,876
2	1503	21	7,844	4,649
3	1627	103	29,798	26,578
4	1538	21	10,958	7,720
5	1414	8	1,995	5,153
6	1589	56	13,316	16,496
7	1647	112	18,963	22,172
8	1553	40	9,185	12,396
9	1600	91	12,65	15,853
10	1570	65	9,229	12,439
11	1481	10	3,007	6,188
12	1559	36	6,585	9,779
13	1680	164	24,52	27,717
14	1643	123	19,974	23,205
15	1600	73	14,699	17,908

З таблиці 2.3 видно, що два вантажні фронти не можуть забезпечити потрібну переробну спроможність. В річковому порту накопичується черга автомобілів і значна частка з них залишається не вивантаженою.

Було розглянуто результати моделювання (додаток Г) щодо кількості автомобілів в черзі для різного обсягу відправлень автомобілів на місяць (рис. 2.24).

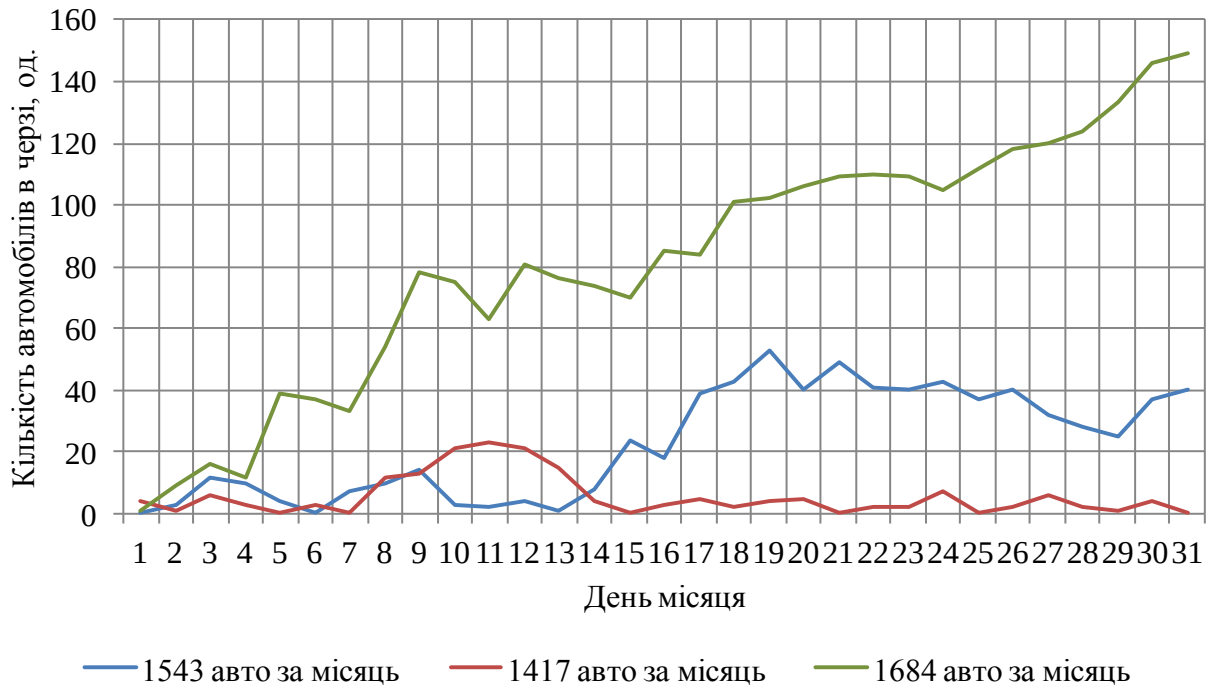


Рисунок 2.24 – Накопичення автомобілів в черзі на вивантаження у річковому порту

Можемо зробити висновок, що навіть при відносно невеликому збільшенні середньомісячного обсягу вантажу фронти вивантаження в порту не справляються з добовою кількістю надходжень автотранспортних засобів. Це призводить до постійного накопичення автомобілів, а отже і збільшення простой транспортних засобів.

Для визначення залежності тривалості обороту автомобіля від кількості відправлень на місяць було побудовано графік залежності (рис. 2.25) у програмному середовищі Statistica. В результаті отримана експоненціальна залежність. Навіть при середніх показниках надходжень автопоїздів до порту наявні простой в чергах на вивантаження. При перевищенні середньомісячного обсягу відправлень спостерігається різке зростання тривалості обороту АТЗ.

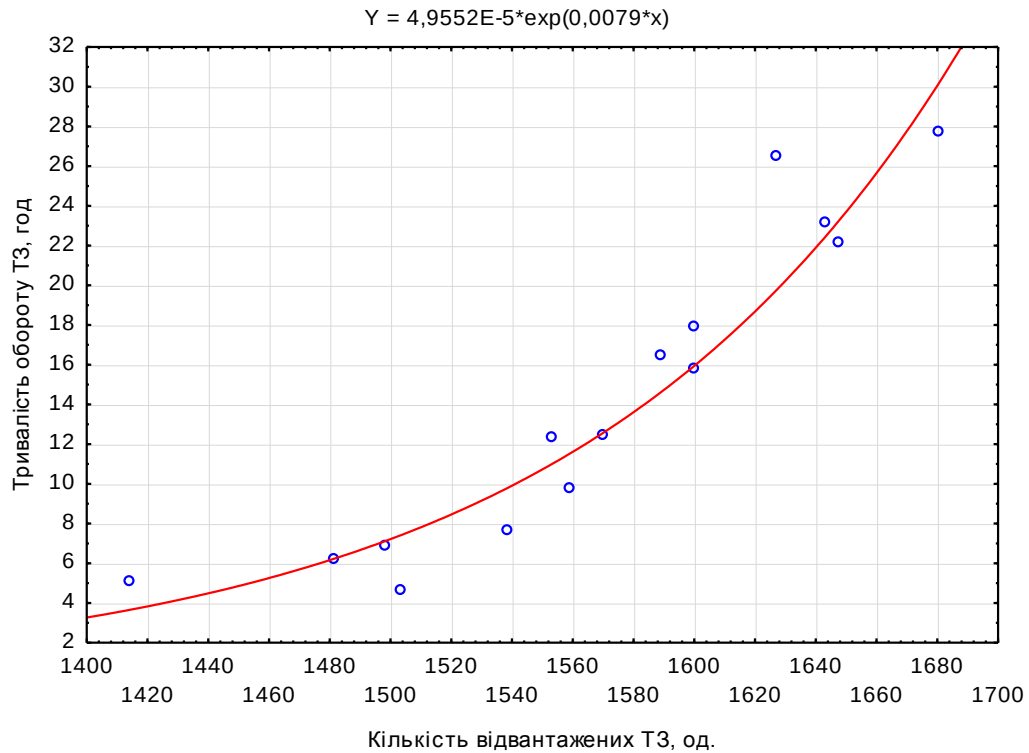


Рисунок 2.25 – Графік залежності тривалості обороту автомобіля від кількості відправлень на місяць за результатами експерименту № 1

При оснащенні портових кранів захватом-кантувачем ситуація покращується за рахунок зниження тривалості простою автопоїзду під вивантаженням в річковому порту. Простої в черзі знижуються.

Результати проведення експерименту № 2 наведено в табл. 2.4 та на рис. 2.26.

Таблиця 2.4 – Результати проведення експерименту № 2

№ реалізації	Кількість відвантажених автомобілів	Кількість не-обслугованих автомобілів	Тривалість простою в черзі, год.	Тривалість обороту автомобіля, год.
1	2	3	4	5
1	1591	27	2,207	5,343
2	1502	4	1,391	4,487
3	1624	10	2,425	5,582

Кінець таблиці 2.4

1	2	3	4	5
4	1673	14	3,167	6,317
5	1573	6	1,006	4,06
6	1454	14	0,814	3,857
7	1699	6	3,29	6,413
8	1677	9	2,403	5,610
9	1594	11	1,420	4,495
10	1617	8	1,378	4,494
11	1339	6	0,469	3,504
12	1509	11	0,958	4,035
13	1720	32	3,943	7,088
14	1603	6	1,420	4,526
15	1785	50	5,015	8,162

