

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Транспортний
(повне найменування факультету)

«Транспортні технології»
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проєкту (роботи)

магістра
(ступінь вищої освіти)

на тему ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВІДВАНТА-ЖЕННЯ
ФЕРОСПЛАВНОЇ ПРОДУКЦІЇ В УМОВАХ МЕТАЛУРГІЙНОГО
ПІДПРИЄМСТВА

Виконав: студент ІІ курсу, групи Т-822м

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

Освітня програма (спеціалізація)
275.02 «Транспортні технології
(на залізничному транспорті)»

		Олег ВАСІН (прізвище та ініціали)
Керівник		Олена ОСТРОГЛЯД (прізвище та ініціали)
Рецензент		Андрій ЩЕРБИНА (прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Факультет _____ Транспортний
Кафедра _____ «Транспортні технології»
Ступінь вищої освіти _____ магістр
Спеціальність _____ 275 «Транспортні технології (за видами)»
(код і найменування)
Освітня програма (спеціалізація) 275.02 «Транспортні технології (на
залізничному транспорті)»
(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

«Транспортні технології»

Сергій ТУРПАК

«01» листопада 2023 року

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

ВАСІНА Олега Вікторовича

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Підвищення ефективності відвантаження феросплавної продукції в умовах металургійного підприємства

керівник проєкту (роботи) ОСТРОГЛЯД Олена Олександрівна,

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «21» листопада 2023 року №450

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 15 грудня 2023 р.

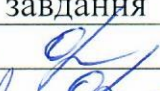
3. Вихідні дані до проєкту (роботи) обсяги вантажопотоків та вагонопотоків феросплавної продукції, існуюча технологія відвантаження продукції, схема колійного розвитку підприємства, характеристика вантажних фронтів підприємства

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналітична частина, 2. Основна частина, 2.1 Аналіз даних підприємства щодо місячних обсягів відправлень готової продукції, 2.2 Розробка імітаційної моделі відвантаження готової продукції, 2.3 Проведення експериментів і результати моделювання, 3 Економічна частина, 4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

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

Презентація магістерської роботи

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1	ОСТРОГЛЯД О.О., доцент		
2	ОСТРОГЛЯД О.О., доцент		
3	ХАРЧЕНКО Т.В., старш. викл.		
4	ЛАЗУТКІН М.І., доцент		

7. Дата видачі завдання «01» листопада 2023 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Аналітична частина	30.10.2023-06.11.2023	
2	Основна частина	07.11.2023-20.11.2023	
3	Економічна частина	21.11.2023-27.11.2023	
4	Охорона праці	28.11.2023-01.12.2023	
5	Оформлення МР, перевірка МР на плагіат, отримання зовнішніх рецензій, захист магістерських робіт	01.12.2023-25.01.2024	

Студент(ка)


(підпис)

Олег ВАСІН
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Керівник проєкту (роботи)


(підпис)

Олена ОСТРОГЛЯД
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 77 с., 8 табл., 36 рис., 3 дод., 12 джерел.

ФЕРОСПЛАВНА ПРОДУКЦІЯ, ФЕРОМАРГАНЕЦЬ, НАПІВВАГОН, ЛОКОМОТИВ, ТРАНСПОРТНО-СКЛАДСЬКІ ПРОЦЕСИ, СКЛАД ГОТОВОЇ ПРОДУКЦІЇ, ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ, КОНТЕЙНЕРНА ДІЛЯНКА.

Об'єкт дослідження – технологічний процес відвантаження феросплавної продукції АТ «ЗФЗ».

Мета роботи – удосконалення процес відвантаження феросплавної продукції АТ «ЗФЗ» шляхом визначення його оптимальних параметрів за допомогою імітаційного моделювання.

Методи дослідження – аналітичний, графічний, статистичний аналіз, метод імітаційного моделювання.

В магістерській роботі проведено аналіз існуючої моделі процесу відвантаження феросплавної продукції на підприємстві АТ «ЗФЗ». Визначені основні фронти, на яких відвантажуються готова продукція, проаналізовано місячні обсяги відправлень.

Розроблено імітаційну модель з детальним відтворенням процесів відвантаження продукції. Проведено ряд експериментів в умовах варіювання змінних параметрів – кількості використовуваних локомотивів та розміру партій відправки. Згідно отриманих результатів та економічних розрахунків визначено оптимальні значення наведених параметрів.

ЗМІСТ

	с.
Завдання на проєкт.....	2
Реферат.....	4
Зміст.....	5
Вступ.....	7
1 Аналітична частина.....	8
1.1 Характеристика підприємства АТ «Запорізький завод фероспла- ла- вів».....	8
1.2 Особливості транспортування феросплавної продукції.....	9
1.3 Характеристика вантажопотоків та вагонообороту АТ «ЗФЗ»....	16
1.4 Транспортно-технологічний процес відправки продукції на ст. Південна.....	19
1.5 Характеристика основних фронтів відвантаження продукції.....	22
1.6 Постановка завдань та обґрунтування необхідності досліджен- ня.....	28
2 Основна частина.....	29
2.1 Аналіз даних підприємства щодо місячних обсягів відправлень готової продукції.....	29
2.2 Розробка імітаційної моделі відвантаження готової продукції....	31
2.2.1 Створення анімації.....	31
2.2.2 Побудова діаграми процесів моделі.....	34
2.2.3 Реалізація збору статистичних даних.....	50
2.3 Проведення експериментів і результати моделювання.....	51
3 Економічна частина.....	54
3.1 Визначення вартості відправки феросплавної продукції.....	54
3.2 Аналіз отриманих результатів та визначення економічного ефек- ту.....	59

4	Охорона праці і безпека в надзвичайних ситуаціях.....	62
4.1	Аналіз потенційних небезпек.....	62
4.2	Заходи з пожежної безпеки.....	63
	Висновки.....	64
	Перелік джерел посилань.....	66
	Додаток А Аналіз додаткових потенційних небезпек.....	68
	Додаток Б Заходи по забезпеченню безпеки.....	69
	Додаток В Заходи з виробничої санітарії та гігієни праці.....	70

ВСТУП

В сучасних умовах розвитку металургійної промисловості, питання оптимізації виробничих процесів та підвищення ефективності відвантаження феросплавної продукції набуває особливого значення. Металургійні підприємства стикаються з високими вимогами до точності та швидкості відвантаження, щоб забезпечити безперебійну подачу важливих компонентів у виробничі лінії. Застосування ефективних стратегій та сучасних технологій у цьому процесі може значно підвищити продуктивність, знизити витрати та забезпечити стабільність виробничих потоків.

Транспортування феросплавів є важливим етапом в життєвому циклі цих металургійних матеріалів, визначаючи ефективність, безпеку та якість їхнього постачання на ринок. Феросплави, такі як феросилікомарганець, феросиліцій, та інші, відіграють ключову роль у виробництві сталі та інших металевих сплавів, тому процес їхнього транспортування потребує ретельного планування та впровадження високих стандартів безпеки та якості.

Детальне вивчення особливостей транспортування феросплавів, включаючи вибір транспортних засобів, упаковку, маркування та умови зберігання, стає невід'ємною частиною виробничого процесу. Це важливо не лише для забезпечення ефективного переміщення продукції від виробника до споживача, але й для збереження її якості та виконання високих стандартів безпеки на всіх етапах логістичного ланцюга.

У даному дослідженні буде розглянуто ключові аспекти відвантаження феросплавів на металургійному підприємстві та визначено шляхи оптимізації цього етапу виробничого процесу. Буде висвітлено можливості для підвищення продуктивності та забезпечення стабільної поставки феросплавів, що має важливе значення для конкурентоспроможності підприємства на ринку.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Характеристика підприємства АТ «Запорізький завод феросплавів»

Запорізький завод феросплавів (ЗФЗ) - один із трьох виробників феросплавів в Україні. Виробляє марганцеві та кремнієві, які використовуються в металургійній промисловості для розкислення і легування сталі, сплавів, чавуну [1].

Основною продукцією підприємства є різні види феросплавів, таких як феросилікомарганець, феросиліцій, феромарганець, марганець металевий, з різним вмістом фосфору та інших елементів, що відповідають вимогам замовників. Крім цього, завод виробляє металургійне вапно, а також реалізує продукцію, отриману з відходів виробництва, таку як щебінь, який застосовується переважно в будівництві.

Завод представлений чотирма основними технологічними цехами, що включають у себе 29 електродугових печей загальною встановленою потужністю 450,7 МВА [1]. Річна виробнича здатність заводу становить 520 тис. тонн феросплавів, з яких близько 85% припадає на марганцеві сплави та 15% - на кремнієві сплави.

Різні методи розливання гарантують рівномірний розподіл хімічних елементів у формованих виробках, а системи дроблення та сортування дозволяють виготовляти продукцію різних фракцій за індивідуальними замовленнями споживачів, з можливістю поставки в м'яких контейнерах типу "БІГ-БЕГ".

Завод є високоекологічним виробництвом у сфері металургії, оскільки всі електропечі обладнані системами очищення газів, які забезпечують збір газів і пилу на рівні не менше 99,9%. На заводі діє ділянка грудкування пилу власного виробництва. Частково феросплавний газ використовується замість природного газу для виробництва вапна, суші технологічного посуду і для

тепло-водопостачання.

Функціонують замкнуті цикли обігу технічної води. Забезпечення сталого рівня технологічних процесів і високої якості продукції досягається за допомогою точного вимірювального, контрольованого та інформаційного обладнання, керованого висококваліфікованим досвідченим персоналом.

Продукція Запорізького заводу феросплавів має велику популярність серед вітчизняних та іноземних споживачів. Основні споживачі - українські металургійні комбінати, а також країни експорту, такі як Туреччина, країни Європейського Союзу, Білорусь, Казахстан, Єгипет, Японія та Південна Корея.

1.2 Особливості транспортування феросплавної продукції

Транспортування феросплавів, таких як феросиліцій, феромарганець або інші сплави заліза з легуючими елементами, включає деякі особливості та вимоги.

Феросплави з розміром шматків менше 5 мм можуть бути упаковані в сталеві барабани або спеціалізовані контейнери, тоді як феросплави з розміром шматків понад 5 мм можуть бути поміщені в сталеві барабани, дерев'яні ящики або спеціалізовані контейнери [2]. Необов'язково упаковувати феросплави з розміром шматків понад 5 мм. Для феросплавів, що призначені для експорту, слід проводити упаковку згідно з вимогами замовлення-наряду відповідно до зовнішньоторговельного об'єднання.

Феросплави, призначені для тривалого зберігання, повинні бути належним чином упаковані, при цьому тара в кожній партії повинна мати однаковий типорозмір, а маса нетто всіх вантажних місць повинна бути однаковою. Застосування вжитої тари, такої як сталеві барабани та дерев'яні ящики, допускається відповідно до нормативно-технічної документації.

Маркування феросплавів повинно включати транспортне маркування, знаки небезпеки і маркування, що відображає характеристики продукції. У нормативно-технічній документації для конкретного типу феросплавів передбачено застосування відповідного маніпуляційного знаку.

Знаки небезпеки для упакованих феросплавів розміром шматків менше 5 мм, таких як силікокальцій марок СК25 та СК30 будь-якого розміру, визначаються згідно з класифікаційною групою 4353 для феросиліцію (з вмістом від 30% до 90% кремнію), групою 4313 для феромарганцю та групою 4313 для силікокальцію.

У випадку транспортування феросплавів навалом у відкритих транспортних засобах, маса вказується в тоннах, і номер вантажного місця не вказується. Маркування наноситься на ярлик, який може бути виготовлений із щільного паперу, картону, фанери або корозійно-стійкого металу. На металевому ярлику хімічний склад партії не зазначається. У випадку транспортування феросплавів у відкритих залізничних вагонах забороняється використовувати ярлики зі щільного паперу. Маркування розміщується на корпусі або кришці барабана або на бічній або торцевій стінці ящика, яка не містить маркування, що вказує на характеристики тари. Для феросплавів, призначених для тривалого зберігання, маркування розміщується на кришці барабана або торцевій стінці ящика.

Транспортування феросплавів навалом, включаючи транспортування в спеціалізованих контейнерах, проводять відкритими транспортними засобами [3]. На вимогу замовника контейнери з феросплавами перевозяться в критих транспортних засобах. Феросплави, які упаковані в дерев'яні ящики і сталеві барабани, транспортуються критими транспортними засобами.

Під час перевезення залізничним транспортом в повагонних відправленнях дерев'яні ящики і сталеві барабани з феросплавами масою брутто до 250 кг повинні бути складані на плоских піддонах у транспортні пакети.

Щодо зберігання, запаковані феросплави розміщують у закритих приміщеннях у вигляді штабелів, розділених за видами сплавів, марками, класами.

ми крупності та роками виробництва відповідно до нормативно-технічної документації для конкретного виду феросплаву.

Феросплави, які транспортуються навалом, включаючи перевезення в спеціалізованих контейнерах, зберігаються на майданчиках під навалом або в закритих приміщеннях у вигляді штабелів, засіків або бункерів за видами сплавів, марками і роками виробництва згідно з відповідною нормативно-технічною документацією для конкретного виду феросплаву. Дозволяється зберігання високовуглецевого феромарганцю марок ФМн75 і ФМн70 на відкритих майданчиках протягом 10 років.

Приміщення для зберігання можуть мати будь-яку конструкцію з бетонними або асфальтобетонними підлогами і природною вентиляцією.

Марганець металевий. Марганець азотований. Марганець, залежно від способу отримання, поділяють на металевий марганець і марганець азотований. До 90% виробленого марганцю використовується в металургії: як розкислювач сталей, десульфуратор чавуну і сталей, як легуючий елемент, що різко підвищує характеристики міцності і зносостійкість сталей. Багато сплавів кольорових металів на основі міді, алюмінію і цинку легують марганцем. Азотований марганець широко застосовується при виплавці високоміцних низьколегованих сталей (HSLA). Додаток до низьколегованої марганцевистої сталі марганцю в поєднанні з азотом різко збільшує холодостійкість сталі, забезпечуючи ударну в'язкість не менше ніж 0,25 МДж/м² за температури -60°C.



Рисунок 1.1 - Марганець металевий

Марки металевого марганцю позначаються буквами Мн, з подальшими цифрами, що відображають вміст марганцю в сплаві; марки азотованого марганцю позначаються буквами Мн, з подальшими цифрами, що відображають вміст марганцю в сплаві, після чого йде буква Н і цифра, що відображає мінімально допустимий вміст азоту в даній марці. Наприклад, азотований марганець з масовою часткою марганцю 87%, з вмістом азоту не менше 6,0%, позначається таким чином Мн87Н6.

Металевий і азотований марганець виготовляють:

Марок Мн998 і Мн997 - у вигляді шматків (пластинок) катодного осаду однієї марки. Кількість дріб'язку, що проходить через сито з розмірами комірок 2 x 2 мм, не повинна перевищувати 5% маси партії.

Марок Мн965 і Мн95 - у шматках вагою не більше 15 кг. Кількість шматків вагою понад 15 кг не має перевищувати 3% ваги партії. Кількість, що проходить через сито з розмірами комірок 10 x 10 мм, не повинна перевищувати 10% ваги партії.

Марки Мн92Н6 - у шматках або спеках катодного осаду вагою не більше 15 кг. Кількість дріб'язку, що проходить через сито з розмірами комірок 5 x 5 мм, не повинна перевищувати 10% маси партії.

Марок Мн87Н6, Мн89Н4 і Мн91Н2 - у шматках вагою не більше 15 кг. Кількість, що проходить через сито з розмірами комірок 10 x 10 мм, не повинна перевищувати 20% ваги партії.

Феросиліцій (FeSi) - це сплав заліза (Fe) та кремнію (Si), іноді з додаванням інших елементів, таких як марганець (Mn), алюміній (Al) та кальцій (Ca). Зазвичай феросиліцій містить від 15% до 90% кремнію та від 2% до 10% заліза, але може містити інші елементи в залежності від конкретного застосування.

Феросиліцій має кристалічну структуру, але точні характеристики можуть варіювати залежно від процесу виробництва та вмісту домішок. Феросиліцій стійкий до впливу високих температур, що робить його корисним у

металургійних процесах. Додавання феросиліцію до сталі може поліпшити її зміцнювальні властивості та міцність. Масова густина феросиліцію зазвичай лежить в межах від 2.0 до 7.0 г/см³, залежно від конкретного складу сплаву. Твердість феросиліцію також може варіювати відносно його складу та виробничого процесу.



Рисунок 1.2 - Феросиліцій

Пакування, маркування, транспортування і зберігання. Феросиліцій усіх марок з розміром часток менше 3,2 мм, упакований у сталеві барабани і у дерев'яні ящики, транспортують критим рухомим складом. Феросиліцій, у тому числі гранульований, з масовою часткою кремнію не більше 50 %; упакований у спеціалізовані (жорсткі або м'які) контейнери, виготовлені за нормативно-технічними документами, транспортують відкритим рухомим складом. Феросиліцій у чушках масою не більш як 45 кг, у шматках масою не більш як 25 кг, подрібнений за класами крупності з розмірами частинок від 10 до 315 мм транспортують навалом відкритим рухомим складом і (або) в універсальних контейнерах з водонепроникними завантажувальними отворами. Барабани з Феросиліцієм, призначеним для тривалого зберігання, повинні бути пофарбовані у чорний колір.

Феромарганець - сплав, що містить залізо і до 85 % марганцю. Додавання марганцю підвищує твердість сталі, її антикорозійні властивості та стійкість до розриву. Феромарганець широко застосовується для легування сталі та її розкислення, а також для обмазки зварювальних електродів.

Феромарганець поділяють на такі групи:

- низьковуглецевий - із вмістом 85% марганцю і $\leq 0,5\%$ С вуглецю;
- середньовуглецевий - із вмістом 75-8% марганцю і 2 % вуглецю;
- високовуглецевий - із вмістом 70-78,8% марганцю і $< 7\%$ вуглецю.

Феромарганець використовується як легуючий елемент у виробництві сталі, де він додає марганець для поліпшення міцності та інших механічних властивостей сталі. Має високу температуру плавлення, що робить його ефективним для введення в сталевий розплав. Виробляється в плавильних печах шляхом змішування руди марганцю та заліза.

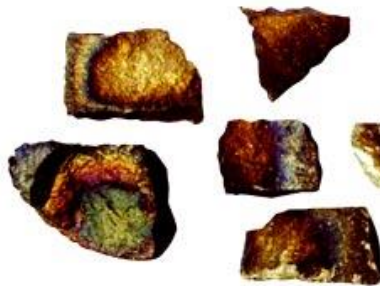


Рисунок 1.3 - Феромарганець

Феромарганець може транспортуватися у формі блоків, гранул або порошку. Упаковка повинна бути міцною та стійкою до впливу навколишнього середовища. Персонал, що працює з феромарганцем, повинен дотримуватися високих стандартів безпеки, оскільки марганець може бути токсичним при вдиханні чи контакті з шкірою.