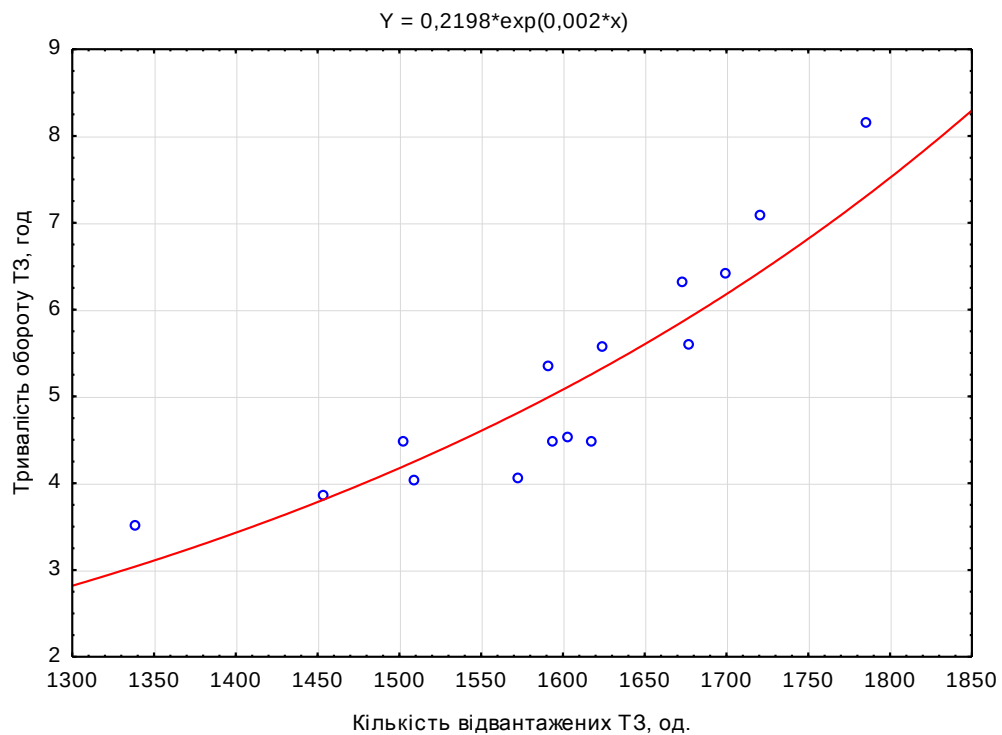


Рисунок 2.26 – Графік залежності тривалості обороту автомобіля від кількості відправлень на місяць за результатами експерименту № 2

Третій та четвертий експерименти проводилися в умовах використання додаткового фронту вивантаження – причалу № 5. Результати наведені у таблицях 2.5 та 2.6 відповідно.

Умови обслуговування автотранспорту за експериментом 3 передбачають тільки введення додатково причалу для розвантаження автопоїздів з металопрокатом. Як бачимо, простій автопоїздів в очікуванні вивантаження в річковому порту практично відсутній. Незначна кількість необслугованих автомобілів наявна більш за все через затримки в ЦГРТЛ при відвантаженні.

Таблиця 2.5 – Результати проведення експерименту № 3

№ реалізації	Кількість відвантажених автомобілів	Кількість необслугованих автомобілів	Тривалість простою в черзі, год.	Тривалість обороту автомобіля, год.
1	1476	6	0,104	3,339
2	1540	8	0,113	3,358
3	1718	4	0,325	3,650
4	1641	8	0,235	3,507
5	1581	6	0,14	3,414
6	1685	6	0,182	3,502
7	1721	7	0,221	3,591
8	1683	9	0,180	3,512
9	1454	4	0,111	3,362
10	1758	5	0,252	3,665
11	1579	3	0,161	3,487
12	1515	4	0,130	3,419
13	1706	6	0,203	3,544
14	1555	11	0,119	3,388
15	1601	6	0,150	3,470

Графік залежності тривалості обороту автомобіля від кількості відправлень на місяць для третього експерименту наведені на рис. 2.27.

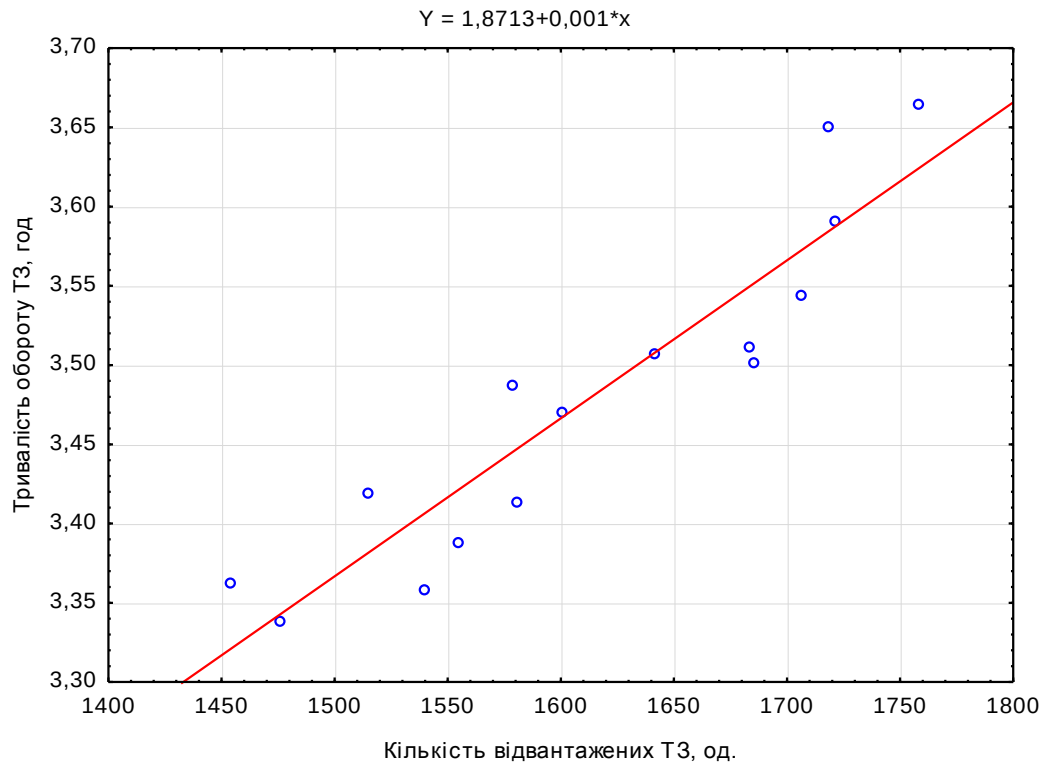


Рисунок 2.27 – Графік залежності тривалості обороту автомобіля від кількості відправлень на місяць за результатами експерименту № 3

В даному випадку отримано лінійну залежність. З графіку можемо зробити висновки, що при наявності трьох фронтів вивантаження є можливість до збільшення обсягів перевезень. На відміну від існуючого варіанту роботи обслуговування причалів порту, при зростанні потоків автопоїздів збільшення тривалості простоїв відносно незначне.

В табл. 2.6 наведені результати проведення експерименту 4. Умови обслуговування автотранспорту за експериментом 4 передбачають введення додатково причалу для розвантаження автопоїздів з металопрокатом та зміну технології розвантаження на причалах із застосуванням захвату-кантувача для портального крану.

Таблиця 2.6 – Результати проведення експерименту № 4

№ реалізації	Кількість відвантажених автомобілів	Кількість необслугованих автомобілів	Тривалість простою в черзі, год.	Тривалість обороту автомобіля, год.
1	1675	2	0,052	3,264
2	1770	10	0,067	3,356
3	1545	12	0,043	3,164
4	1404	0	0,04	3,146
5	1577	6	0,047	3,222
6	1480	7	0,043	3,162
7	1613	6	0,049	3,242
8	1779	7	0,049	3,320
9	1490	11	0,039	3,170
10	1670	3	0,052	3,273
11	1585	11	0,044	3,194
12	1724	6	0,053	3,303
13	1644	5	0,060	3,257
14	1624	7	0,053	3,246
15	1524	9	0,037	3,168

Аналіз результатів проведення експерименту № 4 показав, що так само, як і для 3 експерименту, час простою автопоїздів в очікуванні вивантаження в річковому порту практично відсутній. Незначна кількість необслугованих автомобілів наявна більш за все через затримки в ЦГРТЛ при відвантаженні.

На рис. 2.28 показано графік залежності тривалості обороту автомобіля від кількості відправлень на місяць за результатами експерименту № 4. Як і для експерименту 3 отримано лінійну залежність.