Феромарганець повинен зберігатися в сухому місці, щоб уникнути його окислення та руйнування. Необхідно уникати екстремальних температур, оскільки це може вплинути на властивості феромарганцю та призвести до його неконтрольованого окислення.

Феросилікомарганець (FeSiMn) - це сплав, що складається з заліза (Fe), кремнію (Si) та марганцю (Mn). Цей сплав використовується в металургії, зокрема в процесах виробництва сталі, для введення необхідних елементів у витоплювану сталеву розплав.



Рисунок 1.4 - Феросилікомарганець

Додавання феросилікомарганцю дозволяє зміцнити сталь та поліпшити її механічні властивості, такі як міцність та твердість.

Феросилікомарганець також використовується для десульфурації сталі, тобто видалення сірки з металу, що може покращити характеристики сталі.

У випадках, коли необхідно підвищити мастильні властивості сталі, додавання феросилікомарганцю може бути корисним.

Додавання марганцю та кремнію дозволяє регулювати хімічний склад сталі, що є важливим для отримання необхідних властивостей.

Виробництво феросилікомарганцю включає технологічний процес сплавлення в печі, де сировинні матеріали, такі як руди марганцю та кремнію, додаються до витоплюваного заліза. Результатом є сплав із заданим хімічним складом, який може бути введений у виробництво сталі для поліпшення її властивостей.

Феросилікомарганець часто транспортується у великих кількостях, і для цього можуть використовуватися великі контейнери. Упаковка повинна бути достатньо міцною та стійкою до впливу навколишнього середовища.

Феросилікомарганець може бути чутливим до вологості та інших агресивних середовищ. Важливо забезпечити умови транспортування, які не сприяють окисленню чи іншим негативним впливам.

Транспортування феросилікомарганцю може вимагати дотримання високих стандартів безпеки через його хімічні властивості. Персонал, що працює з цим матеріалом, повинен мати відповідну підготовку та використовувати необхідне захисне обладнання.

При завантаженні та розвантаженні важливо дотримуватися правил безпеки, оскільки феросилікомарганець може бути важким матеріалом, який потребує спеціального устаткування.

1.3 Характеристика вантажопотоків та вагонообороту АТ «ЗФЗ»

Щодо вантажопотоку готової продукції, його основу складають феросплави (феросиліцій, феромарганець, феросилікомарганець, марганець металевий, марганець азотований). Окрім цього відвантажується металургійне вапно та щебінь, що використовується у будівництві.

Для відправок використовується такий рухомий склад як криті вагони, напіввагони та платформи.

На рис. 1. _ відображені річні обсяги відправок основної продукції у вагонах.

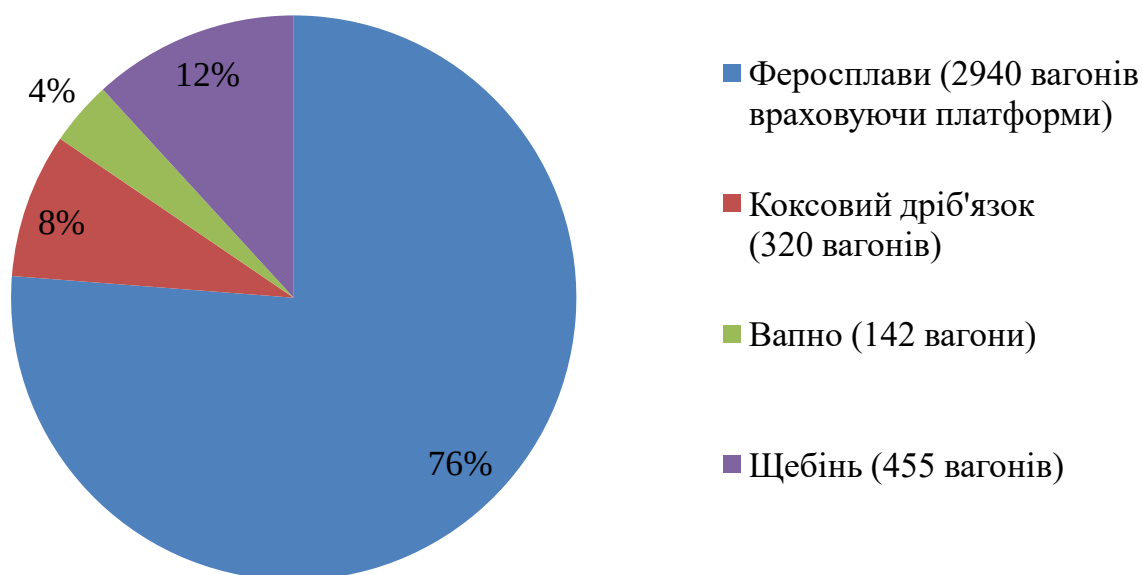


Рисунок 1.5 - Річні вагонопотоки готової продукції АТ «ЗФЗ»

У таблиці 1.1 наведені місячні обсяги відправлень готової продукції.

Таблиця 1.1 – Дані щодо обсягів відправлень готової продукції (за місяць)

Найменування	Од.	Всього, т	Середня вантажопідйомність	Кількість вагонів
Феросплави	т	9896	67,00	148
Феросплави в контейнерах б/п	т	945	17,80	54
Феросплави в контейнерах платні		2409	21,80	111
Феросплави на Запоріжсталь	т	1509	62,00	25
Вапно	т	1334	68,80	20
Щебінь з ДВВ (МП ЗКХЗ)		0	62,00	0
Щебінь з ДВВ	т	3500	68,10	52
Щебінь із ЦПШ		2000	65,20	31
Коксовий дріб'язок	т	1076	57,80	19
Металобрухт і різне	т	135	44,20	4
Разом за готовою продукцією	т	22804		464

Для відвантаження готової продукції на підприємстві використовується рухомий склад:

- вагони, що подаються на підприємство порожніми, безпосередньо під навантаження,
- вагони, в яких надійшла сировина на підприємство.

У випадку використання другого варіанту рухомого складу, слід врахувати вантажопотоки сировини та тривалість її вивантаження. У табл. 1.2 наведені місячні обсяги надходжень сировини на АТ «ЗФЗ».

Таблиця 1.2 – Дані щодо обсягів надходження сировини (за місяць)

Найменування	Од.	Всього, т	Середня ван- тажопідйом- ність	Кількість вагонів
Кокс у вагонах "УЗ", КУ, КД	т	16385	45,30	362
Торфобрикети	т	140	55,10	3
Кварцит ТК, КМ	т	14300	68,30	210
Кварцит СКМ-97	т	350	70,00	5
Стружка сталь Стружка сталева	т	3965	63,70	63
Руда марганцева 1 сорт	т	8700	69,00	127
Руда марганцева 1Б сорт	т	4000	69,00	58
Руда. W4L 40 ПАР	т	1000	69,00	15
Руда (Австралія) HF 46%	т	3800	68,80	56
Агломерат	т	16400	69,00	238
Руда залізна	т	140	68,20	3
Електродна маса Укрграфіт	т	1200	60,00	20
Електроди	т	108	31,00	4
Вапняк	т	5000	67,90	74
Периклазова цегла	т	133	63,00	3
Тріска у вагонах УЗ	т	1674	35,00	48
Пісок	т	140	70,00	2
Вугілля кам'яне, антрацит	т	1830	69,00	27
Глина	т	70	70,00	1
Металопрокат	т	396	67,40	6
Тріска Запоріжсталь	т	546	21,00	26
Кокс КХЗ		1928	30,00	65
Разом за надходженням сировини	т	82205		1416

У табл. 1.3 наведено вантажообіг вагонів різного типу які надходили на підприємство як в завантаженому так і в порожньому стані, враховуючи платформи для контейнерів.

Таблиця 1.3 - Місячний вагонооборот на АТ «ЗФЗ»

Стан РС	Надходження на завод		Відправлення з заводу	
	порожні	наванта- жені	порожні	наванта- жені
Із сировиною	0	1334	1176	158
Цільовий порожняк під навантаження	60	0	10	50
Цільовий порожняк під навантаження (безкоштовні)	40	0	0	66
Криті супровід	25	0	25	0
Всього вагони	125	1334	1211	274
Платформи (для контейнерів)	83	34	83	34

1.4 Транспортно-технологічний процес відправки продукції на ст. Південна

Процедура експлуатації зовнішніх під'їзних залізничних колій АТ «Запорізький завод феросплавів» на станції Південна визначається наступними документами:

- угодою про експлуатацію під'їзних залізничних колій між АТ «Запорізький завод феросплавів» та ДП "Придніпровська залізниця";
- технічно-розпорядчим актом станції Південна та станції Виставочна;

- інструкцією щодо порядку обслуговування та організації руху на під'їзних залізничних коліях АТ «ЗФЗ», які прилягають до станцій Південна та Виставочна ПРАТ «ЗКХЗ».

Подавання та забирання вагонів на та зі станції Південна здійснюється за допомогою маневрового порядку на колії №5, після попередньої узгодження між черговим по станціям Заводська та Південна за допомогою телефонного зв'язку [4].

Зазвичай, приймання та відправлення потягів на станції Заводська здійснюються з колій №№ 1, 2. У виняткових випадках можливе приймання та відправлення локомотива або групи вагонів з колій №№ 3, 4, 4-а, 5, 6, 11. В таких ситуаціях ДСП чи начальник зміни перевіряє вірність підготовленого маршруту.

Максимальна швидкість руху на ділянці станції Південна ПРАТ «ЗКХЗ» - станції Заводська АТ «ЗФЗ» не повинна перевищувати 15 км/год [4].

При відправці потягу прийомоздавальник вантажу та багажу станції Заводська складає "Здавальну відомість" у двох екземплярах.

Якщо під час приймання потяга представником станції Південна виявляються технічні проблеми з вагонами, їх комплектацією, то на підставі цих виявлених недоліків робітник станції Південна може відмовитися приймати окремі вагони чи весь потяг. Складач потягів (помічник машиніста – складач) чи оглядач вагонів АТ «ЗФЗ» негайно спілкуються через тепловозну радіостанцію (чи за телефоном станції Південна) з начальником зміни (черговим) по станції Заводська для ухвалення оперативних рішень. Якщо не досягнуто згоди, локомотиво-складацька бригада може виключити ці вагони з потягу за рішенням чергового станції Південна, щоб вони були відправлені на АТ «ЗФЗ».

Порядок приймання вагонів на станції Південна включає в себе організацію відправки тепловозу разом із локомотиво-складацькою бригадою та оглядачем вагонів у випадку прибуття потягу із станції Запоріжжя-Ліве на

адресу АТ "ЗФЗ" відповідно до інформації, отриманої від чергового по станції Південна.

Перед виїздом локомотивно-складацької бригади та оглядача вагонів на станції Південна, начальник зміни повинен за допомогою радіостанції повідомити їм про кількість вагонів у представленому потязі та його розташування на колії.

Рух потягів між станціями Заводська та Південна здійснюється за допомогою телефонного зв'язку, з виданням письмового дозволу машиністу локомотива для пересування по ділянці та подання попередження. У випадку відсутності зв'язку всі операції приймання-відправлення потягів проводяться відповідно до "Інструкції руху потягів".

Приймання потягів на станції Південна здійснюється за сигналом вхідного світлофору Ч-6, що дозволяє рухатися по коліях №№ 1, 2, 5. Особлива увага приділяється руху автомобільного транспорту у районі переїзду стрілочного поста №1 станції Заводська ПРАТ «ЗКХЗ» (потрібно зупинитися перед переїздом при русі резервом або потягом).

За вказівкою чергового по станції Південна можна виставляти вагони на колії №№ 4, 5а, 6, але заборонено робити це на колії №7 (ваги) [4].

Рух вагонами вперед по ділянці станції Південна ПРАТ «ЗКХЗ» - станції Заводська АТ «ЗФЗ» заборонено. Відправлення потягів із станції Південна на станцію Заводська АТ «ЗФЗ» можливе лише після отримання дозволу, заповнення п.2 колій №№ 1, 2, 5 за сигналом чергового стрілочного поста №2 та сигналом вхідного світлофору Н.Ф., що дозволяє рухатися (по непарних коліях на АТ «ЗФЗ»).

Перед відправленням із станції Південна на станцію Заводська АТ «ЗФЗ» проводиться повне випробування автогальму за участю складача потягів чи помічника машиніста тепловозу - складача ПРАТ «ЗКХЗ», з видачею машиністу тепловозу довідки ВУ-45 із печаткою станції Південна ПРАТ «ЗКХЗ».

Виконання інших маневрових робіт, не пов'язаних із потягами чи окремими вагонами АТ «ЗФЗ», є забороненим.

1.5 Характеристика основних фронтів відвантаження продукції

Основні обсяги феросплавної продукції відвантажуються зі складів готової продукції №1-4.

Склад готової продукції цеху №1. Навантаження вагонів здійснюється із бункерів через течку при локомотиві. Навантаження вагонів (вивантаження металу з платформ) здійснюється мостовим краном коробами, місткість коробка 5-6 тонн.

Склад готової продукції цеху №2. Навантаження здійснюється із коробів (місткість коробка 5 – 6 тонн).

Склад готової продукції цеху №3. Навантаження здійснюється з коробів (місткість коробка 5 – 6 тонн).

Склад готової продукції цеху №4. Навантаження вагонів здійснюється з бункерів за допомогою лебідки. Навантаження здійснюється мостовим краном з коробів (місткість коробка 5 – 6 тн і 10тн). Навантаження металобрухту (вид – 506) і маркування здійснюється в СГП.

Відділення вапна цеху №3. Навантаження здійснюється при локомотиві. Дозування вапна здійснюється по колії №25.

Склад металопрокату (контейнерна дільниця). Здійснюється вивантаження металопрокату з напіввагонів і навантаження на платформи МП для цехів заводу. Здійснюється вивантаження порожніх контейнерів з фітінгів х платформ, тарування, зважування завантажених контейнерів і постановка їх на фітінгові платформи.

Технічна характеристика фронтів та механізмів наведена в табл. 1.4 [5].

Таблиця 1.4 – Відомість основних вантажних фронтів та пристроїв

№ ко- лій	Вантаж, що переробляється/ середнє завантаження вагону	Розмір фронту / ваг.		Вантажні механізми, що використовуються	Тривалість вантажних операцій
		Одночасного навантаження	Максимальної подачі,		
1	2	3	4	5	6
Склад готової продукції цеху №1					
13	Феросплави навалом або у біг-беги /напіввагони/66-69тн	1	4	Навантажувальні бункери – 8од. місткістю по 70тн. Мостовий кран в/п 10тн. (крюковий) – 2 од. (1-й кран працює на навантаженні вагонів, 2-й - на технології).	1,08
Склад готової продукції цеху №2					
47	Феросплави навалом або у біг-беги /напіввагони/ 60-69тн	1	2	Мостовий кран в/п 10тн. (крюковий) – 2 од. (1-й кран працює на навантаженні вагонів, 2-й - на технології).	1,15
Склад готової продукції цеху №3					
23	Феросплави навалом або у біг-беги /напіввагони/ 60-69тн /	1	2	Мостовий кран в/п 10тн. (крюковий) – 2 од. (1-й кран працює на навантаженні вагонів, 2-й - на технології)/	1,15

Кінець таблиці 1.4

1	2	3	4	5	6
Склад готової продукції цеху №4					
32	Феросплави навалом або у біг-беги, металобрухт /напіввагони/ 60-69тн	1	4	Навантажувальні бункери – 6 од. (по 4 течки в кожному бункері) місткістю по 70тн. Мостовий кран в/п 15 тн. (крюковий), 2 од. (1 – працює на навантаженні вагонів, 1 - на технології)	1,15
Склад металопрокату (контейнерна дільниця)					
15	Контейнери з феросплавами (18-25тн) /фітінгові платформи/ 50 -70тн металопрокат (МП) /платформи/60-69тн	1	3	Двоконсольний козловий кран (крюковий) в/п 25т. – 1од.	0,29 1,15
Відділення вапна цеху №3					
24	Вапно /напіввагони/ 60-68тн	2	2	Бункери (14 течек на дві сторони). Відкриття течек здійснюється по черзі	Згідно Правил перевезення вантажів

На фронтах використовуються наступні вантажо-розвантажувальні пристрої [5].

1-й грейферний кран використовується для навантаження коксового дріб'язку (фронт – 1 вагон, 14м) у вагони «Укрзалізниці».

2-й грейферний кран використовується на технології по навантаженню кварциту (фронт – 2 вагони, 28м), коксу (фронт – 1 вагон, 14м) та марганцевої руди (фронт – 2 вагони, 28м) у власні вагони та завантаження бункерів коксом.

2-й грейферний кран використовується на технології по навантаженню агломерату (фронт – 2 вагони, 28м), марганцевої руди (фронт – 4 вагони, 56м) та електродної маси (фронт – 1 вагон, 14м) у власні вагони.

Мостовий кран використовується для навантаження металобрухту у напіввагони (фронт – 1 вагон, 14м).

Колія №13 - склад готової продукції цеху №1 має вісім навантажувальних бункерів місткістю по 70т та два мостових крана в/п 10т (гак).

Навантаження вагонів феросплавом чи біг-бегами виконується з бункерів та мостовим краном (фронт – 2 вагони, 28м).

2-й мостовий кран використовується на технології по вивантаженню феросплавів з платформ коробами місткістю 5-6т (фронт – 2 вагони, 28м).

Колія №23 - склад готової продукції цеху №3 має два мостових крана в/п 10т, (гак).

1-й мостовий кран використовується для навантаження напіввагонами феросплавами з коробів по 5-6т або біг-бегами (фронт – 2 вагони, 28м).

2-й мостовий кран використовується на технології по вивантаженню вогнетривкої цегли (фронт – 1 вагон, 14м).

Колія №24 – відділення вапняку цеху №3 має 14 навантажувальних бункерів з 14-ми течками на обидва боки. Фронт навантаження вапняку складає – 2 вагони, 28м.

2-й мостовий кран використовується на технології по навантаженню в думпкари МП відсіву вапняку для вивезення на ЦПШ (фронт – 3 думпкари,

36м).

На цій колії також виконується навантаження металобрухту залізничним краном в/п 25т (гак з електромагнітом) (фронт -1 вагон, 14м).

Колія №32 - склад готової продукції цеху №4 має 6 навантажувальних бункерів місткістю 70т, два мостових крана в/п 15т (гак) та конвеєр для навантаження морських 20-ти футових контейнерів.

Навантаження вагонів феросплавами відбувається із бункерів конвеєром продуктивністю 250 м³/год. за допомогою лебідки. Навантажений контейнер відвозиться на контейнерну площадку автомобільним транспортом для подальшого навантаження на залізничний транспорт на колії №15.

1-й мостовий кран використовується для навантаження вагонів біг-бегами (фронт – 3 вагони, 42м).

2-й мостовий кран використовуються на технології по навантаженню металобрухту у напіввагони (фронт – 1 вагон, 14м).

Колія №35 – плавильний цех №4 має мостовий кран в/п 15т, (гак). Мостовий кран використовується для навантаження металобрухту у напіввагони (фронт – 1 вагон, 14м). Два мостових крани використовується для навантаження напіввагонів «Укрзалізниці» коксовим дріб'язком (фронт – 1 вагон, 14м), металобрухтом (фронт – 1 вагон, 14м); напіввагонів МП електродною масою (фронт – 1 вагон, 14м), кварцитом (фронт – 1 вагон, 14м); думпкарів МП піском (фронт – 1 вагон, 14м); платформ МП кварцовою дріб'язку (фронт – 1 вагон, 14м).

Колія №44 - склад вогнетривів має два мостових крана в/п 10т, (гак). 1-й мостовий кран використовується для вивантаження напіввагонів з вогнетривами (фронт – 8 вагонів, 112м). 2-й мостовий кран використовується на технології по навантаженню вагонів вогнетривами (фронт – 8 вагонів, 112м).

Колія №47 - склад готової продукції цеху №2 має два мостових крана в/п 10т, (гак). 1-й мостовий кран використовується для навантаження напіввагонів біг-бегами (фронт – 2 вагони, 28м).

2-й мостовий кран використовується на технології по навантаженню полувагонів феросплавами із коробів по 5-6т (фронт – 2 вагони, 28м).

Колія №49 - плавильний цех №1 (Південь) має мостовий кран в/п 10т, (гак). Мостовий кран використовується для навантаження полувагонів металобрухтом (фронт – 1 вагон, 14м).

Колія №52 - плавильний цех №3 (Південь) має мостовий кран в/п 10т, (гак). Мостовий кран використовується для навантаження полувагонів металобрухтом (фронт – 1 вагон, 14м).

Вагони, що перевозять феросплави з СГП цехів №№ 1, 2 та 3, зважуються на вагах цеху №1 вздовж залізничної колії №12. Розміщення вагонів до зазначеної ваги та розподіл вантажу в них здійснюється вручну [5].

Вагони з феросплавами СГП цеху № 4 переважуються на вагах цеху під залізничною колією №32. Дозування вагонів до зазначеної ваги та вирівнювання вантажу виконуються вручну на цих вагах.

Навантаження товарного щебеню у вагони проводиться на ЦПШ (3-й маневровий район) за допомогою автонавантажувача, вздовж залізничних колій №№ 3 та 4.

Вагони та їх дозування до зазначеної ваги переважуються на вагах ЦПШ під залізничною колією №1А за допомогою автонавантажувача.

Навантаження коксовою дріб'язку в вагони здійснюється у шихтових відділеннях цехів №№ 1 та 4 до повної місткості вагону. Вирівнювання поверхні вантажу в вагоні та маркування проводяться вручну вздовж фронту навантаження. Переважування вагонів із коксовою дріб'язку здійснюється на вагах залізничного цеху на залізничній колії №42.

Вагони, що перевозять металобрухт, зважуються на вагах залізничного цеху під колією №42. Дозування вагонів до зазначеної ваги виконується на залізничній колії №27 за допомогою залізничного крану з електромагнітом.

1.6 Постановка завдань та обґрунтування необхідності дослідження

В результаті проведеного аналізу існуючої технології відправки феросплавної продукції з АТ «ЗФЗ» були виділені основні моменти:

- частина готової продукції відправляється у вагонах, що використовувалися для завезення сировини, а також використовуються цільові порожні вагоні, що подаються на підприємство безпосередньо під навантаження.
- обслуговування вантажних фронтів здійснюється трьома локомотивами, в той час як всього на підприємстві налічується 7 локомотивів;
- готова продукція відправляється партіями, розміром по 10 вагонів у кожній.

Таким чином завданням дослідження є розробка імітаційної моделі з детальним відтворенням процесів відвантаження продукції, що дозволить оцінити ефективність досліджуваних транспортно-технологічних процесів, проаналізувати можливість зміни їх параметрів – кількості використовуваних локомотивів та кількості вагонів у партії відправлення. А також провести економічні розрахунки, на основі яких визначити оптимальний режим роботи підприємства.

ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Аналіз даних підприємства щодо місячних обсягів відправлень готової продукції

В аналітичній частині були досліджені вагонопотоки підприємства. Виділені два основні потоки, що будуть використовуватися в подальшому дослідженні: цільові вагони, що надійшли порожніми під навантаження, та вагони, які надійшли з сировиною та будуть використані під навантаження. Проаналізуємо рух цих вагонів на протязі місяця на кожному з фронтів навантаження (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 - Фактичні місячні обсяги відвантаження готової продукції

Вантажний фронт	Обсяг використання рухомого складу, ваг.		
	Порожні- завантажені	Завантажені - завантажені	Усього по фронту
Дробильно-сортувальний комплекс ДСК	15	3	18
Контейнерна ділянка (35 кран)	21	19	40
Склад готової продукції №1	28	6	34
Склад готової продукції №2	3	14	17
Склад готової продукції №3	17	26	43
Склад готової продукції №4	17	51	68
Склад вогнетривів	-	1	9
Територія заводу (15к)	9	-	1
Ділянка виробництва вапна	39	19	58
Шихтове відділення №1 (відкритий склад)	-	4	4
Шихтове відділення №4	1	7	8
УСЬОГО	150	150	300

Графік місячних обсягів відправлень готової продукції з різних фронтів навантаження наведено на рис. 2.1.

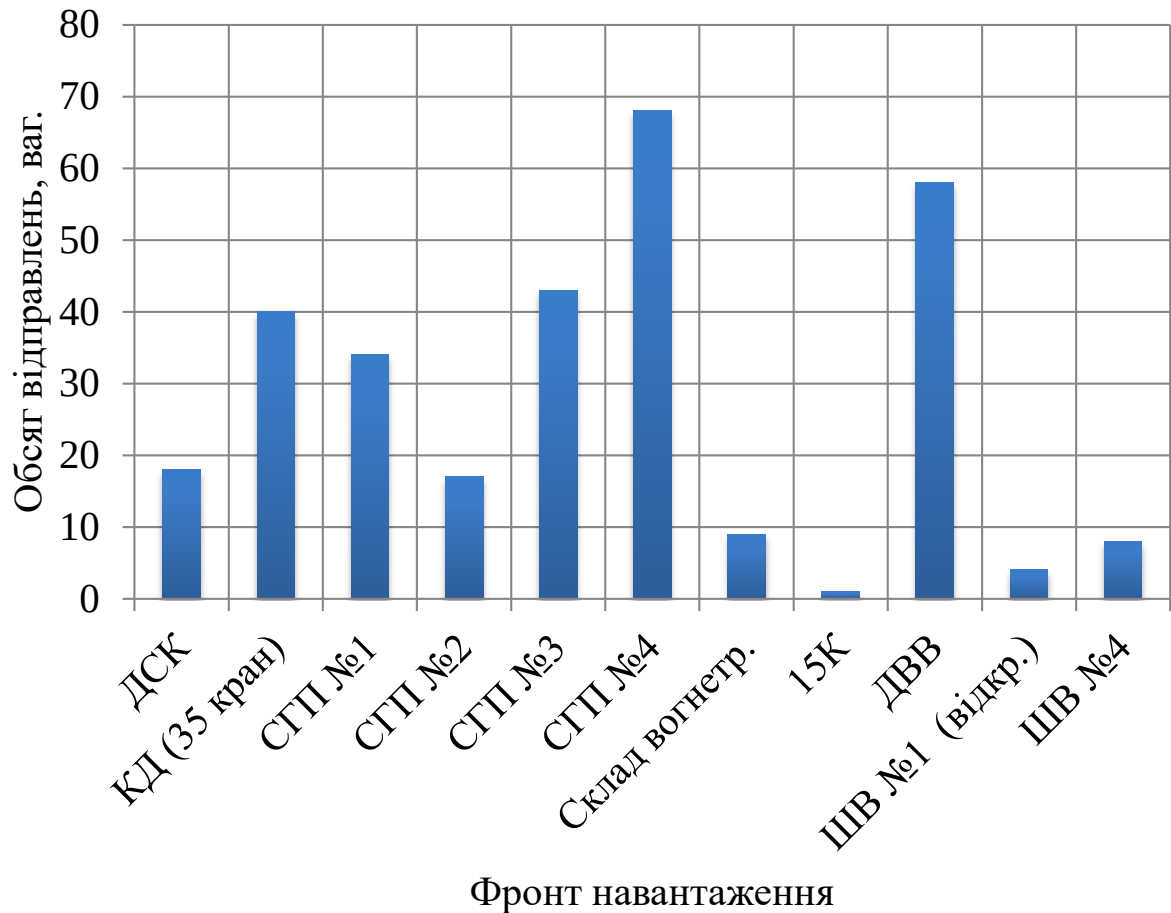


Рисунок 2.1 - Місячні обсяги відвантаження продукції

Як бачимо, відвантаження з деяких фронтів є незначними, або взагалі мали разовий характер. Тому було виділено сім основних фронтів відвантаження феросплавної продукції:

- Склад готової продукції №1
- Склад готової продукції №2
- Склад готової продукції №3
- Склад готової продукції №4
- Ділянка виробництва вапна
- Дробильно-сортувальний комплекс ДСК
- Контейнерна ділянка (35 кран)

2.2 Розробка імітаційної моделі відвантаження готової продукції

Для створення моделі скористаємося бібліотекою дискретно-подієвого моделювання програмного забезпечення Енілоджік. Ця бібліотека широко використовується для вивчення та аналізу систем, де важливо враховувати конкретні моменти подій. Конструювання імітаційної моделі розділимо на декілька етапів:

- створення анімації;
- побудова діаграми процесів (логіки моделі);
- реалізація збору статистичних даних роботи моделі.

Перед проведенням експериментів необхідно провести тестування роботи моделі на основі реальних даних з метою перевірки наскільки точно імітаційна модель відображає реальну систему.

2.2.1 Створення анімації

Для візуалізації всіх процесів створимо анімацію моделі. Спочатку відтворюємо схему плану залізничних колій підприємства. Для цього використовуємо палітру «Презентація». Траєкторія руху формується шляхом задавання її вузлів за допомогою прямокутників. Розміщаємо необхідні вузли, залишивши ідентифікатори прямокутників за замовчуванням. Потім слід з'єднати вузли між собою і з вантажними фронтами за допомогою елемента «Ламана» палітри презентація. Основні фронти відвантаження продукції виділені синім кольором на рис. 2.2.

Після створення траєкторії формуємо групу, що складається з плану колійного розвитку, прямокутників і ліній. Для цього виділяємо всі елементи та виконуємо команду контекстного меню «Створити групу».

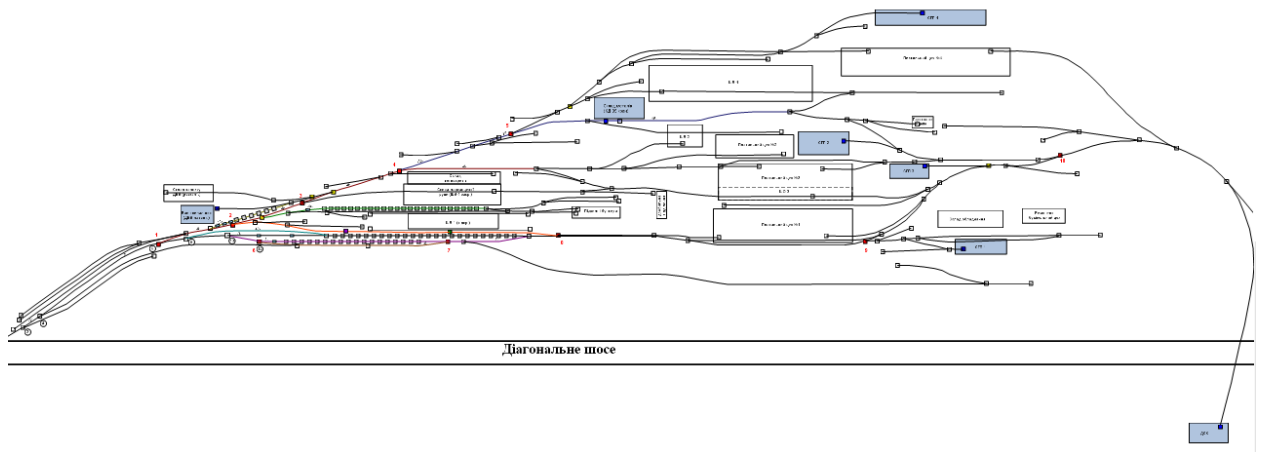


Рисунок 2.2 - Створення мережі руху вагонів на АТ «ЗФЗ»

Аналогічним чином відтворюємо колійний розвиток станції Південна, звідки будуть подаватися вагони до станції Заводська (рис. 2.3).

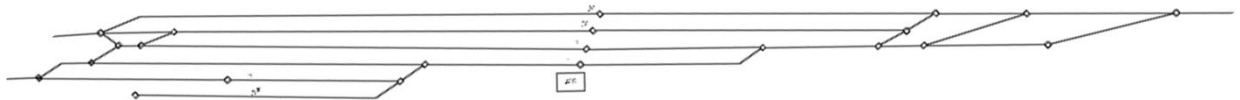


Рисунок 2.3 - Відтворення колійного розвитку станції Південна

Після відтворення візуального вигляду мережі руху заявок необхідно ввести її в логіку моделі. Для цього використовуємо об'єкт *network*, що створює мережу. Цей елемент має один вихідний порт, до якого приєднуються всі ресурси, які будуть використовуватися даною мережею. В даній моделі будемо використовувати два типи ресурсів: рухомі та статичні.

Рухомі ресурси – це локомотиви, задаємо окремими об'єктами локомотиви, що використовуються при вивантаженні - *networkResourcePool* та при навантаженні - *networkResourcePool1*. Задаємо відповідну кількість ресурсів: при навантаженні зазвичай залучається 3 локомотиви, - при вивантаженні – 4 локомотиви.

Інші ресурси будуть виконувати функцію захоплення певної ділянки шляху руху вагонів. Кожен з ресурсів (*networkResourcePool2* - *networkResourcePool12*) відповідає за свою ділянку. Встановлюємо для цього типу ресурсів кількість одиниць – 1. Таким чином, коли заявка-вагон захоплюватиме один з цих ресурсів, інші не зможуть рухатися по цій ділянці.

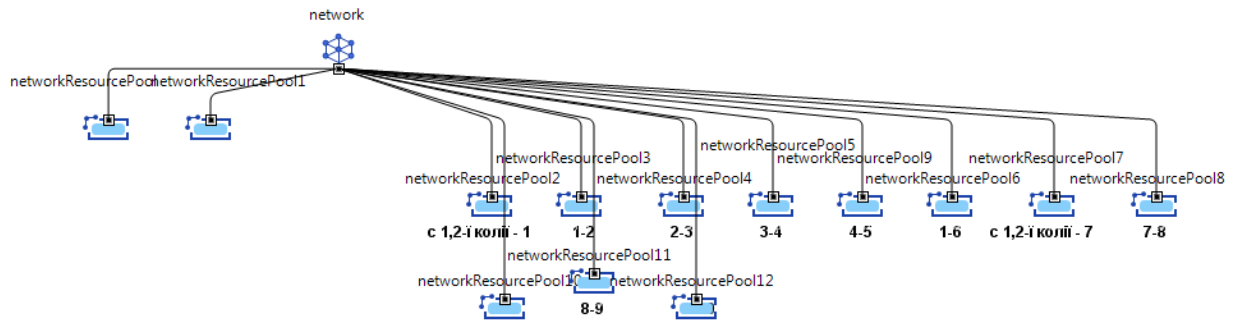


Рисунок 2.4 - Створення транспортної мережі та ресурсів

Далі задаємо точки базового місце розташування локомотивів. На рисунку 2._ ці точки виділені блакитним кольором. За замовчанням вони знаходяться на 1-й, 2-й та 11-й коліях.

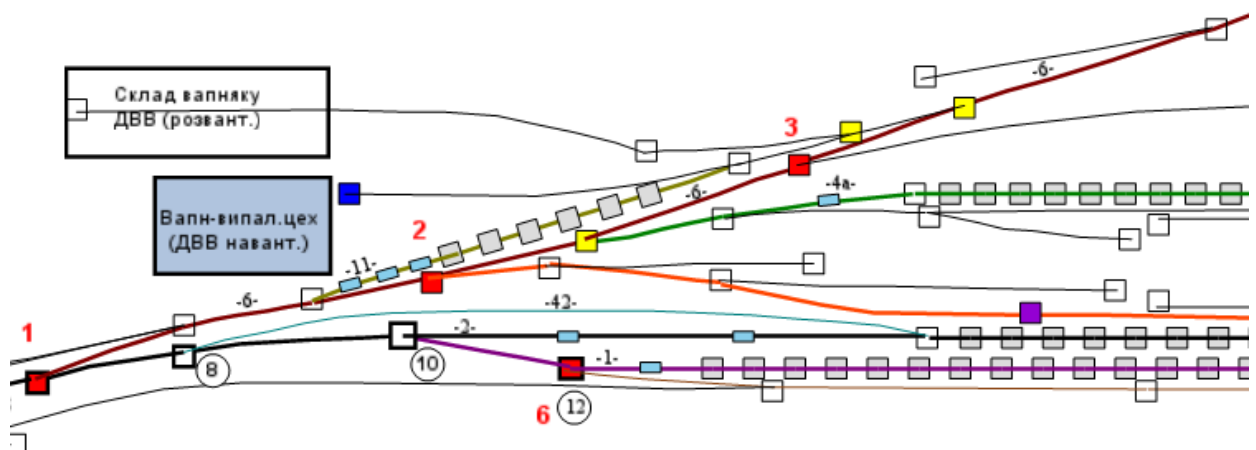


Рисунок 2.5 - Схематичне розташування локомотивів в мережі

2.2.2 Побудова діаграми процесів моделі

Перш за все реалізуємо імітацію створення заявок-вагонів. Для цього використовуємо об'єкти типу source. Вони генеруватимуть потоки заявок на станції Південна зі встановленим інтервалом. Створимо два окремі джерела: для вагонів, що будуть подаватися на підприємство порожніми – source2, та вагони, що надходитимуть із сировиною – source (рис.2.6).

Після створення заявки накопичуватимуться в партію 10 вагонів за допомогою об'єкту batch4. Далі вони вводяться в транспортну мережу (networkEnter5) і захоплюють локомотив ResourcePool (за допомогою об'єкта networkSeize21), що вирушає за ними зі ст.Заводська на ст. Південна (networkMoveTo24). Тривалість руху локомотива від ст.Заводська на ст. Південна складає 15 хвилин.