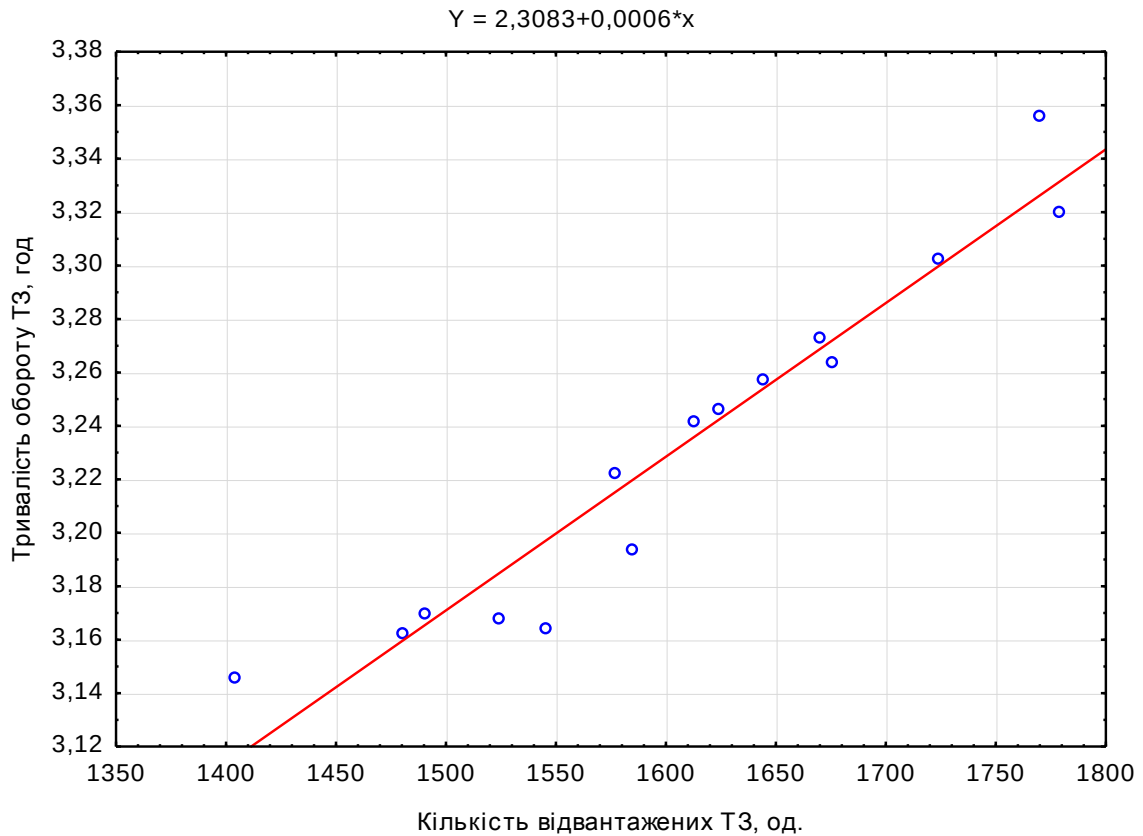


Рисунок 2.28 – Графік залежності тривалості обороту автомобіля від кількості відправлень на місяць за результатами експерименту №4

Користуючись отриманими залежностями (рис 2.25 - 2.28), визначимо середньомісячну тривалість обороту автомобіля при однаковій кількості відправлень в різних умовах вивантаження.

Виходячи зі значення середньої кількості автомобілів 49 од/добу приймаємо середньостатистичну кількість автомобілів на місяць 1470 одиниць.

Визначимо загальну кількість автомобіле-годин за навігаційний період для кожного варіанту за формулою:

$$T_{\text{заг}} = t_{\text{об}} \cdot n_{\text{авт}} \cdot T_{\text{нав}}, \quad (2.5)$$

де $t_{\text{об}}$ - тривалість обороту одного автомобіля, год.;

$n_{\text{авт}}$ - середня кількість автомобілів, що відвантажуються за місяць, од.;

$T_{нав}$ - тривалість навігаційного періоду. Приймаємо 9 місяців.

Для порівняння результатів проведених експериментів зведемо розрахунки у таблицю 2.7.

Таблиця 2.7 – Порівняння отриманих результатів моделювання при зведенні до однакової кількості середньомісячних відправлень

№ експ.	Умови вивантаження		Тривалість обороту АТЗ, год.	Тривалість простою АТЗ в черзі, год.	Коеф. використання кранів	Загальна кількість автомобіле-годин
	Кількість задіяних причалів	Оснащення кранів захватом-кантувачем				
1	2 причали	-	5,477	2,29	1	72460,71
2	2 причали	+	4,158	1,1	0,8	55010,34
3	3 причали	-	3,341	0,1	0,7	44201,43
4	3 причали	+	3,19	0,05	0,5	42203,70

Як бачимо, при оснащенні портальних кранів захватом-кантувачем тривалість обороту автомобілів значно зменшується за рахунок зниження простоїв рухомого складу. При використанні причалу 5 як фронту вивантаження автомобілів, простій в черзі в річковому порту практично відсутній. Проте спостерігається, що коефіцієнт використання кранів знижується. Тому для вибору найбільш вигідного варіанту удосконалення процесу вивантаження, необхідно провести подальші економічні розрахунки.

3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Обґрунтування техніко-економічних розрахунків

В магістерській роботі виконано дослідження технологічного процесу відвантаження гарячекатаних рулонів виробництва ПАТ «Запоріжсталь».

Гарячекатані рулони із ЦГПТЛ відвантажуються на автотранспорт і завозяться в річковий порт на причали №№ 3 та 6, а потім, після накопичення на суднову партію, металопрокат завантажується у зафрахтовані трюмні судна типу «ріка – море» для доставки закордонним замовникам.

Для технологічного процесу перевезень залучаються орендовані автопоїзди компанії «Глобал Логістик Системс». Напівпричепи для перевезення рулонів оснащені спеціальними піддонами. Гарячекатані рулони транспортуються у вертикальному положенні «на торець».

В порту в процесі розвантаження рулонів з напівпричепа залучено 2 портальних крани і автонавантажувач. Один портальний кран, оснащений кліщовим захватом, знімає рулони з напівпричепа і встановлює їх на кантувач. Потім автонавантажувачем відбувається кантування рулонів із вертикального положення в горизонтальне «на твірну». Після операції кантування другий портальний кран, оснащений захватом-скобою, укладає рулони на причалі для зберігання в очікуванні накопичення на суднову партію.

За проєктом пропонується для процесу розвантаження рулонів портальні крани, які на цей розвантажують рулони кліщовим захватом, оснастити захватом-кантувачем. Це дозволить уникнути зайвої перевалочної операції.

Крім того, для ліквідації черг автотранспорту, які виникають в порту з причини тривалого простою під розвантаженням, організувати обробку, зберігання і відвантаження рулонів на судна не тільки на причалах 3 та 6, а й на причалі № 5, який на цей час не використовується для перевалки вантажів, тому що не має залізничних колій для подачі вагонів.

За результатами проведених в основній частині роботи експериментів з моделювання роботи причальних вантажних фронтів у програмному середовищі Anylogic запропоновані заходи дозволяють суттєво знизити час обробки автотранспортних засобів в порту та загальний час обороту при виконанні перевезень гарячекатаного металопрокату.

Захватами-кантувачами оснащуємо по одному крану на трьох причалах, тому що другий портальний кран, оснащений захватом-скобою, застосовується для операцій на причалі та на завантаженні судна. Таким чином необхідно придбати 3 таких захвати. Вартість одного захвату складає 694500 грн.

Загальні додаткові витрати на придбання захватів-кантувачів для удосконалення процесу перевалки рулонів в порту складуть:

$$B_{\text{доо}}^{\text{захв}} = 694500 \cdot 3 = 2083500 \text{ грн.}$$

За даними статистичної обробки за період навігації з підприємства було відвантажено 403452 т або 29600 гарячекатаних рулонів.

За пропонуваним варіантом розвантаження рулонів виконується одним портальним краном, оснащеним захватом-кантувачем.

В економічній частині магістерської роботи необхідно виконати розрахунки витрат на перевалку рулонів в порту та економічний ефект від впровадження пропозицій.

3.2 Визначення експлуатаційних витрат на перевалку гарячекатаних рулонів в порту

Для визначення експлуатаційних витрат необхідно визначити загальний час роботи механізмів при розвантаженні рулонів в порту.

Існуючий варіант

За існуючим варіантом тривалість циклу порталного крану протягом якого розвантажується один рулон складає: $80+160 = 240 \text{ с} = 4 \text{ хв.}$

Час роботи порталних кранів на виконанні цієї операції за період навігації за існуючим варіантом складе:

$$T_{пк}^{існ} = 4,0 \cdot 29600 = 118400 \text{ хв.} = 1974 \text{ год.}$$

Час кантування одного рулону навантажувачем складає $40 \text{ с} = 0,67 \text{ хв.}$

Час роботи навантажувача на кантуванні рулонів за період навігації за існуючим варіантом складе:

$$T_{нав}^{існ} = 0,67 \cdot 29600 = 19832 \text{ хв.} = 330 \text{ год.}$$

Загальний час, відпрацьований докерами-механізаторами, складе:

$$T_{заг}^{існ} = 1974 + 330 = 2304 \text{ год.}$$

Пропонований варіант

Тривалість одного циклу роботи порталних кранів, оснащених захватом-кантувачем, при розвантаженні одного рулону за пропонованим варіантом складає 1,5 хв.

Час роботи порталних кранів на розвантаженні гарячекатаних рулонів за період навігації за пропонованим варіантом складе:

$$T_{пк}^{існ} = 1,5 \cdot 29600 = 44400 \text{ хв.} = 740 \text{ год.}$$

В технологічному процесі розвантаження за існуючим варіантом приймають участь 3 докери-механізатори (2 крановика порталних кранів і водій навантажувача) та 2 сигнальника.

За пропонованим варіантом в процесі розвантаження зайняті один докер-механізатор і один сигнальник.

Визначимо заробітну плату працівників порту.

Годинна тарифна ставка:

- докер-механізатор 62,15 грн.;
- сигнальник: 58,0 грн.