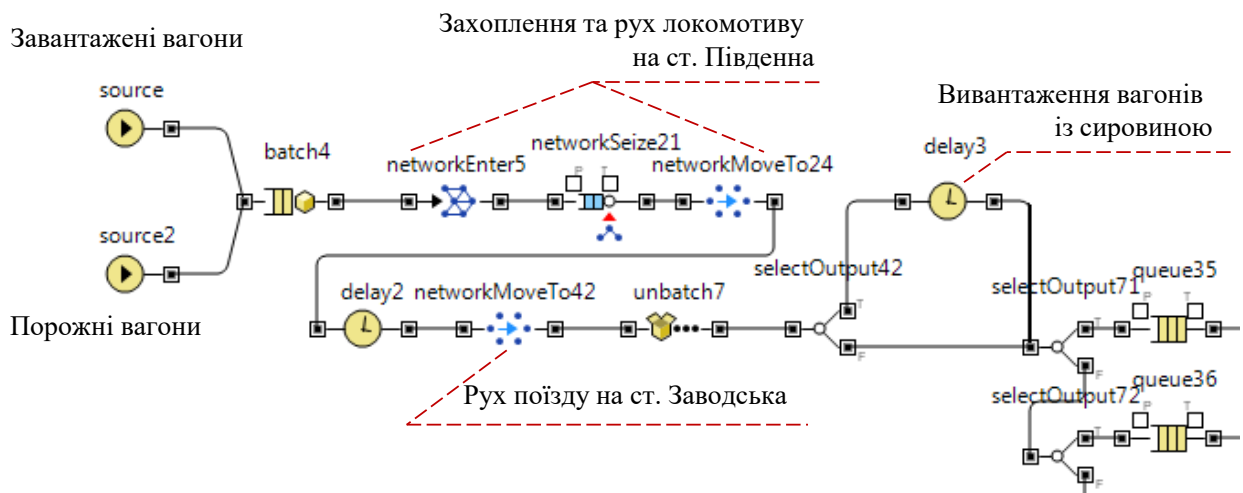


Рисунок 2.6 - Блок імітації подачі вагонів зі ст.Південна до ст.Заводська

По прибуттю на ст.Південна оформлюється здавальна відомість, обробляється поїзд перед відправкою на ЗФЗ та заповнюється довідка. Всі ці процеси імітуються об'єктом затримки delay2.

Після цього об'єктом networkMoveTo42 переміщаємо поїзд до ст. За-

водська, де заявка-поїзд розформовується на окремі вагони за допомогою об'єкту `unbatch7`.

Далі заявки-вагони розподіляються на два потоки об'єктом `selectOutput42`: вагони з сировиною відправляються на вивантаження, яке імітується об'єктом `delay3`, по закінченню якого надсилаються на розподіл на фронти навантаження. Порожні заявки-вагони потрапляють одразу до об'єкту `selectOutput71`, звідки розподіляються під навантаження.

Розподіл вагонів на фронти навантаження реалізовано за допомогою об'єктів типу `selectOutput`. Цей елемент має два вихідні порти і направляє заявки в один з них в залежності від заданої умови. Створюємо окремий ланцюг для кожного фронту навантаження (рис. 2.7). Умовою в даному випадку буде виступати ймовірність потреби певного фронту у порожніх вагонах для відправки продукції. У таблиці 2.2 визначено ймовірності відправлень для кожного фронту.

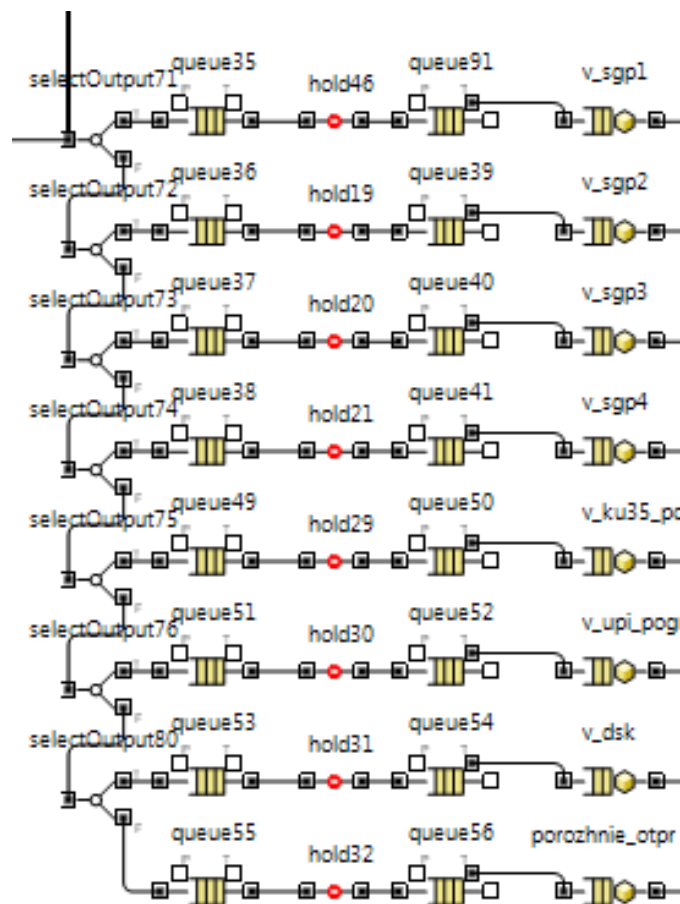


Рисунок 2.7 - Блок моделі розподілу порожніх вагонів на вантажні фронти

Таблиця 2.2 - Розподіл обсягів відправлень готової продукції за вантажними фронтами

№з/п	Вантажний фронт	Обсяг відправлень, вагони	Ймовірність відправки
1	Дробильно-сортувальний комплекс ДСК	18	0,065
2	Контейнерна ділянка (35 кран)	40	0,144
3	Склад готової продукції №1	34	0,122
4	Склад готової продукції №2	17	0,061
5	Склад готової продукції №3	43	0,155
6	Склад готової продукції №4	68	0,245
7	Ділянка виробництва вапна	58	0,209
	Усього	278	1

Створюємо набір змінних, що будуть задавати значення визначених ймовірностей за допомогою спеціальних об'єктів plainVar. (рис. 2.8).

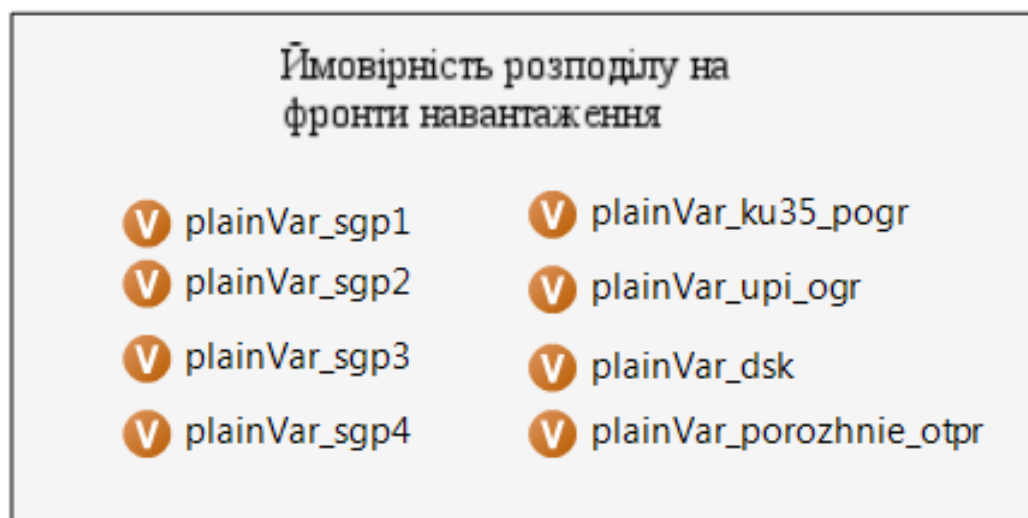


Рисунок 2.8 - Створення змінних визначення ймовірності надходження вагонів на вантажні fronti

Перший об'єкт *selectOutput71* буде відокремлювати потік заявок призначених до СГП1, а залишок відправляти до наступного *selectOutput72*. Для цього визначаємо ймовірність надходження вагонів до цього фронту. Так як в цьому потоці є вагони які подаються після вивантаження, треба врахувати, що частина з них може відправлятися порожніми:

СГП-1

$$\begin{aligned} & \text{plainVar_sgp1}/(\text{plainVar_sgp1}+\text{plainVar_sgp2}+\text{plainVar_sgp3}+ \\ & + \text{plainVar_sgp4}+ \text{plainVar_ku35_pogr}+\text{plainVar_upi_ogr}+ \\ & + \text{plainVar_dsk}+\text{plainVar_porozhnie_otpr}) \end{aligned}$$

Прописуємо цю умову у властивостях об'єкта *selectOutput71* в полі *Probability* (рис. 2.9).

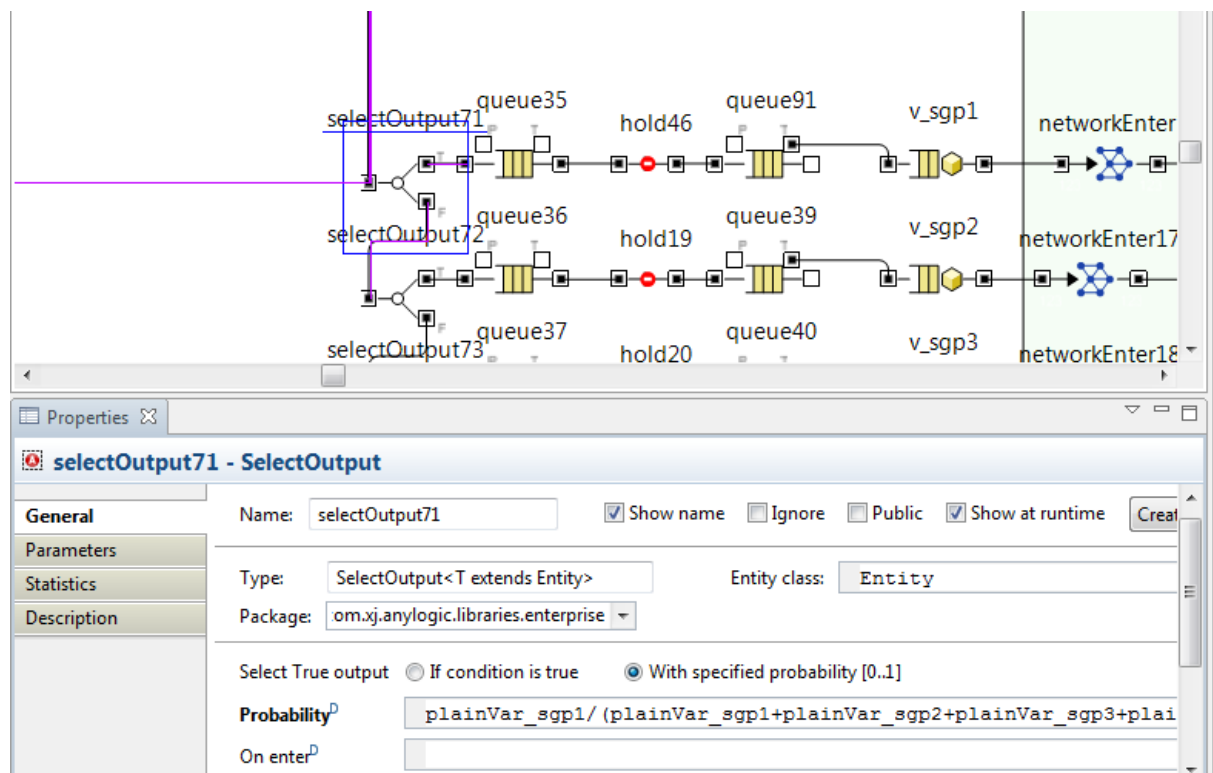


Рисунок 2.9 - Властивості об'єкта *selectOutput71*

Наступним буде відокремлюватися потік заявок в СГП-2. Так як потік СГП-1 вже сюди не поступає, при розрахунку ймовірності його не враховуємо:

СГП 2

$$\text{plainVar_sgp2}/(\text{plainVar_sgp2}+\text{plainVar_sgp3}+\text{plainVar_sgp4} + \\ + \text{plainVar_ku35_pogr} + \text{plainVar_upi_ogr} + \text{plainVar_dsk} + \\ + \text{plainVar_porozhnie_otpr})$$

Аналогічним чином визначаємо умови відокремлення інших потоків заявок, та прописуємо коди у властивостях відповідних об'єктів *selectOutput*:

СГП 3

$$\text{plainVar_sgp3}/(\text{plainVar_sgp3}+\text{plainVar_sgp4}+\text{plainVar_ku35_pogr}+ \\ + \text{plainVar_upi_ogr}+\text{plainVar_dsk}+\text{plainVar_porozhnie_otpr})$$

СГП 4

$$\text{plainVar_sgp4}/(\text{plainVar_sgp4}+\text{plainVar_ku35_pogr}+\text{plainVar_upi_ogr}+ \\ + \text{plainVar_dsk}+\text{plainVar_porozhnie_otpr})$$

Контейнерна ділянка

$$\text{plainVar_ku35_pogr}/(\text{plainVar_ku35_pogr}+\text{plainVar_upi_ogr}+ \\ + \text{plainVar_dsk}+ \text{plainVar_porozhnie_otpr})$$

Ділянка виробництва ванна

$$\text{plainVar_upi_ogr}/(\text{plainVar_upi_ogr}+\text{plainVar_dsk}+ \\ + \text{plainVar_porozhnie_otpr})$$

ДСК

$$\text{plainVar_dsk}/(\text{plainVar_dsk}+\text{plainVar_porozhnie_otpr})$$

Далі необхідно реалізувати накопичення вагонів, які будуть одночасно подаватися до вантажного фронту. Для встановлення розміру партій створюємо пакет змінних.



Рисунок 2.10 - Створення змінних визначення розміру партій вагонів, що надходять під навантаження

В об'єкті черги queue91 (рис. 2.10) реалізуємо режим виходу заявок через порт outTimeout і встановлюємо мінімальну тривалість таймауту 0,0001. Та вказуємо в полі On enter:

```
partia_sgp_1 = queue91.size()
```

Таким чином, вагони що надійшли одночасно будуть групуватися в партії. Розмір партії буде рівним розміру черги на поточний момент. На виході з об'єкту queue91 треба заблокувати об'єкт hold. Для цього прописуємо у властивостях черги queue91 в полі On exit(timeout) код:

```
hold46.setBlocked(true)
```

Таким чином, поки не буде опрацьована створена партія вагонів, наступні вагони очікуватимуть в черзі queue35. В цьому ж полі задаємо розмір партії для наступного об'єкту, що буде накопичувати заявки v_sgp1:

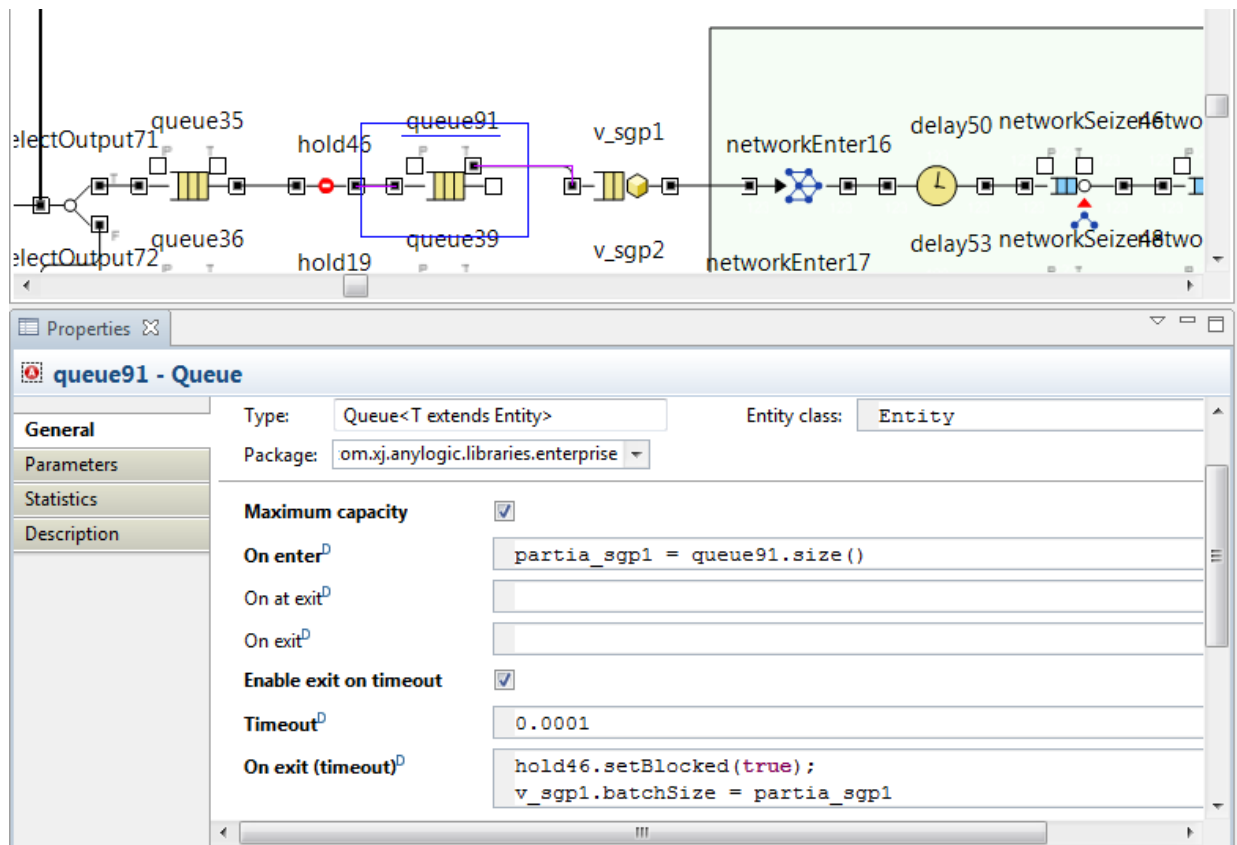
$$v_sgp1.batchSize = partia_sgp_1$$


Рисунок 2.11 - Встановлення розміру партії вагонів у властивостях об'єкту Queue

Об'єкти типу Batch перетворюють задану кількість заявок, що надійшли до нього в одну заявку-партію. Встановлюємо розмір партії рівний відповідній змінній у полі Batch size (рис.2.12).

Створюємо новий клас заявки, що буде відповідати партії вантажу, та вказуємо в New batch назву нової заявки new Inquiry ().

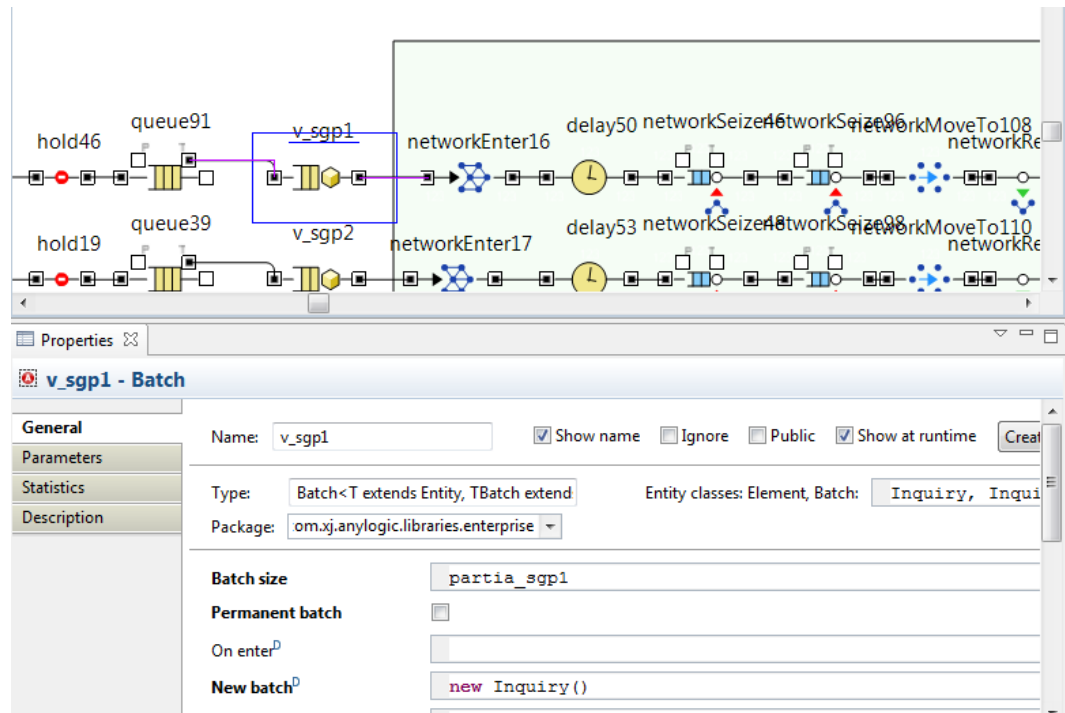


Рисунок 2.12 - Створення партії вагонів

Тепер треба ввести новий клас заявок в мережу. Використовуємо об'єкт типу `networkEnter`, в його властивостях вказуємо мережу `network` та вузол в якому будуть з'являтися нові заявки (рис. 2.13). Окрім цього за допомогою функції `time()` фіксуємо час входу заявки в мережу.

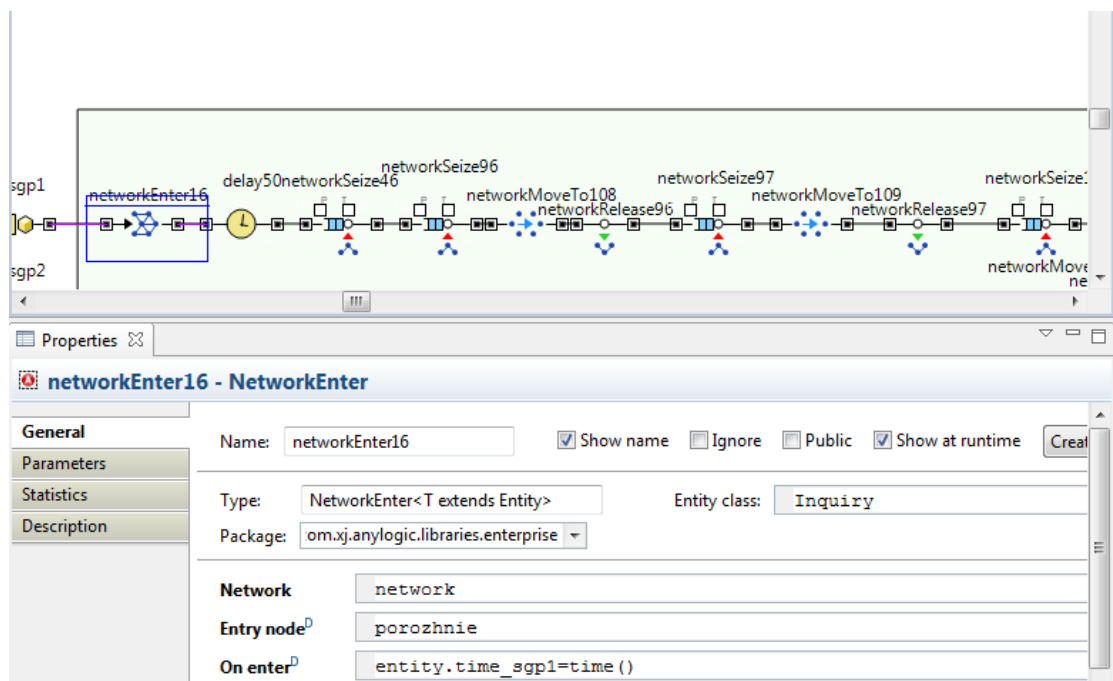


Рисунок 2.13 - Введення заявок в мережу

Наступним кроком заявка-партія має захопити ресурс-локомотив, для цього використовуємо об'єкт `networkSeize` і вказуємо в його властивостях назву ресурсу, що відповідає локомотивам призначеним під навантаження – `networkResourcePool1` (рис. 2.14).

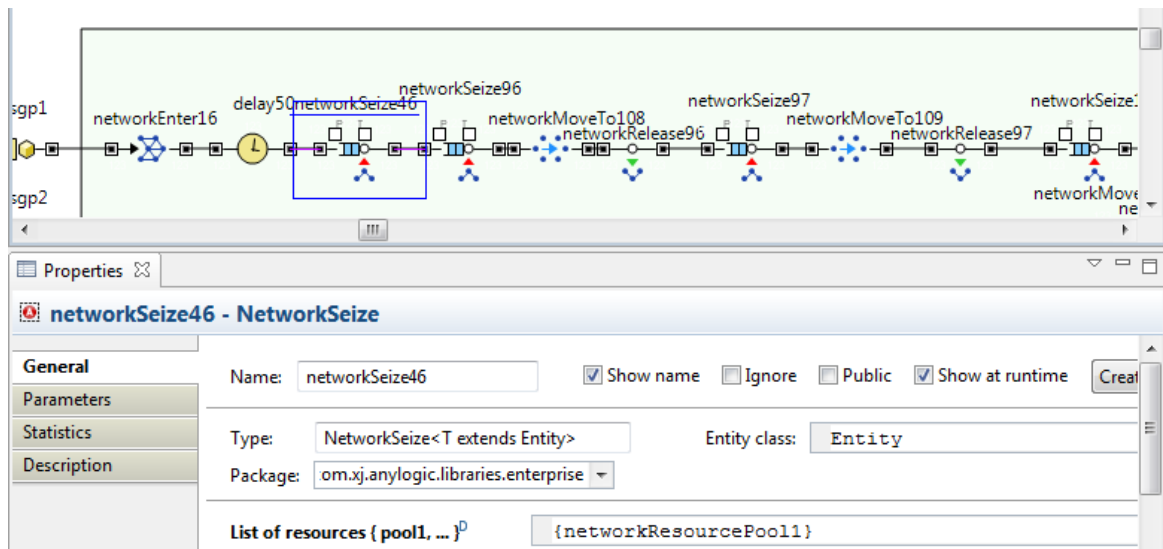


Рисунок 2.14 - Захоплення ресурсу-локомотиву

Окрім цього заявка має ще захопити певний проміжок шляху, щоб інші заявки не могли по ньому рухатися на момент її переміщення. Тому додаємо ще один об'єкт `networkSeize` (рис 2.15), і вказуємо в ньому вже інший ресурс – `networkResourcePool7`, що відповідає за проміжок шляху від місця накопичення порожніх вагонів до точки 7.

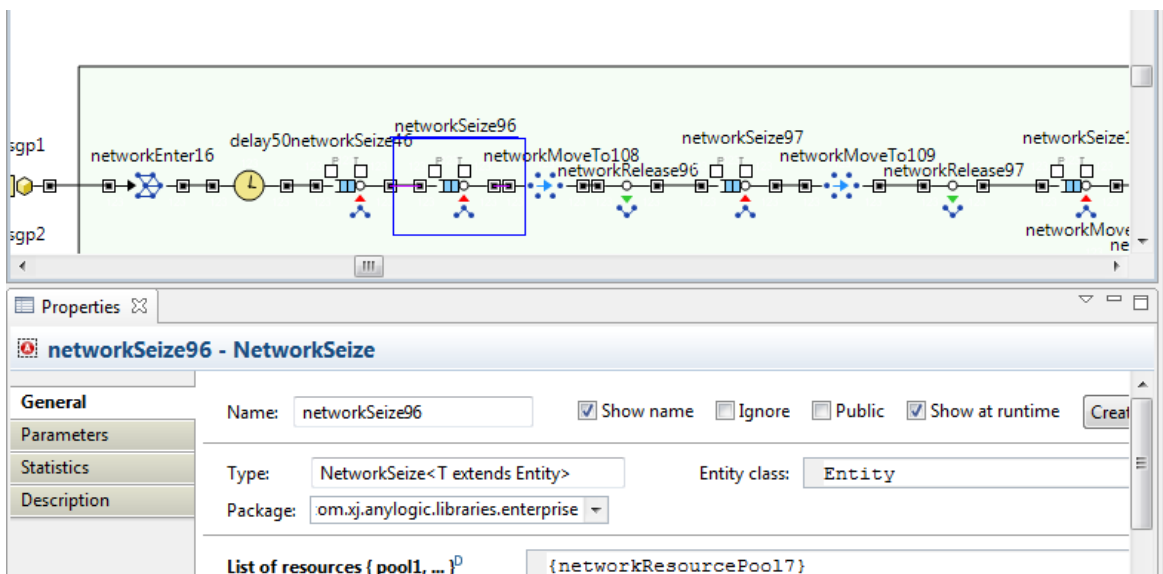


Рисунок 2.15 - Захоплення ділянки шляху слідування

Далі використовуючи об'єкт `networkMoveTo` переміщаємо заявку по мережі (рис. 2.17), вказавши у властивостях об'єкту вузол призначення (рис. 2.16)

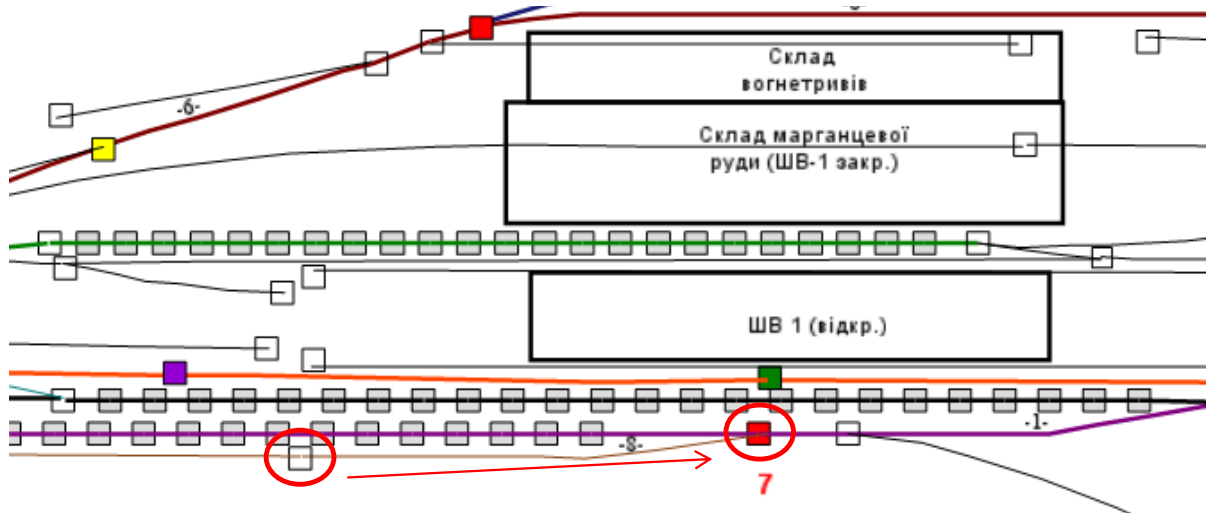


Рисунок 2.16 - Рух партії вагонів по першому відрізку шляху

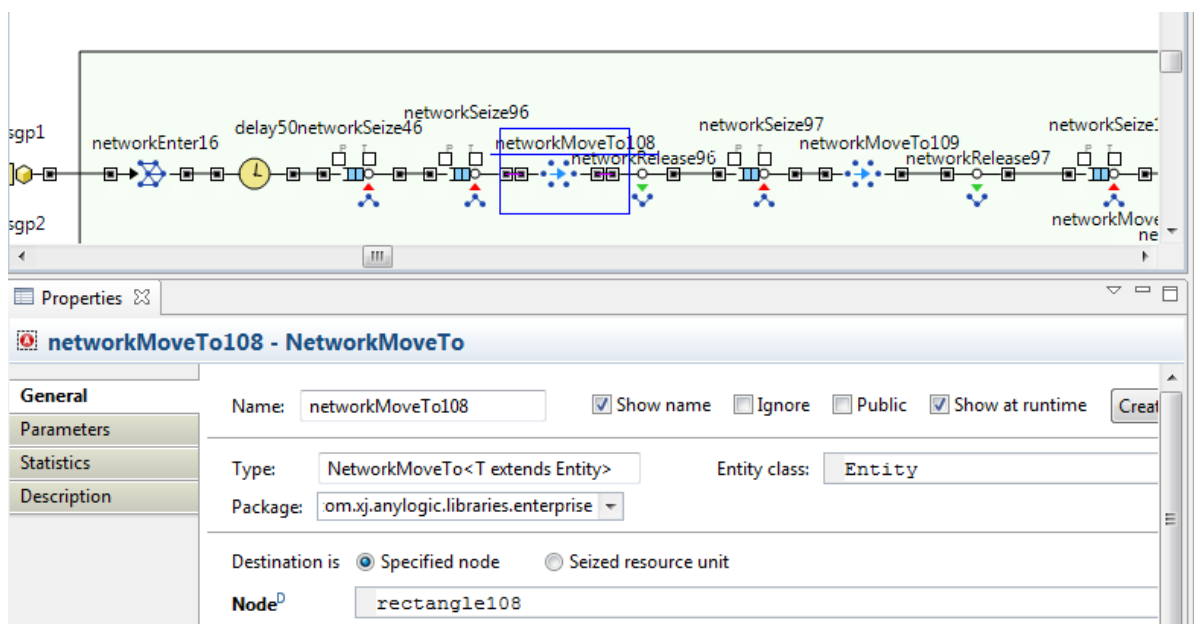


Рисунок 2.17 - Властивості об'єкта `networkMoveTo`

По закінченню переміщення на цій ділянці, маємо вивільнити ресурс, що відповідає за неї за допомогою об'єкту `networkRelease`. Вказуємо в його властивостях назву використовуваного ресурсу - `networkResourcePool7` (рис. 2.18).

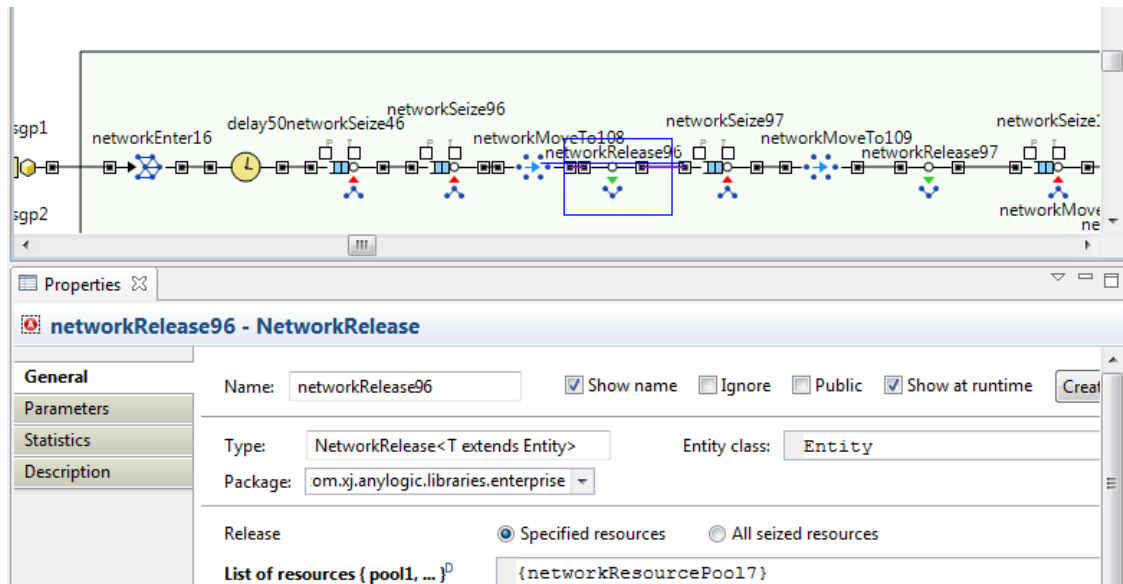


Рисунок 2.18 - Вивільнення пройденної ділянки шляху

Аналогічним чином реалізовуємо захоплення кожної наступної ділянки у напрямку до фронту навантаження СГП-1. При цьому кожного разу звільняючи ресурс, що відповідає за певний відрізок шляху, але залишаючи зайнятим ресурс-локомотив (рис 2.19).

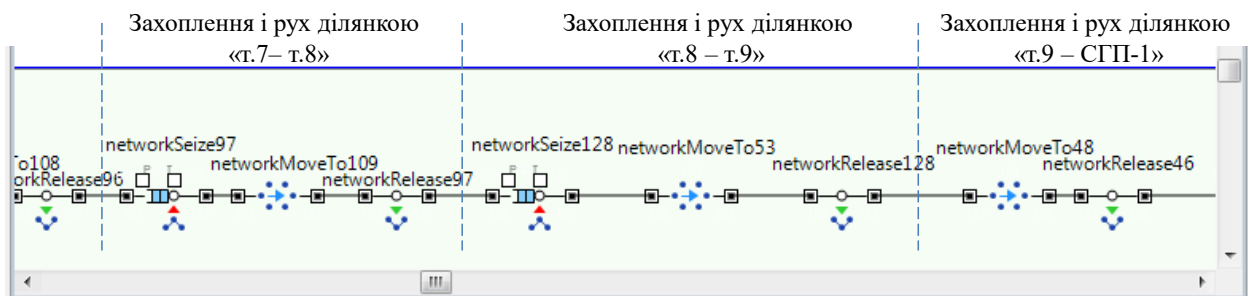


Рисунок 2.19 - Блок діаграми процесу транспортування партії вагонів до СГП-1

Схематичне зображення виділених ділянок шляху згідно колійного розвитку підприємства наведене на рисунках 2.20 – 2.22.