Оскільки порт працює цілодобово, то до годинної ставки застосовуються доплати за роботу у вечірній (20 % за вечірні години) та нічний (40 % за нічні години) час; крім того застосовується доплата 15% за інтенсивність роботи та виплачуються преміальні виплати в розмірі 40 % до годинної заробітної плати.

У відсотковому відношенні нічні години від цілої доби складають 33%, а вечірні години – 17 %.

Розрахунок кількості годин, відпрацьованих в різний період доби приведено в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Час роботи працівників порту за період навігації при розвантаженні гарячекатаних рулонів

Професія робітника	Загальний час	Нічний час	Вечірній час
Існуючий варіант			
Докери-механізатори, сигнальники	2304	760	392
Пропонований варіант			
Докери-механізатори, сигнальники	740	244	126

Визначимо *заробітну плату* працівників з урахуванням доплат за *існуючим* варіантом:

- основна заробітна плата

$$Z_{\text{док}}^{\text{осн}} = 62,15 \cdot 2304 = 143194 \text{ грн.}; \quad Z_{\text{сигн}}^{\text{осн}} = 58,0 \cdot 2304 = 133632 \text{ грн.};$$

- доплата на роботу в нічний період доби

$$D_{\text{доп}}^{\text{ніч}} = 62,15 \cdot 760 \cdot 0,4 = 18894 \text{ грн.}; \quad D_{\text{сигн}}^{\text{ніч}} = 58,0 \cdot 760 \cdot 0,4 = 17632 \text{ грн.};$$

- доплата на роботу у вечірній період доби

$$D_{\text{доп}}^{\text{веч}} = 62,15 \cdot 392 \cdot 0,2 = 4872 \text{ грн.}; \quad D_{\text{сигн}}^{\text{веч}} = 58,0 \cdot 392 \cdot 0,2 = 4547 \text{ грн.};$$

- доплата за інтенсивність роботи

$$D_{\text{доп}}^{\text{інт}} = 62,15 \cdot 2304 \cdot 0,15 = 21479 \text{ грн.}; \quad D_{\text{сигн}}^{\text{інт}} = 58,0 \cdot 2304 \cdot 0,15 = 20045 \text{ грн.};$$

- сумарна заробітна плата за період навігації

$$\Sigma Z_{\text{доп}}^{\text{заг}} = (143194 + 18894 + 4872 + 21479) \cdot 1,4 = 263815 \text{ грн.};$$

$$\Sigma Z_{\text{сигн}}^{\text{заг}} = (133632 + 17632 + 4547 + 20045) \cdot 1,4 = 246198 \text{ грн.};$$

$$\Sigma Z_{\text{з.пл}}^{\text{існ}} = 263815 + 246198 = 510013 \text{ грн.}$$

Визначимо *заробітну плату* працівників з урахуванням доплат за *пропонованим* варіантом:

- основна заробітна плата

$$Z_{\text{доп}}^{\text{осн}} = 62,15 \cdot 740 = 45991 \text{ грн.}; \quad Z_{\text{сигн}}^{\text{осн}} = 58,0 \cdot 740 = 42920 \text{ грн.};$$

- доплата на роботу в нічний період доби

$$D_{\text{док}}^{\text{ніч}} = 62,15 \cdot 244 \cdot 0,4 = 6066 \text{ грн.}; \quad D_{\text{сигн}}^{\text{ніч}} = 58,0 \cdot 244 \cdot 0,4 = 5661 \text{ грн.};$$

- доплата на роботу у вечірній період доби

$$D_{\text{док}}^{\text{веч}} = 62,15 \cdot 126 \cdot 0,2 = 1566 \text{ грн.}; \quad D_{\text{сигн}}^{\text{веч}} = 58,0 \cdot 126 \cdot 0,2 = 1462 \text{ грн.};$$

- доплата за інтенсивність роботи

$$D_{\text{док}}^{\text{інт}} = 62,15 \cdot 740 \cdot 0,15 = 6899 \text{ грн.}; \quad D_{\text{сигн}}^{\text{інт}} = 58,0 \cdot 740 \cdot 0,15 = 6438 \text{ грн.};$$

- сумарна заробітна плата за період навігації

$$\Sigma Z_{\text{док}}^{\text{заг}} = (45991 + 6066 + 1566 + 6899) \cdot 1,4 = 84731 \text{ грн.};$$

$$\Sigma Z_{\text{сигн}}^{\text{заг}} = (42920 + 5661 + 1462 + 6438) \cdot 1,4 = 79073 \text{ грн.};$$

$$\Sigma Z_{\text{з.пл}}^{\text{нр}} = 84731 + 79073 = 163803 \text{ грн.}$$

Нарахування на заробітну плату (єдиний соціальний внесок – 22% від загальної заробітної плати) складуть:

$$B_{\text{соц}}^{\text{існ}} = 510013 \cdot 0,22 = 112203 \text{ грн.};$$

$$B_{\text{соц}}^{\text{нр}} = 163803 \cdot 0,22 = 36037 \text{ грн.}$$

Відрахування на амортизацію та на ремонт не враховуємо, оскільки механізми використовуються і за існуючим і за пропонованим варіантом технологічного процесу розвантаження.

Визначимо витрати на електроенергію для порталних кранів за формулою (4.32) [19].

При розрахунках використовуємо такі значення:

- сумарна потужність двигунів порталних кранів (за технічною характеристикою в табл. 1.4):

$$W_{пк}^{двиг} = 75 \cdot 2 + 10,5 \cdot 4 + 14,0 \cdot 4 = 248 \text{ кВт};$$

- час роботи порталних кранів: існуючий варіант 1974 год.;

пропонований варіант 740 год.;

- вартість електроенергії 2,56 грн./кВт·год.

Витрати на оплату споживаної електроенергії за варіантами:

$$B_{ел.ен}^{існ} = 248,0 \cdot 1974 \cdot 1,15 \cdot 0,95 \cdot 0,87 \cdot 2,56 = 1191186 \text{ грн.};$$

$$B_{ел.ен}^{пр} = 248,0 \cdot 740 \cdot 1,15 \cdot 0,95 \cdot 0,87 \cdot 2,56 = 446544 \text{ грн.}$$

Витрати на паливо для автотранспорту, які виконують кантування рулонів за існуючим варіантом, визначаємо за формулою (4.35) [19] при таких значеннях:

- кількість відпрацьованих годин: 330 год.;

- годинна витрата палива автотранспортом: 6,2 л/год.

$$B_{пал}^{існ} = 28,0 \cdot 330 \cdot 6,2 = 57288 \text{ грн.}$$

Витрати на мастильні матеріали визначаються залежно від вартості електроенергії (10 % від вартості) та палива (30 % від вартості):

$$B_{мас}^{исн} = 1191186 \cdot 0,1 + 57288 \cdot 0,3 = 136305 \text{ грн.};$$

$$B_{мас}^{np} = 446544 \cdot 0,1 = 44654 \text{ грн.}$$

Визначимо інші витрати:

$$B_{інші}^{исн} = (510013 + 1191186 + 57288 + 136305) \cdot 0,1 = 189792 \text{ грн.};$$

$$B_{інші}^{np} = (163803 + 446544 + 44654) \cdot 0,1 = 65500 \text{ грн.}$$

Загальновиробничі витрати в річковому порту складають 112,1 % від сумарної заробітної плати:

$$B_{вир}^{исн} = 510013 \cdot 1,121 = 571725 \text{ грн.};$$

$$B_{вир}^{np} = 163803 \cdot 1,121 = 183623 \text{ грн.}$$

Загальні експлуатаційні витрати на перевалку гарячекатаних рулонів в порту за період навігації складуть:

$$\begin{aligned} \Sigma B_{експл}^{исн} &= 510013 + 112203 + 1191186 + 57288 + 136305 + \\ &+ 189792 + 571725 = 2768199 \text{ грн.}; \end{aligned}$$

$$\Sigma B_{експл}^{np} = 163803 + 36037 + 446544 + 44654 + 65500 + 183623 = 940161 \text{ грн.}$$

3.3 Визначення річної економії експлуатаційних витрат

Річні витрати на розвантаження гарячекатаного металопрокату в рулонах в порту за період навігації склали:

- існуючий варіант $\Sigma B_{експл}^{існ} = 2768199$ грн.;
- проєктний варіант $\Sigma B_{експл}^{пр} = 940161$ грн.

Визначимо економію експлуатаційних витрат за формулою [19]:

$$E_{експл} = \Sigma B_{експл}^{існ} - \Sigma B_{експл}^{пр}, \quad (3.1)$$

де $\Sigma B_{експл}^{існ}$ - загальні експлуатаційні витрати на розвантаження гарячекатаних рулонів в порту за період навігації за існуючим варіантом, грн.;

$\Sigma B_{експл}^{пр}$ - загальні експлуатаційні витрати на розвантаження гарячекатаних рулонів в порту за період навігації за проєктним варіантом, грн.

$$E_{експл} = 2768199 - 940161 = 1828037 \text{ грн.}$$

3.4 Визначення дисконтованого доходу й терміну окупності проєкту

На впровадження технологічних змін в порту необхідні додаткові витрати в сумі 2083500 грн. на придбання захватів-кантувачів для порталних кранів.