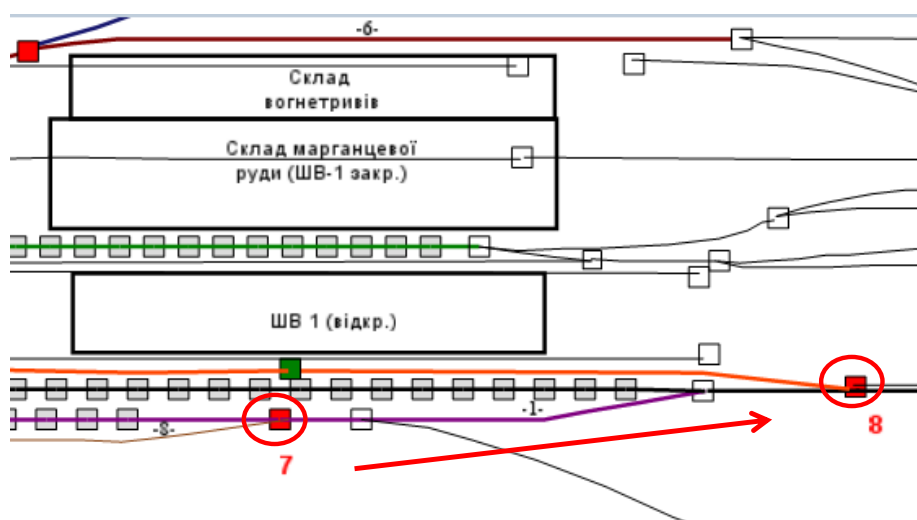


Рисунок 2.20 - Рух партії вагонів по другому відрізку шляху

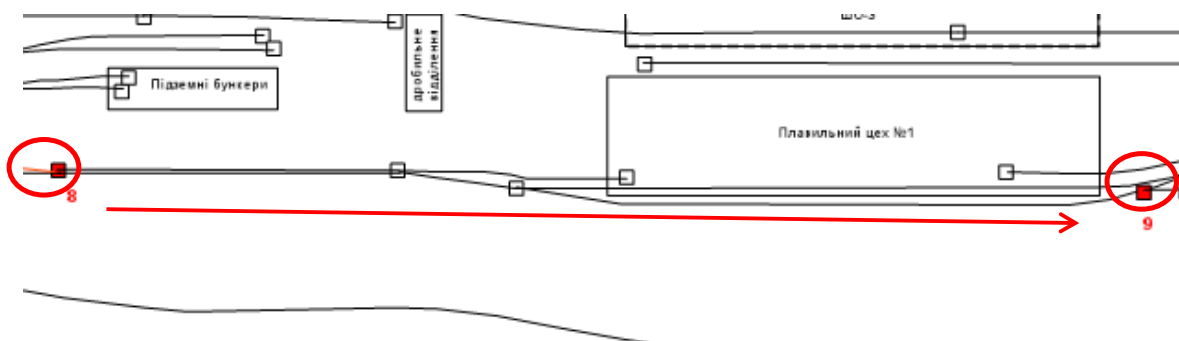


Рисунок 2.21 - Рух партії вагонів по третьому відрізку шляху

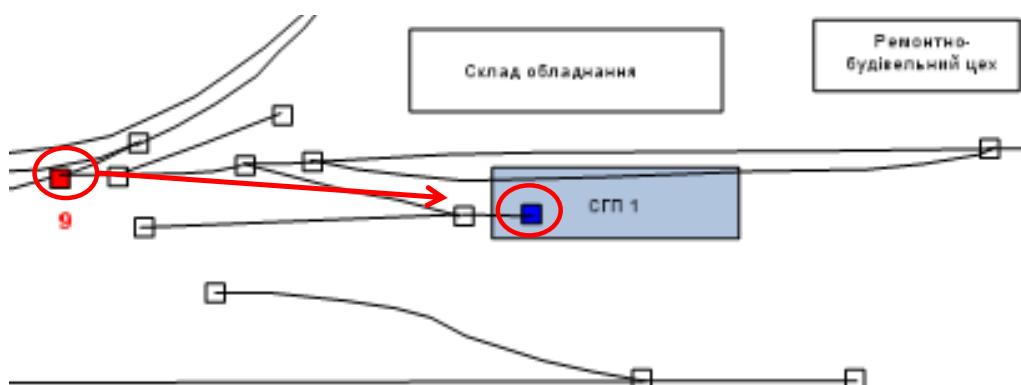


Рисунок 2.22 - Рух партії вагонів до СГП-1

Після того, як вагони будуть доставлені до фронту вивантаження, слід вивільнити ресурс-локомотив за допомогою об'єкту `networkRelease`, у властивостях вказуємо назву ресурсу `networkResourcePool1`.

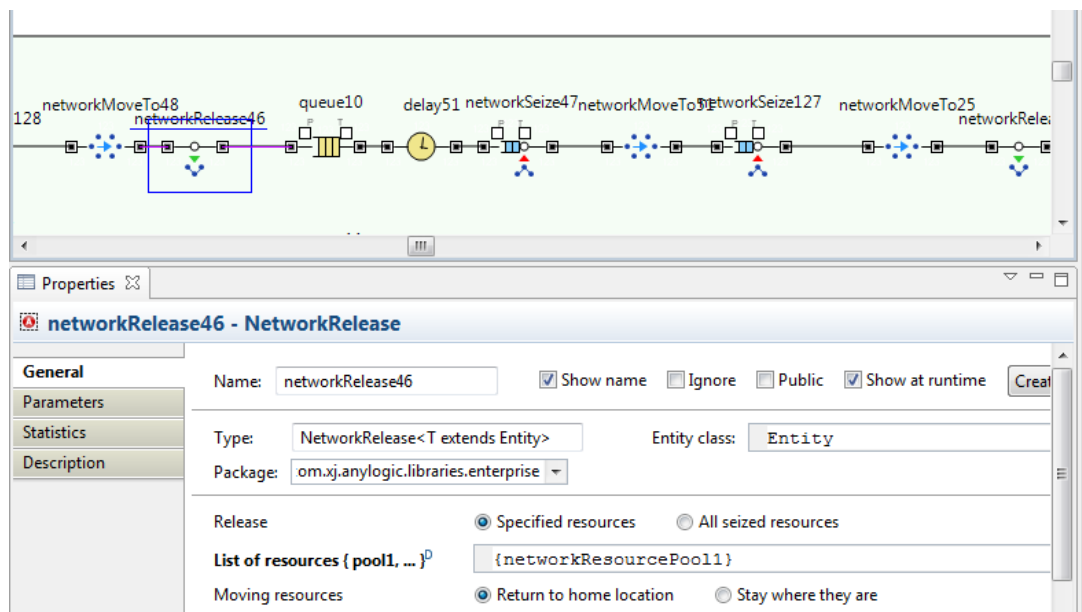


Рисунок 2.23 - Вивільнення ресурсу-локомотиву

Безпосередньо процес вивантаження імітується об'єктом типу `delay`. Ці об'єкти затримують заявку на визначений час, який в даному випадку буде дорівнювати тривалості навантаження. Перед цим об'єктом також слід встановити чергу, так як можливість одночасного обслуговування вагонів може бути меншою партії вагонів, що надійшла.

Тривалість навантаження буде залежати від розміру партії вагонів, що надійшла на фронт, кількості можливого одночасного навантаження вагонів та тривалості навантаження 1 вагону. Норматив навантаження вагону на СГП-1 складає 1,08 год. Тоді загальна тривалість навантаження партії в хвилинах складе:

$$1,08 \cdot 60 \cdot \text{partia_sgp1}$$

Вказуємо дану формулу у властивостях об'єкту `delay51` в полі `Delay time` (рис. 2._). Окрім того встановлюємо місткість фронту – 1 вагон, згідно

технічної характеристики. А також, по закінченню навантаження всієї партії маємо розблокувати об'єкт hold46, що перешкоджав надходженню на цей фронт наступної партії.

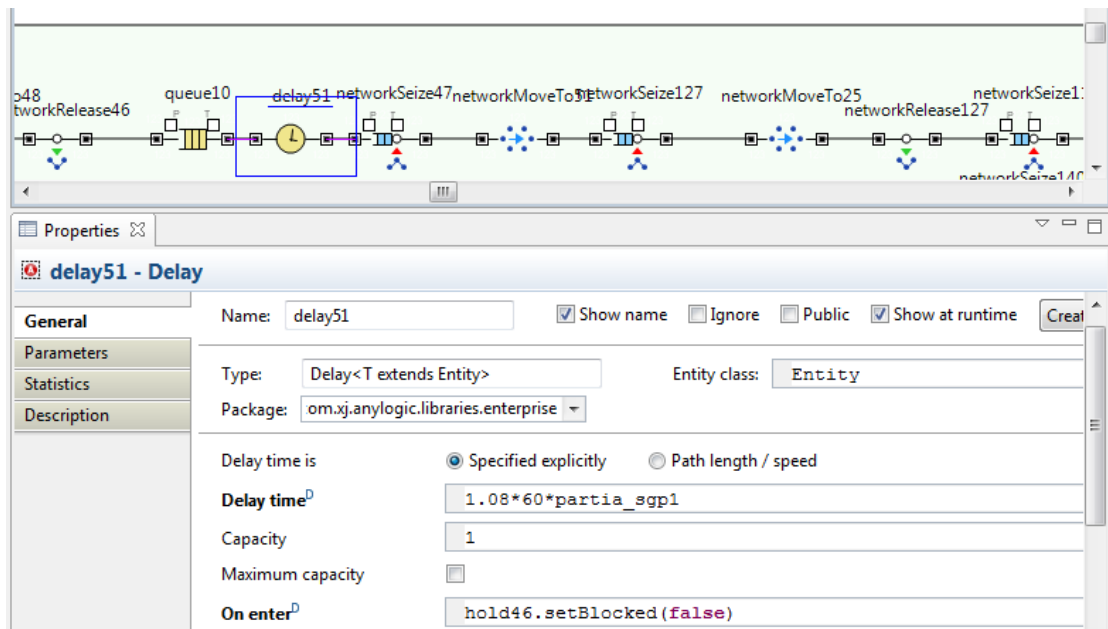


Рисунок 2.24 - Імітація навантаження вагонів

Після навантаження необхідно доставити партію на 3ю колію, де накопичуються вагони для відправлення на станцію Південна. Аналогічно алгоритму, описаному вище захоплюємо ресурс-локомотив, після чого по черзі захоплюємо окремі ділянки шляху.

Після подачі на 3ю колію вивільняємо локомотив, і вагони залишаються в очікуванні формування поїзда. Блок діаграми процесу переміщення завантажених вагонів на 3-ю колію наведено на рисунку 2.25.

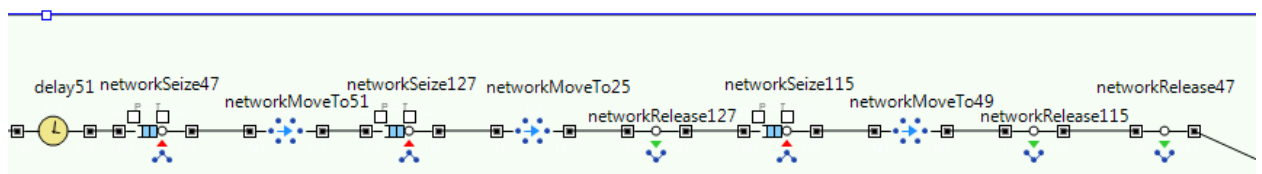


Рисунок 2.25 Рух від фронту навантаження СГП-1 до місця накопичення вагонів

Аналогічним чином будуємо ланцюги для кожного фронту навантаження, враховуючі маршрути до кожного з них та тривалості виконання вантажних робіт.

По завершенню руху заявок-партій вони виводяться з мережі за допомогою об'єкту `networkExit`. Отримана в результаті діаграма процесу відображення подача вагонів на вантажні фронти на переміщення їх на 3тю колію наведена на рисунку 2.26.

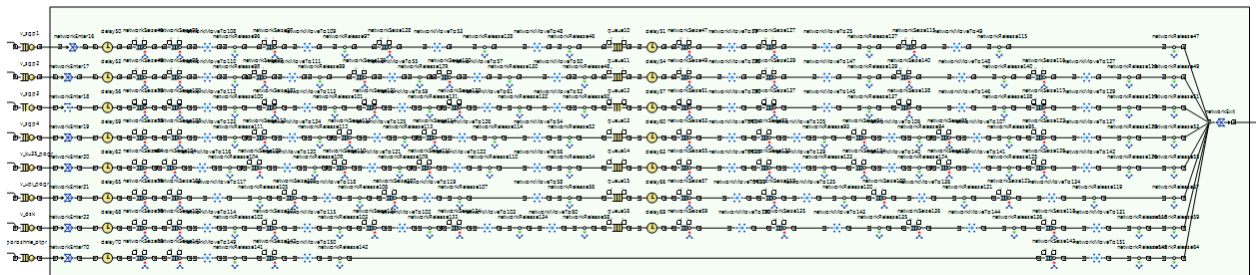


Рисунок 2.26 - Загальний вигляд блоку моделі, що відображає рух до вантажних фронтів

Останній блок моделі (рис. 2.7) імітує формування поїзду із завантаженими вагонами (також сюди можуть входити і порожні вагони, що мають передаватися на станцію Південна).

Після того, як заявки-партії виведені з мережі вони «розпаковуюються» на окремі вагони об'єктом `unbatch13`, після чого формуються нові партії-поїзди.

Кількість вагонів в партіях, що будуть відправлятися на станцію Південна виступає керованим параметром. Створюємо за допомогою спеціального елемента управління параметр `rozmiar_partii` і пов'язуємо його з текстовим полем (рис. 2.28). Це дасть змогу перед початком роботи моделі встановлювати потрібне значення планованого обсягу відправлення.

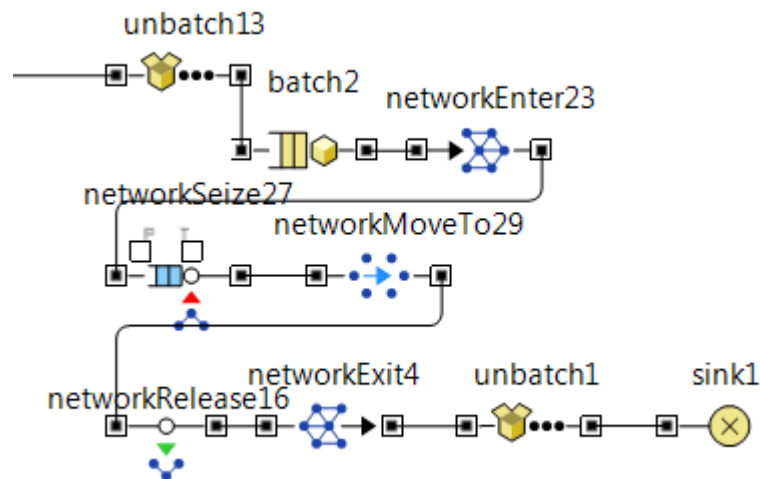


Рисунок 2.27 - Блок моделі, що відображає рух формування поїзду та його прямування на станцію Південна

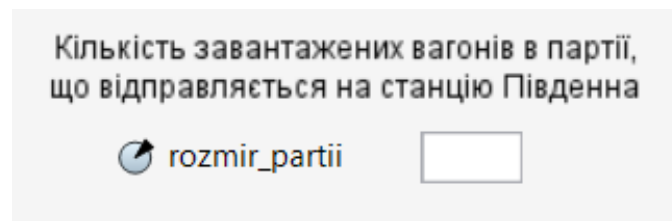


Рисунок 2.28 - Створення керованого параметру

Для формування поїзду знову використовуємо об'єкт накопичення batch2, в його місткості вказуємо створений параметр `розмір_партії`. Після закінчення формування поїзду треба знову ввести його в мережу (елемент `networkEnter23`). Далі партією-поїздом захоплюється локомотив `networkResourcePool1` і за допомогою об'єкту `networkMoveTo29` переміщається на станцію Південна. Після чого локомотив вивільняється і відправляється на його вихідну позицію, а заявка виводиться з мережі.

В кінці партія розформовується на окремі вагони, для того щоб зафіксувати статистичні дані обробки моделі для кожної заявки-вагона окремо. В об'єкті `sink1` фіксується час завершення знаходження заявки в системі і вона знищується.

2.2.3 Реалізація збору статистичних даних

Збір статистичних даних роботи моделі реалізовано за допомогою елементів Дані гістограми та Гістограма. Спочатку створюємо Дані гістограми для аналізу тривалості навантаження на кожному з розглядуваних фронтів (рис. 2.29). Значення до цих об'єктів передаються за допомогою функції фіксації часу `time()`, що була прописана у відповідних об'єктах вище. Ці елементи окрім збору даних розраховують також і статистичні характеристики.

Потім створюємо безпосередньо гістограму, яка буде візуально зображати отримані результати. До цієї гістограми додаємо посилання на раніше створені Дані гістограми. Таким чином, отримаємо щільності ймовірності розподілу випадкової величини тривалості навантаження вагонів.

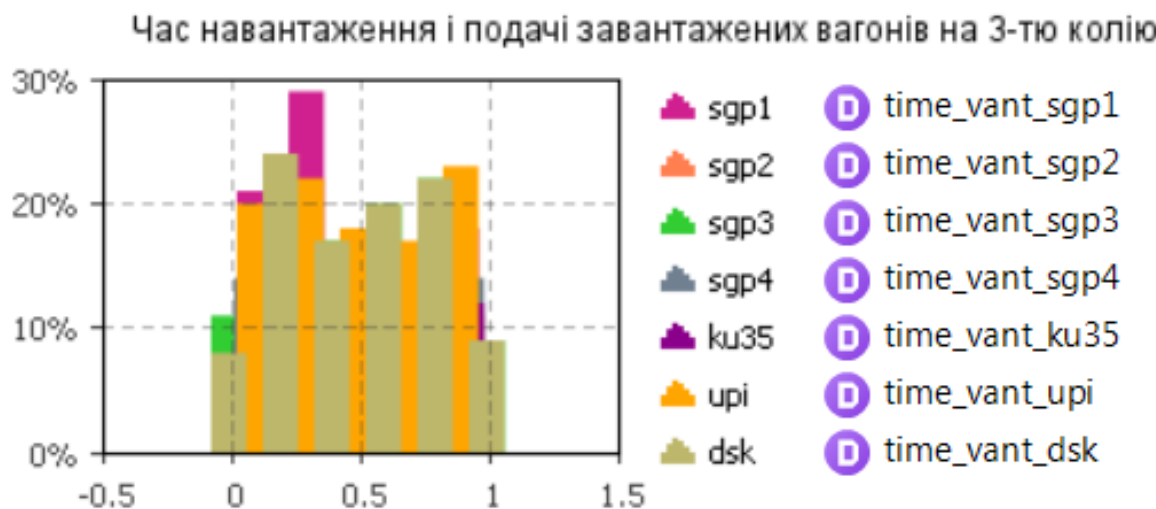


Рисунок 2.29 - Гістограма тривалості навантаження продукції на різних фронтах

Аналогічним чином створюємо гістограму, яка буде відображати графік загальної тривалості знаходження вагонів на підприємстві (рис. 2.30).