Для визначення загальної ефективності пропозицій треба визначити дисконтований дохід через коефіцієнт дисконтування, який розраховується за формулою (4.40) [19].

Загальний дисконтований дохід від проекту визначається за формулою [19]:

$$NVP = \sum_{t=1}^n \frac{B_t}{(1+i)^t} - \sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+i)^t}, \quad (3.2)$$

де B_t - дохід, який можна отримати щорічно при впровадженні проекту, грн.;

C_t - загальні витрати при впровадженні проекту, грн.; в даному випадку – це витрати на розвантаження гарячекатаних рулонів в порту за пропонованою технологією, грн.;

n - строк існування проекту, років.

У табл. 3.1 дано розрахунок дисконтованого доходу за проєктним варіантом виконання перевалочних робіт в порту.

Таблиця 3.1 – Розрахунок дисконтованого доходу

Рік	Інвестиції, грн.	Дохід, грн.	α	NVP , грн.
1	2083500	1828037	1	-255463,2142
2	–	1828037	0,8	1462429,429
3	–	1828037	0,64	1169943,543
Загальний дисконтований дохід				2376909

Строк окупності розроблених пропозицій знаходимо за формулою [23]:

$$T_{ок} = \frac{B_{доо}^{захв}}{E_{експл}}, \quad (3.3)$$

де $B_{доо}^{захв}$ - додаткові витрати на придбання захватів-кантувачів для впровадження проєктної технології, грн.;

$E_{експл}$ - економія експлуатаційних витрат (прибуток), грн.

$$T_{ок} = \frac{2083500}{1828037} = 1,1 \text{ років.}$$

Загальні економічні показники по варіантах наведені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Загальні економічні показники

Найменування показника	Величина показника, грн.	
	Існуючий варіант	Проектний варіант
1 Додаткові витрати на проєкт, грн.	-	2083500
2 Загальні експлуатаційні витрати, грн.; в тому числі	2768199	940161
2.1 Виплата заробітної плати	510013	163803
2.2 Відрахування ЄСВ	112203	36037
2.3 Витрати на оплату електроенергії	1191186	446544
2.4 Витрати на пальне	57288	-
2.5 Витрати на мастильні матеріали	136305	44654
2.6 Інші експлуатаційні витрати	189792	65500
2.7 Загальновиробничі портові витрати	571725	183623
3 Річна економія експлуатаційних витрат, грн.	-	1828037
4 Чистий дисконтований дохід, грн.	-	2376909
5 Термін окупності проєкту, років	-	1,1

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В даному розділі магістерської роботи «Дослідження та підвищення ефективності технологічного процесу відвантаження гарячекатаного металопрокату» виконано аналіз потенційних небезпек при виконанні вантажних операцій та під час перевезення. Розроблені заходи по їх усуненню.

4.1 Аналіз потенційних небезпек

При завантаженні автотранспортних засобів металопрокатом можливо падіння вантажу з-за несправності стропів, траверс, гаків кранів, що призводить до травмуванню робітників.

При виконанні вантажних робіт роботах можливе падіння вантажу з-за різних причин:

- невиконання стропальниками встановленої системи сигналізації;
- переміщення вантажу масою, яка перевищує номінальну вантажопідйомність механізмів;
- перенесення вантажу над людьми.

При виконанні в темну пору вантажних роботах при недостатньому освітленні можливо не дотримування технології складування вантажу, що призведе до травмування робітників.

Під час перевантажувальних робіт в холодну пору року можливе переохолодження робітників, що призводить до захворювання.

При перевезенні металопрокату можливе падіння рулонів з кузова через невірне його кріплення, що призведе до травмування сторонніх людей та пошкодження вантажу і транспортного засобу.

4.2 Заходи по забезпеченню безпеки

Перед вантажних роботах необхідно візуально перевіряти такелажні пристрої та періодично відправляти їх на перевірку відповідно до вимог [20].

За кранами та іншими вантажопідіймальними механізмами закріплюються стропальники-сигнальники, які пройшли навчання, перевірку знань і мають відповідне посвідчення згідно [21].

Стропальники, які виконують роботу з застосуванням крану, підчас вантажно-розвантажних робіт мають знати та виконувати встановлену систему звукової та знакової сигналізації. На місцях виконання вантажно-розвантажувальних робіт мають бути схеми стропування та перелік вантажів з вказівкою їх маси.

Для запобігання ДТП необхідно перед виїздом транспортного засобу провести технічний огляд, водій повинен пройти медичний огляд та з ним повинні провести інструктаж з правил дорожнього руху та небезпек, які можуть виникнути під час перевезень на даному маршруті відповідно до [22].

Для запобігання ураження електричним струмом при роботі кранових механізмів необхідно перед початком робіт ретельно перевіряти електричні кабелі кранів на стан пошкодження [23]. В випадку пошкодження, негайно викликати службу по їх ремонту.

Для запобігання падіння вантажу, необхідно повірити стропи, траверси, гаки кранів. При завантаженні вантажу необхідно проводити звірку ваги вантажу з номіналом підймання кранами.

Для запобігання травмування на накопичувальному майданчику, необхідно строго додержуватися правил технологічної карти розміщення вантажу на накопичувальному майданчику.

Задній хід автомобіля у зоні робіт повинен виконуватися водієм тільки за сигналом одного з працівників, зайнятих на цих роботах та з обов'язковою подачею сигналу [21]. Для підвищення ефективності безпеки при русі заднім хо-

дом автотранспортні засоби пропонується обладнати засобами контролю заднього ходу – парктроніками.

4.3 Заходи з виробничої санітарії та гігієни праці

Для попередження переохолодження робітників необхідно забезпечити їх теплим одягом. А в теплу пору від перегріву – забезпечити легким одягом та дотримання водного режиму відповідно з [24].

Щоб не допустити можливе обмороження портових докерів у зимову пору року, а влітку – перегрів впроваджується раціональний режим робочого часу (надання додаткових перерв для обігріву та відпочинку, які включені у робочий час) згідно КЗоТ.

Для забезпечення нормативного рівня освітленості на майданчику навантаження передбачено обладнання освітленості в розмірі 30 лк відповідно з [25]. Робоче освітлення розміщено на щоглах поза зоною майданчика. Для освітлення застосовуються прожектори типу ПЗС-35 з газорозрядними лампами ДРЛ-700.

При роботі кранового обладнання в кабіні кранового машиніста відчутна дія вібрації та підвищений рівень шуму. Для їх зменшення треба виконувати нормативні вимоги за [26, 27]. Кабіна крану має звукоізоляцію та обладнана матеріалами, які поглинають звук. Крісло машиніста повинно бути обладнано системою віброізоляції.

Кабіна порталного крану повинна бути захищена від перегріву, холоду та дискомфортної вологості повітря за рахунок застосування кондиціювання, опалення та обладнана засобами теплозахисту від сонячної радіації (захисні козирки, спеціальне захисне скло, жалюзі тощо).

4.4 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях

4.4.1 Заходи з пожежної безпеки

Для попередження займання ізоляції порталного крану внаслідок короткого замикання в порту розроблені інструкції про порядок роботи при обслуговуванні та експлуатації порталного крану, а також проведення інструктажу з пожежної безпеки за [28]. Електропроводка порталних кранів захищена згідно з вимогами електробезпеки за [29].

На причалі встановлено пожежний щит, який укомплектовано за вимогами [28].

Для того, щоб уникнути пожежі на вантажному автомобілі, необхідно своєчасно перевіряти справність електрообладнання, а якщо виявлені неполадки – усувати їх. Забруднений двигун треба своєчасно протирати.

Автомобілі, які перевозять металопрокат в рулонах обов'язково комплектуються вуглекислотними вогнегасниками ВВ-5.

4.4.2 Заходи з безпеки в надзвичайних ситуаціях

На цей час гарячекатані рулони транспортуються з комбінату «Запоріжсталь» в річковий порт у вертикальному положенні (встановлення «на торець»). На напівпричіп встановлюються спеціальні металеві піддони розміром 1850×2056 мм, які являють собою металеву раму по центру якої є циліндрична стійка діаметром 650 мм та висотою 500 мм. До напівпричепу кріпляться тільки піддони за допомогою дротового ув'язування. Сам рулон встановлюється на стійку і не закріплюється. При недотриманні швидкісного режиму та Правил дорожнього руху піддон може перекинутися з напівпричепу, особливо на кривих невеликих радіусів.

Для забезпечення безпечного транспортування рулонів у вертикальному положенні треба додатково застосувати кріпильні стяжні ремені з накладкою і діагональною схемою кріплення. Пластикові накладки захищають кріпильні ремені від пошкодження.

Крім того, для безпеки транспортування необхідно металопрокату необхідно наступне:

- безумовне дотримання виконання Правил дорожнього руху;
- швидкість транспортування – не більш 30 км/год.;
- в умовах недостатньої видимості перевезення не виконувати;
- під час перевезення металопрокату не буксирувати інші транспортні засоби;
- транспортний засіб в період з 1 жовтня по 1 квітня повинен комплектуватися ланцюгами протиковзання.

ВИСНОВКИ

Метою магістерської роботи було дослідження та підвищення ефективності процесу відвантаження металопрокату шляхом розробки технологічних рішень щодо зменшення тривалості простою транспортних засобів під розвантаженням в порту.

В аналітичній частині виконано аналіз технологічного процесу вантажо-переробки гарячекатаних рулонів в ЦГПТЛ та перевезення їх в річковий порт. В зв'язку з тим, що з комбінату одночасно може виїжджати до чотирьох автопоїздів в металопрокатом, а порту на причалах обробляється тільки два постійно накопичуються черг з автотранспортних засобів, які простоюють в очікуванні розвантаження.

В результаті аналізу існуючої технології вивантаження автомобільного транспорту на причалах порту було запропоновано розглянути можливість оснащення портальних кранів захватом-кантувачем та залучити додатковий фронт вивантаження.

Основна частина роботи присвячена розробці імітаційної моделі транспортно-складських процесів доставки рулонів з ЦГПТЛ до річкового порту. Для цього визначено входні параметри моделі, що представлені статичними значеннями. Для ведення змінних параметрів моделі було виконано статистичний аналіз даних підприємства інтенсивності відправлення автомобілів з ЦГПТЛ, встановлено закон розподілу випадкової величини. Розроблено діаграму процесу імітаційної моделі з анімацією всіх процесів, реалізовано збір статистики обробки заявок.

Проведено експерименти в умовах залучення додаткового вантажного фронту та використання портальних кранів, що оснащені захватом-кантувачем. На основі результатів моделювання побудовано графіки залежності тривалості обороту автомобіля від кількості відправлень. Встановлено, що при залученні третього фронту вивантаження та оснащенні кранів захватом кантувачем три-

валість обороту транспортних засобів знизиться за рахунок зменшення простоїв у черзі на 40%.

В економічній частині визначено експлуатаційні витрати на автомобільні перевезення металопрокату з підприємства в порт та на розвантаження в річковому порту. Загальний економічний ефект від впровадження пропонованих рішень складе 2376909 грн. Термін окупності додаткових вкладень на придбання захватів-кантувачів складає трохи більше одного року.

В четвертому розділі визначено потенційні небезпеки та запропоновано заходи з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Бізнес в офіційних цифрах: Економічний огляд металургійної галузі України: веб-сайт. – URL: <https://rating.zone/ekonomichnyj-ohliad-metalurhijnoi-haluzi-ukrainy/>.
2. Запорожсталь сегодня : Офіційний сайт. – URL: <https://zaporizhstal.com/ru/predpriyatie>.
3. ПАТ «Запорожский металлургический комбинат «Запорожсталь» : Цех горячей прокатки тонкого листа ЦППТЛ. – Запорожье: METINVEST HOLDING, LCC 2016-2020. Rihts Reserved. – 76 с.
4. ДСТУ 2834-94 Прокат тонколистовой из углеродистой стали качественной и обыкновенного качества общего назначения. Технические условия (ГОСТ 16523-97). – Введ. 1999-01-01. – URL: http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=51026.
5. ДСТУ 3058-95 Металлопродукція. Приймання, маркування, упаковка, транспортування і зберігання. – Введ. 1996-01-01. – URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=51188.
6. Технологическая инструкция ТИ 226-ОБЗ-12-2020 Упаковка горячекатаных листов и рулонов. Технологическая инструкция. – Запорожье : ПАО «Запорожский металлургический комбинат «Запорожсталь», 2020. – 78 с.
7. Технологическая инструкция ТИ 226-ОБЗ-20-2019 Маркировка проката с применением самоклеющихся ярлыков. – Запорожье : ПАО «Запорожский металлургический комбинат «Запорожсталь», 2019. – 21 с.
8. Технологическая карта на погрузочно-разгрузочные работы и складирование грузов кранами. – Запорожье : ПАО «Запорожский металлургический комбинат «Запорожсталь», 2020. – 121 с.
9. Вантажівки Volvo Trucks : технічні характеристики Volvo FH16. Офіційний сайт. – URL: <https://www.volvotrucks.com.ua/uk-ua/>.

10. Полуприцепы и надстройки Grunwald. Технические характеристики полуприцепов : веб-сайт. – URL: <https://grunwald.ru/>.
11. Рабочая технологическая карта № 3-1-М. Металл в рулонах и пачках. – Запорожье : Филиал АСК «Укрречфлот» «Запорожский речной порт», 2019. – 22 с.
12. Блидман А.Ф. Технология перегрузочных работ в морских и речных портах / А.Ф. Блидман. – М.: Транспорт, 1990. – 236с.
13. Лашених О. А. Імовірнісні і статистико-експериментальні методи аналізу транспортних систем: навч. посібник / О. А. Лашених, О. Ф. Кузькін, С. В. Грицай. – Запоріжжя, ЗНТУ, 2011. – 419 с.
14. AnyLogic. Моделирование для обоснованных решений : Офіційний сайт. – URL: <https://www.anylogic.ru>.
15. Лашених О. А. Методи і моделі оптимізації транспортних процесів і систем: навч. посібник / О. А. Лашених, О. Ф. Кузькін. – Запоріжжя, ЗНТУ, 2006. – 435 с.
16. Киреев В.С. Механизация и автоматизация погрузочно-разгрузочных работ / В. С. Киреев. – М. : Транспорт, 1991. – 352 с.
17. Методичні вказівки до вивчення і самостійної роботи з дисципліни «Комерційна робота на транспорті» для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 275 «Транспортні технології (за видами)» / Укл. Васильєва Л. О. – Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2020. – 54 с.
18. Боев В. Д. Компьютерное моделирование: Пособие для курсового и дипломного проектирования / В. Д. Боев, Д. И. Кирик, Р. П. Сыпченко. – СПб.: ВАС, 2011. – 348 с.
19. Методичні вказівки до економічної частини дипломного проекту для студентів денної і заочної форми навчання спеціальності 275 «Транспортні технології (за видами)» / Укл. Кузькін О.Ф., Харченко Т.В., Васильєва Л.О., Лебідь Г.О. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2021. – 34 с.

20. НПАОП 0.00-1.80-18 Правила охорони праці під час експлуатації вантажопідіймальних кранів, підіймальних пристроїв і відповідного обладнання : Офіційний сайт. – URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0244-18>.
21. НПАОП 0.00-1.75-15 Правила охорони праці під час вантажно-розвантажувальних робіт. – Введ. 2015-02-03. Офіційний сайт. – URL: <https://www.zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0124-15#Text>.
22. НПАОП 0.00-1.62-12. Правила охорони праці на автомобільному транспорті. – Введ. 2011-04-06. Офіційний сайт. – URL: https://dnaop.com/html/32-443/доп-НПАОП_0.00-1.62-12.
23. ДСТУ 7237:2011. Система стандартів безпеки праці. Електробезпека. Загальні вимоги та номенклатура видів захисту : веб-сайт. – URL: http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=30045.
24. ДСТУ 7339:2011. Системи стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація : веб-сайт. – URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=51051.
25. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення – Введ. 2019-03-01. Офіційний сайт. – URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885.
26. ДСН 3.3. 6.039-99 Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації : веб-сайт. – Введ. 1999-12-01. – URL: http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=6372.
27. ДСН 3.3. 6.037-99 Державні санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку : веб-сайт. – Введ. 1999-12-01. – URL: http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=48147.
28. НАПБ А.01-001-2014 Правила пожежної безпеки в Україні : офіційний сайт. – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0252-15#Text>.
29. ДСТУ 7237:2011 Система стандартів безпеки праці. Електробезпека. Загальні вимоги та номенклатура видів захисту. – Введ. 2011-08-01. Офіційний сайт. – URL: http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=30045.