Фіксація часу для даних цієї гістограми відбувається в самому початку, при створенні заявки та при її виході з системи.

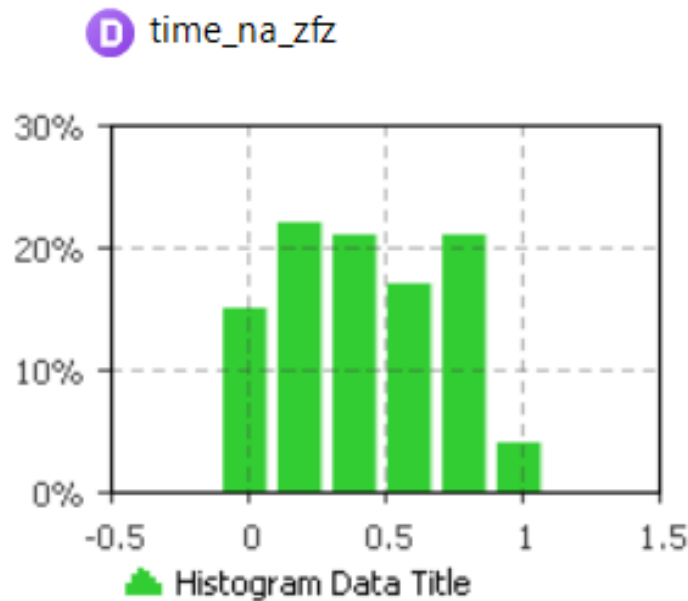


Рисунок 2.30 - Гістограма загальної тривалості знаходження вагонів на підприємстві

2.3 Проведення експериментів і результати моделювання

В розробленій імітаційній моделі передбачені два керовані параметри:

- кількість використовуваних локомотивів;
- кількість завантажених вагонів в партії на відправку до ст. Південна.

Проведемо ряд експериментів в умовах варіювання цих параметрів. На підприємстві є 7 локомотивів. Наразі для подачі на вантажні fronti використовується 3 локомотиви. За допомогою моделювання проаналізуємо роботу системи при використанні 3-х, 4-х та 5-ти локомотивів. Більше локомотивів не розглядаємо, так як має бути резерв на виконання внутрішньозаводських перевезень. Окрім того є доцільним визначити оптимальний розмір партії ва-

гонів, що подаються з підприємства на станцію Південна. Розглянемо варіанти з розмірами партій 8, 10, 14 та 18 вагонів. Результати експериментів наведені у табл. 2.3.

Таблиця 2.3 - Результати проведених експериментів

№ з/п	Кількість залучених локомотивів	Тривалість користування вагонами з під вивантаження, год	Тривалість користування вагонами, що надійшли порожніми, год	Коефіцієнт використання локомотивів
Партія відправлення - 8 вагонів				
1	3 локомотиви	21,25	6,25	0,95
2	4 локомотиви	19,12	5,8	0,87
3	5 локомотиви	18,97	4,7	0,82
Партія відправлення - 10 вагонів				
4	3 локомотиви	22,7	7,7	0,9
5	4 локомотиви	20,18	6,12	0,73
6	5 локомотиви	19,8	4,9	0,65
Партія відправлення - 14 вагонів				
7	3 локомотиви	23,76	7,1	0,85
8	4 локомотиви	21,8	6,3	0,65
9	5 локомотиви	20,22	5,2	0,61
Партія відправлення - 18 вагонів				
10	3 локомотиви	27,3	7,3	0,81
11	4 локомотиви	26,23	6,63	0,63
12	5 локомотиви	25,8	5,72	0,6

В результаті роботи моделі були отримані такі дані для кожного експерименту: тривалість користування вагонами з-під вивантаження, тривалість користування вагонами, що надійшли порожніми та коефіцієнт використання локомотивів.

Як бачимо, при збільшенні кількості залучених локомотивів тривалість користування вагонами буде зменшуватися, також знижується коефіцієнт використання локомотивів. Але при збільшенні розміру партії вагонів з готовою продукцією тривалість користування РС збільшується за рахунок простою в очікуванні завантаження додаткових вагонів.

Тому для визначення раціонального варіанту відправки готової продукції слід виконати економічні розрахунки.

3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Визначення вартості відправки феросплавної продукції

В ході роботи було проведено дослідження процесу відправки готової продукції АТ «ЗФЗ» На даний момент вантажні фронти підприємства обслуговуються трьома локомотивами. Відправки продукції зі ст. Заводська до ст. Південна здійснюються партіями у розмірі 10 вагонів. Під навантаження можуть використовуватися вагони, що використовувалися для завезення сировини (50% відправок здійснюється саме таким РС), а також на підприємстві подаються порожні вагони, що призначені безпосередньо для відправки готової продукції.

В результаті проведених експериментів на розробленій імітаційній моделі була встановлена залежність тривалості користування вагонами від цих показників. Для визначення оптимальних значень приведених параметрів виконаємо розрахунок загальних витрат для кожного експерименту.

Загальні витрати на відправку готової продукції включають в себе витрати на рухомий склад та витрати на роботу локомотивів [6]:

$$B_{відпр} = B_{ваг}^{кор} + B_{лок} \quad (3.1)$$

де $B_{ваг}^{кор}$ - вартість користування вагонами, грн;

$B_{лок}$ - вартість роботи локомотивів, грн.

Витрати на використання рухомого складу [7]:

$$B_{ваг}^{кор} = B_{ваг}^{вант} + B_{ваг}^{пор} \quad (3.2)$$

де $B_{ваг}^{вант}$ - вартість користування вагонами, що подавалися під навантаження після вивантаження сировини, грн.;

$B_{ваг}^{пор}$ - вартість користування вагонами, що подавалися на підприємство порожніми, грн.

$$B_{ваг}^{вант} = B_{ваг}^{пор} = C_{год}^{ваг} \cdot t_{кор} \cdot n_{ваг} \quad (3.3)$$

де $C_{год}^{ваг}$ - вартість користування вагонами за одну годину. Згідно даних досліджуваного підприємства це значення становить 165,68 грн;

$t_{кор}$ - тривалість користування вагонами за рік, год;

$n_{ваг}$ - кількість обслужених вагонів за рік, од.

Витрати на роботу локомотивів [8]:

$$B_{лок} = C_{год}^{лок} \cdot T_{лок} \cdot n_{лок} \cdot k_{лок} \quad (3.4)$$

де $C_{год}^{лок}$ - вартість однієї години роботи локомотиву, згідно отриманих даних $C_{год}^{лок} = 1021$ грн;

$T_{лок}$ - річний час роботи локомотиву, год. Тривалість роботи локомотивів приймаємо $24 \cdot 365 = 8760$ год;

$n_{лок}$ - кількість залучених локомотивів, од;

$k_{лок}$ - коефіцієнт використання локомотивів.

Партія відправлення - 8 вагонів

Витрати на використання рухомого складу:

$$B_{ваг}^{вант-3} = 165,68 \cdot 21,25 \cdot 150 = 6337260 \text{ грн}$$

$$B_{ваг}^{вант-4} = 165,68 \cdot 19,12 \cdot 150 = 5702043 \text{ грн}$$

$$B_{ваг}^{вант-5} = 165,68 \cdot 18,97 \cdot 150 = 5657309 \text{ грн}$$

$$B_{ваг}^{пор-3} = 165,68 \cdot 6,25 \cdot 150 = 1863900 \text{ грн}$$

$$B_{ваг}^{пор-4} = 165,68 \cdot 5,8 \cdot 150 = 1729699 \text{ грн}$$

$$B_{ваг}^{пор-5} = 165,68 \cdot 4,7 \cdot 150 = 1401653 \text{ грн}$$

Витрати на роботу локомотивів:

$$B_{лок}^{-3} = 1021 \cdot 8760 \cdot 3 \cdot 0,95 = 25490286 \text{ грн}$$

$$B_{лок}^{-4} = 1021 \cdot 8760 \cdot 4 \cdot 0,87 = 31124981 \text{ грн}$$

$$B_{лок}^{-5} = 1021 \cdot 8760 \cdot 5 \cdot 0,82 = 36670236 \text{ грн}$$

Загальні витрати на відправку готової продукції:

$$B_{відпр}^{-3} = 6337260 + 1863900 + 25490286 = 33691446 \text{ грн}$$

$$B_{відпр}^{-4} = 5702043 + 1729699 + 31124981 = 38556723 \text{ грн}$$

$$B_{відпр}^{-5} = 5657309 + 1401653 + 36670236 = 43729198 \text{ грн}$$

Партія відправлення - 10 вагонів

Витрати на використання рухомого складу:

$$B_{ваг}^{вант-3} = 165,68 \cdot 22,7 \cdot 150 = 6769685 \text{ грн}$$

$$B_{ваг}^{вант-4} = 165,68 \cdot 20,18 \cdot 150 = 6018160 \text{ грн}$$

$$B_{ваг}^{вант-5} = 165,68 \cdot 19,8 \cdot 150 = 5904835 \text{ грн}$$

$$B_{ваг}^{пор-3} = 165,68 \cdot 7,7 \cdot 150 = 2296325 \text{ грн}$$

$$B_{ваг}^{пор-4} = 165,68 \cdot 6,12 \cdot 150 = 1825131 \text{ грн}$$

$$B_{ваг}^{пор-5} = 165,68 \cdot 4,9 \cdot 150 = 1461298 \text{ грн}$$

Витрати на роботу локомотивів:

$$B_{лок}^{-3} = 1021 \cdot 8760 \cdot 3 \cdot 0,9 = 24148692 \text{ грн}$$

$$B_{лок}^{-4} = 1021 \cdot 8760 \cdot 4 \cdot 0,73 = 26116363 \text{ грн}$$

$$B_{лок}^{-5} = 1021 \cdot 8760 \cdot 5 \cdot 0,65 = 29067870 \text{ грн}$$

Загальні витрати на відправку готової продукції:

$$B_{відпр}^{-3} = 6769685 + 2296325 + 24148692 = 33214702 \text{ грн}$$

$$B_{відпр}^{-4} = 6018160 + 1825131 + 26116363 = 33959654 \text{ грн}$$

$$B_{відпр}^{-5} = 5904835 + 1461298 + 29067870 = 36434003 \text{ грн}$$

Партія відправлення - 14 вагонів

Витрати на використання рухомого складу:

$$B_{ваг}^{вант-3} = 165,68 \cdot 23,76 \cdot 150 = 7085802 \text{ грн}$$

$$B_{ваг}^{вант-4} = 165,68 \cdot 21,8 \cdot 150 = 6501283 \text{ грн}$$

$$B_{ваг}^{вант-5} = 165,68 \cdot 20,22 \cdot 150 = 6030089 \text{ грн}$$

$$B_{ваг}^{пор-3} = 165,68 \cdot 7,1 \cdot 150 = 2117390 \text{ грн}$$

$$B_{ваг}^{пор-4} = 165,68 \cdot 6,3 \cdot 150 = 1878811 \text{ грн}$$

$$B_{ваг}^{пор-5} = 165,68 \cdot 5,2 \cdot 150 = 1550765 \text{ грн}$$

Витрати на роботу локомотивів:

$$B_{лок}^{-3} = 1021 \cdot 8760 \cdot 3 \cdot 0,85 = 22807098 \text{ грн}$$

$$B_{лок}^{-4} = 1021 \cdot 8760 \cdot 4 \cdot 0,65 = 23254296 \text{ грн}$$

$$B_{лок}^{-5} = 1021 \cdot 8760 \cdot 5 \cdot 0,61 = 27279078 \text{ грн}$$

Загальні витрати на відправку готової продукції:

$$B_{відпр}^{-3} = 7085802 + 2117390 + 22807098 = 32010291 \text{ грн}$$

$$B_{відпр}^{-4} = 6501283 + 1878811 + 23254296 = 31634390 \text{ грн}$$

$$B_{відпр}^{-5} = 6030089 + 1550765 + 27279078 = 34859932 \text{ грн}$$

Партія відправлення - 18 вагонів

Витрати на використання рухомого складу:

$$B_{ваг}^{вант-3} = 165,68 \cdot 27,3 \cdot 150 = 8141515 \text{ грн}$$

$$B_{ваг}^{вант-4} = 165,68 \cdot 26,23 \cdot 150 = 7822416 \text{ грн}$$

$$B_{ваг}^{вант-5} = 165,68 \cdot 25,8 \cdot 150 = 7694179 \text{ грн}$$

$$B_{ваг}^{пор-3} = 165,68 \cdot 7,3 \cdot 150 = 2177035 \text{ грн}$$

$$B_{ваг}^{пор-4} = 165,68 \cdot 6,63 \cdot 150 = 1977225 \text{ грн}$$

$$B_{ваг}^{пор-5} = 165,68 \cdot 5,72 \cdot 150 = 1705841 \text{ грн}$$

Витрати на роботу локомотивів:

$$B_{лок}^{-3} = 1021 \cdot 8760 \cdot 3 \cdot 0,81 = 21733823 \text{ грн}$$

$$B_{лок}^{-4} = 1021 \cdot 8760 \cdot 4 \cdot 0,63 = 22538779 \text{ грн}$$

$$B_{лок}^{-5} = 1021 \cdot 8760 \cdot 5 \cdot 0,6 = 26831880 \text{ грн}$$

Загальні витрати на відправку готової продукції:

$$B_{відпр}^{-3} = 8141515 + 2177035 + 21733823 = 32052373 \text{ грн}$$

$$B_{відпр}^{-4} = 7822416 + 1977225 + 22538779 = 32338420 \text{ грн}$$

$$B_{відпр}^{-5} = 7694179 + 1705841 + 26831880 = 36231900 \text{ грн}$$

3.2 Аналіз отриманих результатів та визначення економічного ефекту

Для зручності аналізу витрат отримані результати розрахунків зводимо до загальної таблиці 3.1. Графічне зображення залежності розміру витрат від кількості локомотивів та розміру партії відправок наведено а рис. 3.1.

Таблиця 3.1 – Розрахунок витрат на відправку готової продукції

Кількість локомотивів	Вартість користування вагонами (вант.-вант.)	Вартість користування вагонами (порож.-вант.)	Вартість роботи лок., грн	Загальні витрати, грн
1	2	3	4	5
8 вагонів				
3	6337260	1863900	25490286	33691446
4	5702043	1729699	31124981	38556723
5	5657309	1401653	36670236	43729198
10 вагонів				
3	6769685	2296325	24148692	33214702
4	6018160	1825131	26116363	33959654
5	5904835	1461298	29067870	36434003

Кінець таблиці 3.1

1	2	3	4	5
14 вагонів				
3	7085802	2117390	22807098	32010291
4	6501283	1878811	23254296	31634390
5	6030089	1550765	27279078	34859932
18 вагонів				
3	8141515	2177035	21733823	32052373
4	7822416	1977225	22538779	32338420
5	7694179	1705841	26831880	36231900

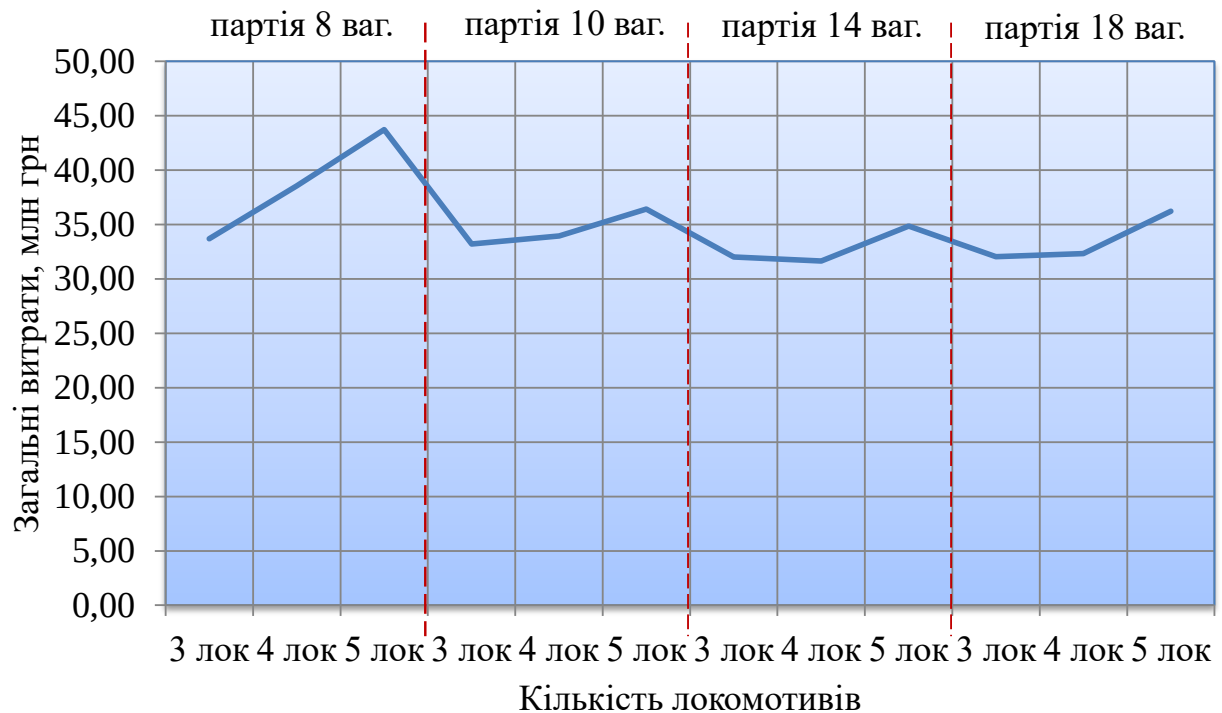


Рисунок 3.1 – Графік витрат при різних умовах відправки продукції

За результатами розрахунків найменші витрати на доставку будуть при використанні 4-ох локомотивів та розміру партії відправки - 14 вагонів. У порівнянні з базовим варіантом роботи (3 локомотиви та 10 вагонів в партії) отримаємо економічний ефект:

$$E = 33214702 - 31634390 = 1580311 \text{ грн}$$

Таким чином, можемо зробити висновок про доцільність залучення до роботи на вантажних фронтах додаткового локомотиву, та збільшення партії відправлення продукції на 4 вагони. Впровадження пропонованого рішення дозволить досягти економії близько 1,6 млн. грн.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В даному розділі магістерської роботи розглядаються шкідливі фактори, що можуть виникати при відвантаженні феросплавної продукції в умовах металургійного виробництва та матимуть вплив на дослідника під час збору статистичних даних. Після проведення аналізу можливих небезпек буде розроблено заходи по їх усуненню.