Додаток А

Маркування гарячекатаного металопрокату

 METINVEST		ПАТ "ЗАПОРІЖСТАЛЬ" PJSC "ZAPORIZHSTAL" ЦП/ПЗЛ, 28.12.2018-09:03, ТМ55	
НАИМЕНОВАНИЕ PRODUCT	ГОРЯЧЕКАТАНЫЙ ЛИСТ HOT ROLLED STEEL SHEETS		
ПЛАВКА HEAT	728837	ПАРТИЯ LOT	210779-11
МАРКА СТАЛИ / КЛАС МІЦНОСТІ STEEL GRADE / STRENGTH CLASS	СТ3ПС / ОК360В		
РОЗМІР, ММ DIMENSIONS, MM	2.0x1250x2500		
БРУТТО, КГ GROSS, KG	6615	НЕТТО, КГ / НЕТТО 2 СОРТУ, КГ NET, KG / INCL. NET 2 GRADE, KG	6600 / 99
ВИСОТА ПАРКИ, ММ HEIGHT OF THE PACK, MM	270		
КІЛЬКІСТЬ ЛИСТІВ / КІЛЬКІСТЬ ЛИСТІВ 2 СОРТУ NUMBER OF SHEETS / NUMBER OF 2 GRADE SHEETS	133 / 2		
№ РУЛОНУ, ЛИСТА, ПАРКИ NO. ROLL, SHEET, PACKS	18 / 32		
КРАЇНА ПРИБИРАЧЕННЯ ВАНТАЖУ COUNTRY OF DESTINATION	Україна		
ДЛЯ FOR			
КОНТРАКТ CONTRACT	32040840/2/17/1		
ЗАМОВЛЕННЯ ORDER	972000-1880		
ДОП. ІНФ. ADD. INFO			

ПРОВЕРЬТЕ СЕРТИФИКАТ ПРОДУКТУ
 CHECK THE PRODUCT CERTIFICATE
 перевіряйте сертифікат



MADE IN UKRAINE

Рисунок А.1 – Зразок ярлика для листової сталі (внутрішній ринок)

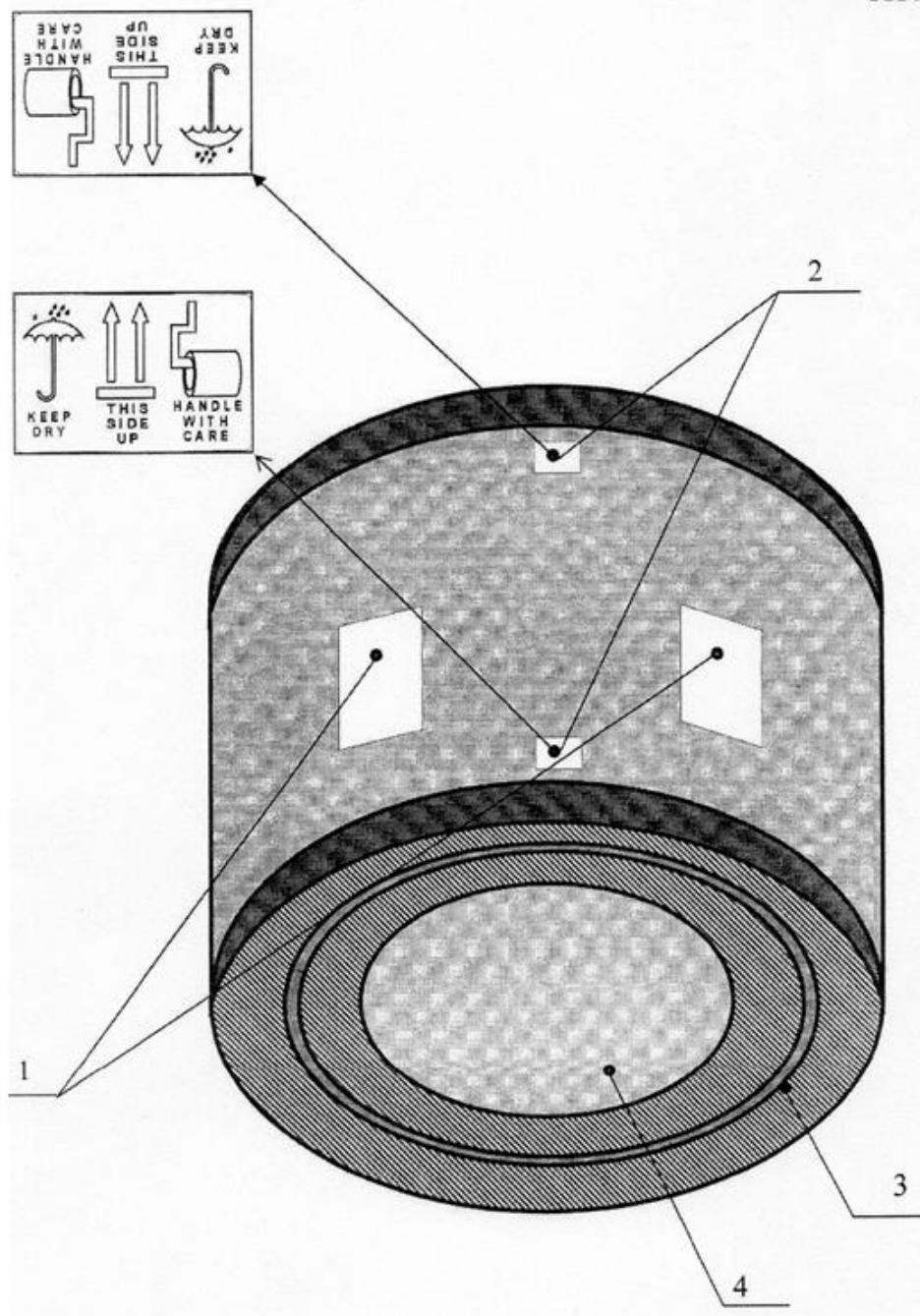
 METINVEST		ПАТ "ЗАПОРІЖСТАЛЬ" PJSC "ZAPORIZHSTAL" ЦП/ПЗЛ, 28.12.2018-09:07, ТМ55	
НАИМЕНОВАНИЕ PRODUCT	ГОРЯЧЕКАТАНЫЙ ЛИСТ HOT ROLLED STEEL SHEETS		СТАНДАРТ STANDARD
ПЛАВКА HEAT	628764	ПАРТИЯ LOT	210828-1
МАРКА СТАЛИ STEEL GRADE	S235JR+AR		
РАЗМЕР, ММ DIMENSIONS, MM	4.0x1500x3000		
БРУТТО, КГ GROSS, KG	7770	НЕТТО, КГ NET, KG	7755
ВИСОТА ПАРКИ, ММ HEIGHT OF THE PACK, MM	220		
КОЛИЧЕСТВО ЛИСТОВ NUMBER OF SHEETS	55		
№ РУЛОНА, ЛИСТА, ПАРКИ NO. ROLL, SHEET, PACKS	1 / 2		
СТРАНА НАЗНАЧЕННЯ ТРУЗУ COUNTRY OF DESTINATION	Poland		
ДЛЯ FOR	PRZETWORSTWO STALI-Bt Sp. z o.o. Sp.k.		
КОНТРАКТ CONTRACT	ВП.1323.37515.14.001		
ЗАКАЗ ORDER	800971-9423		
ДОП. ІНФ. ADD. INFO			

ПРОВЕРЬТЕ СЕРТИФИКАТ ПРОДУКТУ
 CHECK THE PRODUCT CERTIFICATE
 перевіряйте сертифікат



CE 1922 17
 1922-CP-02581
 MADE IN UKRAINE

Рисунок А.2 – Зразок ярлика для листової сталі (експорт), що поставляється за стандартом EN 10025-2:2004



- 1 – основні ярлики;
- 2 – додаткові ярлики;
- 3 – зовнішня обичайка;
- 4 – внутрішня обичайка

Рисунок А.3 – Схема розташування додаткових ярликів на рулоні (при відсутності можливості нанесення на торців диск)