Марганцеві сплави – селікомарганець, феромарганець є небезпечним вантажем. Тому при транспортній переробці феросплавів треба це враховувати.

4.1 Аналіз потенційних небезпек

Під час вантажних робіт можливий обрив вантажу, що може спричинити травмування робітників та розсіювання феросплавів, порушуючи при цьому чистоту навколишнього середовища.

На майданчиках для завантаження тарних вантажів може відбутися падіння вантажу з різних висот, таких як пандус, рівень кузова автомобіля чи рівень платформи, що може стати причиною травмування як для робітників, так і для дослідника.

Інші потенційні небезпеки наведені у Додатку А.

У Додатку Б представлені заходи щодо усунення загальних ризиків та небезпек виробничої санітарії.

Додаток В містить розрахунок дослідження шкідливих факторів виробничого середовища, значення яких були виміряні в лабораторії дослідника з використанням ПК.

У відповідному підрозділі розглядаються питання цивільного захисту.

4.2 Заходи з пожежної безпеки

Для облаштування дослідницької лабораторії, оснащеної персональними комп'ютерами, відповідно до вимог розділу VI, пункт 5 "Вибір типу та необхідної кількості вогнегасників" та "Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників", які були затверджені наказом Міністерства внутрішніх справ України від 15.01.2018 р. № 25 та зареєстровані в Міністерстві юстиції України 23.02.2018 р. № 225/31677, для тушіння електроустановок, що перебувають під напругою, передбачено використання вуглекислотних вогнегасників з розрахунком одного вогнегасника з об'ємом вогнегасної речовини 3 кг і більше на кожні 20 м² площі приміщення.

Оскільки площа лабораторії не перевищує 20 м², для її облаштування використовується один вуглекислотний вогнегасник типу ВВК-3,5.

ВИСНОВКИ

Завданням дослідження було удосконалити процес відвантаження феросплавної продукції АТ «ЗФЗ» шляхом визначення його оптимальних параметрів за допомогою імітаційного моделювання.

В першому розділі було проведено аналіз підприємства, досліджено його основні вантажо- і вагонопотоки. Були виділені особливості транспортування феросплавної продукції. Також розглянуто вантажні фронти підприємства, їх технічні характеристики.

В результаті проведеного аналізу існуючої технології відправки продукції були виділені деякі недоліки та встановлено доцільність проведення удосконалення системи шляхом аналізу її роботи на імітаційній моделі.

Основна частина присвячена розробці імітаційної моделі з детальним відтворенням процесів відвантаження продукції. Проведено ряд експериментів з варіюванням кількості локомотивів від 3-х до 5-ти одиниць, та при різному розмірі партій відправки від 8-ми до 18 вагонів.

За результатами моделювання, в залежності від встановлених параметрів, тривалість користування вагонами з-під вивантаження коливається в межах від 18,97 до 27,3 год; тривалість користування вагонами, що надійшли порожніми може складати 4,7 - 7,7 год; коефіцієнт використання локомотивів від 0,95 до 0,6.

Встановлено, при збільшенні кількості залучених локомотивів тривалість користування вагонами зменшується та знижується коефіцієнт використання локомотивів. Але при збільшенні розміру партії вагонів з готовою продукцією тривалість користування РС збільшується за рахунок простою в очікуванні завантаження додаткових вагонів.

В економічній частині проведено розрахунки для кожного експерименту. Згідно отриманих результатів найменші витрати на доставку будуть при використанні 4-ох локомотивів та розміру партії відправки - 14 вагонів. У

порівнянні з базовим варіантом роботи (3 локомотиви та 10 вагонів в партії).

Таким чином, було зроблено висновок про доцільність залучення до роботи на вантажних фронтах додаткового локомотиву, та збільшення партії відправлення продукції на 4 вагони. Впровадження пропонованого рішення дозволить досягти економії близько 1,6 млн. грн.

В четвертому розділі були проаналізовані потенційні небезпеки, що можуть виникнути в процесі відвантаження та відправки феросплавної продукції. Розроблені рекомендації щодо їх усунення.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. АТ «Запорізький завод феросплавів» : Офіційний сайт. – URL: <http://zfz.com.ua/>.
2. Правила перевезень вантажів залізничним транспортом в Україні [Електронний ресурс]. https://uz.gov.ua/cargo_transportation/legal_documents/terms_of_freight/.
3. Вантажні перевезення на залізничному транспорті: підручник / О.В. Лаврухін та ін. – Харків: УкрДУЗТ, 2015. – Ч. 1. – 260 с.
4. Технічний паспорт під'їзних залізничних колій АТ «Запорізький Завод Феросплавів». – Запоріжжя, 2011. – 35 с.
5. Відомість вантажних фронтів на залізничній під'їзній колії АТ "Запорізький завод феросплавів" (контрагент ПАТ «Запоріжжкокс»). – Запоріжжя, 2011.
6. 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.
7. Економіка залізничного транспорту: підручник / за ред. Ю. В. Кулаєва, Ю. С. Бараша, М. В. Гненного; Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2014. – 480
8. Економіка залізничного транспорту: навч. посібник / Л.О. Позднякова, О.Г. Дейнека, М.Д. Жердев та ін.; за заг. ред. Л.О. Позднякової, О.Г. Дейнеки. – Харків: УкрДАЗТ, 2010. – 243 с.**с.**
9. Лазуткін М. І., Журавель М. О. Дослідження шкідливих та небезпечних факторів виробничого середовища, важкості і напруженості праці : методичні вказівки до лабораторного заняття з дисципліни «Цивільний захист і охорона праці в галузі» : для студентів усіх спеціальностей та усіх форми навчання : Запоріжжя: ЗНТУ. Каф. ОП і НС,

10. Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу. [На заміну ГН 3.3.5-8.6.6.1-2002 ; чинний від 2014-05-30]. К. : МОЗ України, 2014. 37 с. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0472-14>. (Державні санітарні норми та правила)

11. ДСанПіН 3.3.2.007-98. Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин. [Чинний від 1998-12-10]. К. : МОЗ України, 1998. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=2445>. (Державні санітарні правила та норми)

12. Кодекс цивільного захисту України. Офіційний вебпортал парламенту України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17#Text>

ДОДАТОК А

АНАЛІЗ ДОДАТКОВИХ ПОТЕНЦІЙНИХ НЕБЕЗПЕК

При навантаженні феросплавів «навалом» пил сильно діє на організм вантажника та дослідника. При вдиханні можливе ураження дихальних шляхів, а також явлення загального отруєння.

При подачі автомобіля до навантаження заднім ходом можливі наїзди на робітників, що призведе до травмування.

При транспортній переробці феросплавів можливо забруднення акваторії порту, що призводить до отруєння води та екологічному порушенню природного балансу.

Ураження робітників електричним струмом від не ізольованих чи пошкоджених кабелів кранів, що призводить до електричної травми чи виникненню пожежі.

Недостатньо освітлення на накопичувальному майданчику може призвести до не вірного складування чи навантажування феросплавів на платформи.

При обробці статистичних даних на комп'ютері можливе виникнення важкості та напруженості праці, та можуть діяти інші фактори санітарно-гігієнічного характеру (освітлення, мікроклімат, шум та інші).

ДОДАТОК Б

ЗАХОДИ ПО ЗАБЕЗПЕЧЕННЮ БЕЗПЕКИ

Для запобігання падіння вантажу, наприклад біг-бегів, при вантажених роботах, необхідно застосовувати спеціальні траверси, що дозволять швидко та надійно кріпити вантаж. Треба контролювати номінал навантаження кранів з масою вантажу відповідно «Правил охорони праці під час навантажувальних-розвантажувальних робіт» Наказ № 21 від 19.01.2015.

На майданчиках для навантаження феросплавів в тарі, що зберігаються на складах, пакгаузах, повинні бути облаштовані платформи, естакади, рампи висотою, що дорівнює висоті підлоги кузова автомобіля або платформи відповідно ДБН А.5.2-2-2008 «Охорона праці і промислова безпека у будівництві».

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. «Правила охорони праці під час навантажувальних-розвантажувальних робіт» Наказ № 21 від 19.01.2015.

Для запобігання ураження електричним струмом необхідно перед початком робіт ретельно перевіряти підводячі електричні кабелі кранів на стан пошкодження. В випадку пошкодження, негайно викликати службу по їх ремонту.

ДОДАТОК В

ЗАХОДИ З ВИРОБНИЧОЇ САНІТАРІЇ ТА ГІГІЄНИ ПРАЦІ

Для запобігання отруєння робітників в закритих приміщеннях необхідно облаштовувати вентиляційні пристрої. За допомогою вентиляційної системи видаляється забруднення, що затримується у фільтрах вентиляційної системи, та подається очищено повітря відповідно ДБН 2.5-67-2007 «Опалення, вентиляція, кондиціонування».

На відкритих майданчиках робітники, для запобігання отруєння, повинні захищатися респіраторами відповідно НПАОП 0.00-1.01-08 «Положення про порядок забезпечення робітників спеціальним одягом, взуттям та іншими засобами індивідуального захисту».

Для попередження забруднення феросплавами акваторії порту необхідно щоб збір стоків вод потрапляв у виробничу каналізацію. Викидати феросплави та різні його залишки в водойми забороняється [10].

Перевозити феросплави треба в спеціальних барабанах (до 500 кг) дощатих міцних ящиках (до 80 кг). Зберігати у критих складах чи під навісом. «Правила перевезення небезпечних вантажів» Наказ № 822 від 26.07.2004

Для приведення освітленості на відкритих майданчиках, необхідно розрахувати тип прожекторів, освітленість та висоту підвісу. Відповідно ДБН норма освітленості на майданчику повинна бути близько 10 лк.

При обробці статистичних даних в лабораторії, де є комп'ютер, можливе виникнення напруженості праці та інші шкідливі фактори санітарно-гігієнічного характеру [11].

Для запобігання дії шкідливих факторів на дослідника в лабораторії обладнаній ПК проведемо заміри, які вносимо до таблиці В.1 «Вихідні дані». Проведемо оцінку рівня умов, важкості та напруженості праці дослідника в лабораторії обладнаній ПК за бальною шкалою .

Таблиця В.1 - Вихідні дані

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

У відповідності до вихідних даних, вносимо наявні фактори умов праці, що впливають на дослідника в процесі трудової діяльності, їх фактичне значення та час дії вносимо до таблиці В.2 «Результати оцінювання за бальною шкалою».

Відповідно до додатка А [9], за витратами енергії, визначаємо категорію робіт для дослідника лабораторії обладнаної ПК. Умови праці, за витратами енергії, не перевищують 140 Вт (90-120 ккал/год.) та повинні відповідати легким фізичним роботам – категорії Іб.

З додатків [9], відповідно до категорії робіт Іб, розряду зорових робіт А-1 та виявлених показників умов та напруженості праці, визначаємо ГДК (ГДР) виявлених факторів і показників та вносимо їх значення до таблиці В.2 «Результати оцінювання за бальною шкалою».

Таблиця В.2 - Результати оцінювання за бальною шкалою.

Фактор (показник)	Виміряні показники $P_{вим}$	Час дії год.	ГДК, ГДР, показники, $P_{доп}$	$X_{визн}$, бали	Клас умов праці	X_i , бали
1	2	3	4	5	6	7
Мікроклімат за ТНС-індексом, $t, ^\circ\text{C}$	28	8	22,9-25,8	4	3.4	4
Освітленість приміщення E , лк	450	8	500	-	2	0
Розряд і підрозряд зорових робіт, $З_{ор}$	A-1	-	-	-	-	-
Рівень шуму L , дБА	105	4	60	-	3.3	1,5
Загальні енергозатрати організму, Вт	250	7	290	0,75	3.3	3
Стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук)	60300	7	40000	1,32		
Тривалість зосередження уваги (в % від часу зміни)	77	7	51-75	0,90		
Тривалість робочого дня, год.	8	8	8	0,15		

Для окремих факторів і показників за методикою визначеною «Гігієнічною класифікацією праці», визначаємо розрахункові коефіцієнти $X_{визн}$ та вносимо їх значення до таблиці В.2 «Результати оцінювання за бальною шкалою».

Для гігієнічної оцінки мікроклімату використовуємо ТНС індекс, додаток Б [9]. Розрахунковий коефіцієнт $X_{визн}$ при оцінці мікроклімату визначаємо в балах, за формулою (В.1):

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

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

Для показників важкості та напруженості праці розрахункові коефіцієнти визначаються за основними та допоміжними показниками, що є характерними для конкретного робочого місця, за формулою (B.2):

а) загальні енергозатрати організму, $K_{\text{знач}} = 1,0$:

$$X_{\text{визн}} = \frac{P_{\text{вим}} \cdot T \cdot K_{\text{знач}}}{8 \cdot P_{\text{дон}}} \quad (\text{B.2})$$

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

б) стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук), $K_{\text{знач}} = 1,0$:

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

в) тривалість зосередження уваги (% від часу робочого дня), $K_{\text{знач}} = 1,0$:

$$X_{\text{визн}} = \frac{77 \cdot 7 \cdot 1}{8 \cdot 75} = 0,90.$$

г) тривалість робочого дня, $K_{\text{знач}} = 0,15$:

$$X_{\text{визн}} = \frac{8 \cdot 180,15}{8 \cdot 8} = 0,15.$$

Визначаємо клас та ступінь шкідливості умов праці для кожного з виявлених факторів і показників та вносимо їх значення до таблиці В.2 :

- для мікроклімату, відповідно до значення розрахункового коефіцієнта $X_{\text{визн}} = 4$, з таблиці 7.2 – 3 клас, 4 ступінь (3.4) [9];

- при оцінці освітленості робочої зони приміщення, клас та ступінь шкідливості умов праці визначаємо у відповідності до $\Pi_{\text{вим}} = 450$ лк, за додатками Г та табл. Г.1 – 2 клас, (2) [9];

- для гігієнічної оцінки рівня шуму, клас та ступінь шкідливості умов праці визначаємо у відповідності до виміряного значення рівня шуму $\Pi_{\text{вим}} = 105$ дБА, за додатками Д та табл. Д.1 – 3 клас, 3 ступінь (3.3) [9];

- клас і ступінь важкості та напруженості праці визначаємо як суму розрахованих балів усіх показників $X_{\text{визн}}$ за формулою (В.3) [9]:

$$X_{\text{сум}} = \sum_{i=1}^n X_i \quad (\text{В.3})$$

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

З таблиці 7.3 [9] за значенням суми розрахованих балів показників $X_{\text{сум}} = 3,12$ – 3 клас, 3 ступінь (3.3);

В результаті досліджень, відповідно до розрахунків, встановлено, що умови праці на робочому місці дослідника в лабораторії обладнаній ПК належать до 3 класу, 4 ступеню.

Оскільки при гігієнічній оцінці виявлена наявність шкідливих та важких умов праці, проводимо дослідження фактичного стану умов праці, з ме-

тою визначення розмірів доплат за ступені шкідливості факторів діючих на дослідника за бальною шкалою, та вносимо їх значення до таблиці 4.2 :

- для оцінки впливу мікроклімату, виходимо з того що він відповідає третьому класу, 4 ступеню умов праці, а час його дії уже врахований, тому $X_{ст} = X_i = 4$;

- при оцінці впливу освітленості, виходимо з того що вона відповідає 2 класу умов праці, згідно додатку Г [9] – $X_{ст} = X_i = 0$;

- для оцінки впливу шуму, виходимо з того, що його рівень відповідає третьому класу, 3 ступеню умов праці та діє протягом 4 годин, тому значення X_i визначаємо за формулою 4.4 [9]:

$$X_i = X_{cm} \cdot \frac{T}{8} \quad (B.4)$$

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

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

Для визначення конкретного розміру доплати, умови праці оцінюємо по сумі значень X_i , за формулою 4.5 [25]:

$$X_{факт} = \sum_{i=1}^n X_i \quad (B.5)$$

$$X_{факт} = 4 + 0 + 1,5 + 3 = 8,5.$$

Розмір доплати за умовами праці визначаємо в залежності від їх фактичного стану – $X_{\text{факт}} = 8,5$, на підставі типового положення «Про оцінку умов праці на робочих місцях і порядок застосування галузевих переліків робіт, на яких можуть установлюватися доплати робітникам за умови праці», з таблиці 7.4[25]. Розмір доплати до тарифної ставки (окладу) – 20 % [9].

На підставі результатів загальної гігієнічної оцінки умов праці за ступенем шкідливості та небезпечності, а також дослідження фактичного стану умов праці є наступні пропозиції, щодо усунення шкідливих факторів:

а) відповідно до класифікації умови, важкість та напруженість праці на робочому місці дослідника лабораторії належать до категорії Іб, тому необхідно привести ці умови у відповідність до нормативних значень, які відповідають оптимальним параметрам для категорії Іб, а саме:

- мікрокліматичні умови, за інтегральним показником теплового навантаження середовища - ТНС-індексом - 22,9-25,8°C;
- рівень шуму в робочій зоні дослідника лабораторії – 60 дБА;
- загальні енергозатрати організму, до 174 Вт;
- стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук), до 40000;
- тривалість зосередження уваги (в % від часу зміни), до 75%; - тривалість робочого дня, 6 або 7 год.

б) для приведення умов, важкості та напруженості праці до вищезазначених показників необхідно передбачити комплекс заходів які забезпечать нормалізацію умов праці, наприклад:

- для приведення мікрокліматичних умов до відповідності, необхідно забезпечити припливно-витяжну механічну вентиляцію або кондиціонування приміщення;
- для зниження рівня шуму в робочій зоні дослідника необхідно замість матричних принтерів застосувати лазерні; з метою зниження зовнішнього шуму замінити вікна на пластикові з трикамерним склопакетом;

- для зменшення загальних енергозатрат організму, необхідно скоротити тривалість робочого дня до 6 або 7 год

- для зменшення напруженості праці від стереотипних рухів за зміну при локальному навантаженні кистей рук та пальців необхідно передбачити перерви, не менш 15 хвилин, кожні 1-2 години;

- для зменшення тривалості зосередження уваги, необхідно скоротити тривалість робочого дня, передбачити додаткові перерви.

в) якщо, з об'єктивних причин, вищезазначені заходи неможливо виконати, необхідно забезпечити доплати до тарифної ставки (окладу) за особливо шкідливі та особливо важкі умови праці, відповідно до таблиці 7.4 [9], у розмірі 20 %.