Додаток Б

Вантажозахватні пристрої для вантажопереробки рулонів металопрокату

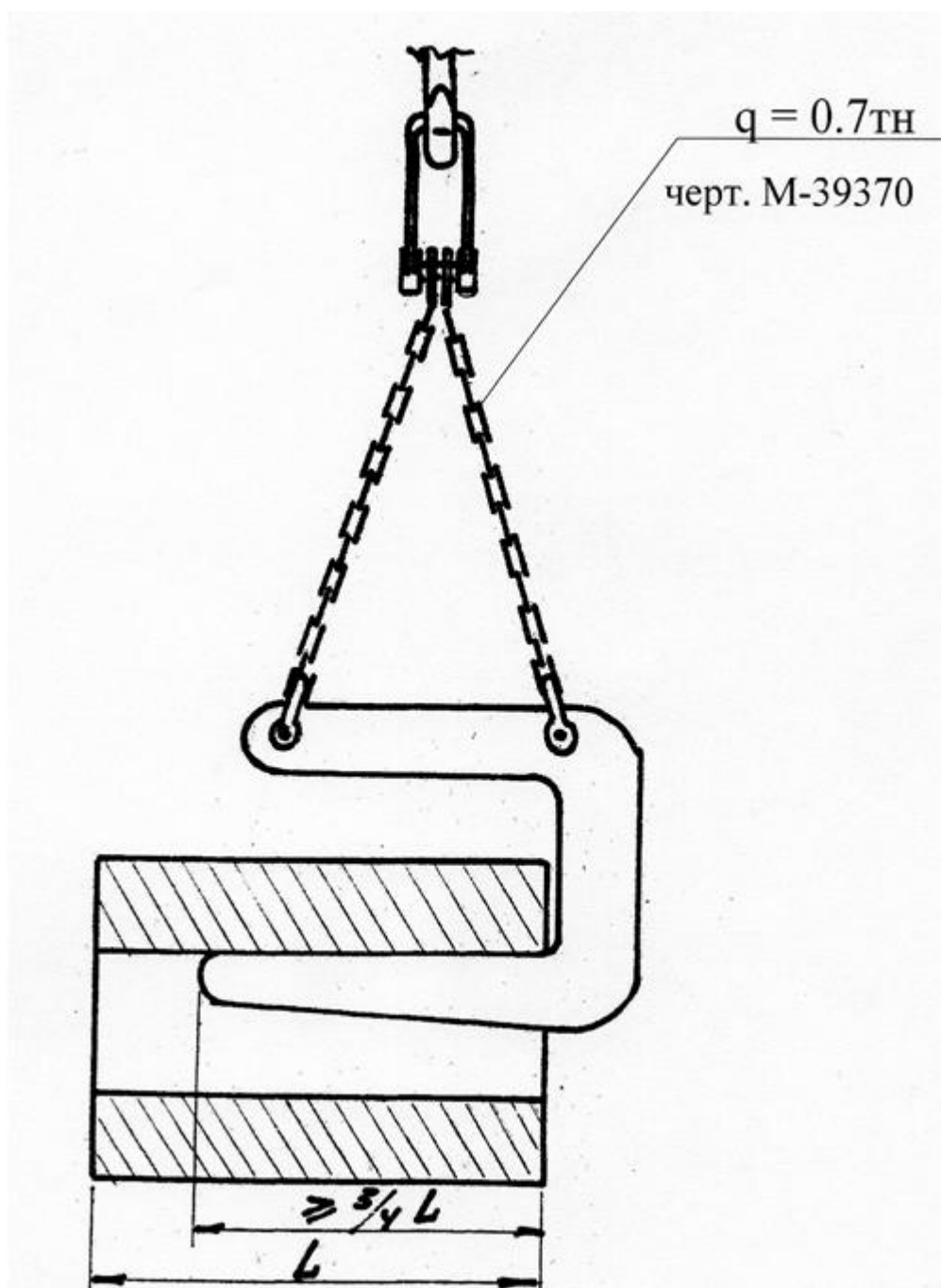


Рисунок Б.1 – Захват-скоба для підйому і переміщення рулонів сталі в горизонтальному положенні вантажопідйомністю до 8,0 т

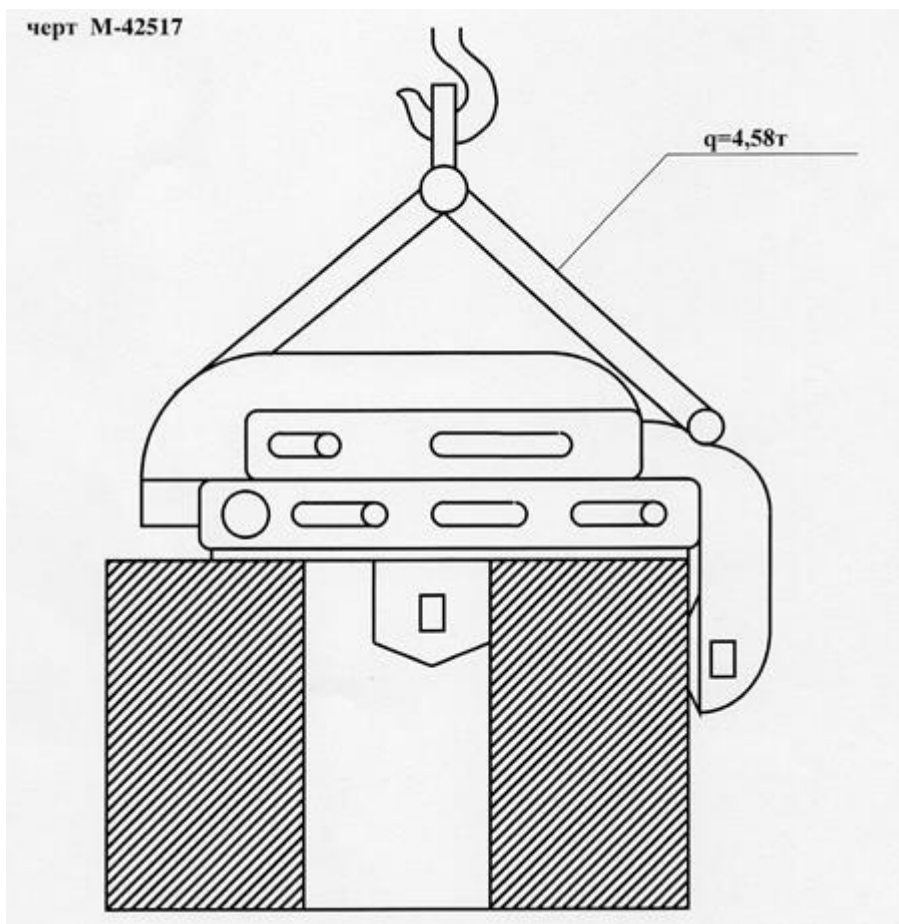


Рисунок Б.2 – Автоматичний кліщовий захват для підйому і переміщення рулонів на вертикальній осі вантажопідйомністю до 18,0 т

Додаток В

Формувальна картка на відвантаження гарячекатаного металопрокату

ГО 93 (1)
ЦГП
Сертификат №

Дубликат № 2 Тупик 20

Формировочная карта № 233-0
месяц/год 07/2021

вагон №

Грузоподъемность:

Трафарет:

Порядковый №

Контейнер:

Годность:

Лес:

Тара:

Упаковки рулонов 6/р Уп.рул.6/р 20т

Вид расчета: Отср.плат ДАТА ЦЕНЫ: Цена Заказа Бригада: 2

Грузополучатель: "МЕТИНВЕСТ ИНТЕРНЕЙШНЛ С.А."

Страна: Болгария Дорога:

Станция: ДОСТАВКА АТП (ЦЕХ, ТТН)

Конечный потребитель:

Общий вес: 8.715 тонн Количество мест: 1

Накладная № Дата отправки:

Код и наименование продукции: 98100 констр.г/к

Рынок: дальний экспорт

ЖД код:

горизонт.

КОНТРАКТ № ВП-2020/2/1

Адрес выгрузки: Запорожский речной порт, ул.Парковый Бульвар, 1-а

Инспекция МИШ

ЗАКАЗ: 2021 800981-9404 поз: 3

Бригада отгрузки:

Назначение: Экспортные рулоны без роспуска

Примечание: №7/5/148 от 21.07.2021

Упаковка 1: 550 УПАК 0.020 т

Дата и время проката: 29.06.2021 09:56:04

Маркировщик 01.07.2021 00:00 Педаченко Оформлен

1контролер ОТК 22.07.2021 00:00 Боева Т.И. Принят

Сменный мастер 30.06.2021 00:00 Михайличенко А. Сдан на склад

Старший контролер 21.07.2021 07:42 Каряка Т.Н. Годен

Учетчик отгрузки не проверен

контролер отгрузки не проверен

Была не прин.по прич: 3-3 берет рулоны от 9ти

Отпечатано: 13.08.2021 11:32 чумак д.А.

Додаток Г

Накопичення автомобілів в черзі на вивантаження у річковому порту

Таблиця Г.1 – Дані з накопичення автомобілів в черзі на розвантаження в річковому порту

День	Загальна кількість відвантажених автомобілів за місяць					
	1543 од		1417 од		1684 од	
	Кількість відвантажених АТЗ	Кількість АТЗ в черзі	Кількість відвантажених АТЗ	Кількість АТЗ в черзі	Кількість відвантажених АТЗ	Кількість АТЗ в черзі
1	37	0	45	4	1	44
2	50	3	29	1	9	61
3	62	12	56	6	16	52
4	46	10	42	3	12	48
5	44	4	44	0	39	75
6	39	0	43	3	37	48
7	56	7	38	0	33	52
8	55	10	62	12	54	66
9	54	14	56	13	78	70
10	35	3	52	21	75	48
11	38	2	51	23	63	40
12	50	4	49	21	81	68
13	44	1	41	15	76	46
14	50	8	37	4	74	45
15	67	24	48	0	70	50
16	48	18	42	3	85	61
17	69	39	45	5	84	53
18	54	43	44	2	101	62
19	56	53	51	4	102	51
20	36	40	45	5	106	58

Кінець таблиці Г.1

День	Загальна кількість відвантажених автомобілів за місяць					
	1543 од		1417 од		1684 од	
	Кількість відвантажених АТЗ	Кількість АТЗ в черзі	Кількість відвантажених АТЗ	Кількість АТЗ в черзі	Кількість відвантажених АТЗ	Кількість АТЗ в черзі
21	60	49	47	0	109	47
22	41	41	46	2	110	52
23	52	40	46	2	109	53
24	47	43	49	7	105	43
25	46	37	41	0	112	55
26	54	40	45	2	118	57
27	39	32	51	6	120	51
28	49	28	45	2	124	56
29	48	25	36	1	133	56
30	62	37	51	4	146	62
31	55	40	40	0	149	54