

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Національний університет «Запорізька політехніка»

Транспортний  
(повне найменування факультету)

«Транспортні технології»  
(повне найменування кафедри)

## Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)


магістра  
(ступінь вищої освіти)

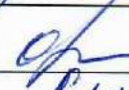
на тему ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЗАСОБІВ  
ДОЗУВАННЯ ПРИ ВІДВАНТАЖЕННІ ГРАНУЛЬОВАНОГО ШЛАКУ НА  
ПРИКЛАДІ ПАТ «ЗАПОРІЖСТАЛЬ»


Виконав: студент ІІ курсу, групи T-822M

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

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

  
\_\_\_\_\_  
Микола ПАВЛОВ  
(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

**ЗАВДАННЯ**  
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

ПАВЛОВА Миколи Володимировича

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Дослідження ефективності використання засобів дозування при відвантаженні гранульованого шлаку на прикладі ПАТ «Запоріжсталь»

керівник проекту (роботи) к.т.н. ОСТРОГЛЯД Олена Олександрівна

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «21» листопада 2023 року №451

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

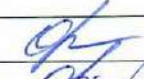
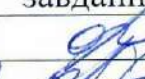






3. Вихідні дані до проекту (роботи) існуючі обсяги вантажоперевезень гранульованого шлаку, існуюча транспортно-виробнича система підприємства, існуючий технологічний процес перевезення

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналітична частина, 1.1 Характеристика та умови постачань гранульованого шлаку, 1.2 Транспортно-виробнича система відвантаження гранульованого шлаку, 1.3 Постановка завдань магістерської роботи, 2. Основна частина, 2.1 Аналіз інтенсивності інтервалів часу між навантаженням партій граншлаку, 2.2 Розробка моделі із дозуванням вагонів, 2.3 Експериментальна частина 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)

Микола ПАВЛОВ  
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Керівник проєкту (роботи)

  
(підпис)

Олена ОСТРОГЛЯД  
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

## РЕФЕРАТ

ПЗ : 80 с., 41 рис., 7 табл., 18 джерел.

### ГРАНШЛАК, ПУНКТ ДОЗУВАННЯ, ЗАЛІЗНИЧНИЙ ТРАНСПОРТ, ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ

Об'єкт дослідження – транспортно-виробнича система цеху шлакопереробки ПАТ «Запоріжсталь».

Мета роботи – дослідження ефективності використання ділянки із дозування вагонів гранульованим шлаком в умовах цеху шлакопереробки металургійного підприємства.

Методи дослідження – аналітичний та статистичний аналіз, імітаційне моделювання.

В магістерській роботі досліджений процес відвантаження гранульованого шлаку металургійного підприємства в умовах використання ділянки із дозування залізничних вагонів. Визначено економічну ефективність різних варіантів організації робіт.

## ЗМІСТ

	с.
Завдання на проєкт .....	2
Реферат.....	4
Зміст .....	5
Вступ .....	7
1 Аналітична частина .....	9
1.1 Характеристика та умови постачань гранульованого шлаку .....	9
1.2 Транспортно-виробнича система відвантаження гранульованого шлаку .....	12
1.3 Постановка завдань магістерської роботи .....	23
2 Основна частина .....	25
2.1 Аналіз інтенсивності інтервалів часу між навантаженням партій граншлаку .....	25
2.2 Розробка моделі із дозуванням вагонів .....	26
2.3 Експериментальна частина .....	46
3 Економічна частина .....	52
3.1 Огляд отриманих результатів моделювання навантаження та дозування граншлаку для економічних розрахунків .....	52
3.2 Визначення методики порівняння варіантів відвантаження граншлаку.....	54
3.3 Варіант перевезення граншлаку без дозування .....	55
3.4 Варіант перевезення граншлаку із дозуванням .....	56
3.5 Варіант перевезення граншлаку із дозуванням та раціональним використанням локомотивів .....	57
3.6 Аналіз економічних розрахунків .....	58

4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях .....	62
4.1 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях, наслідки пожеж і вибухів .....	63
Висновки .....	65
Перелік посилань .....	67
ДОДАТОК А. АНАЛІЗ ПОТЕНЦІЙНИХ НЕБЕЗПЕК .....	70
ДОДАТОК Б. ЗАХОДИ ПО ЗАБЕЗПЕЧЕННЮ БЕЗПЕКИ .....	72
ДОДАТОК В. ШКІДЛИВІ ФАКТОРИ САНІТАРНО-ГІГІЄНИЧНОГО ХАРАКТЕРУ.....	74

## ВСТУП

Одним з важливих безпекових факторів є забезпечення використання вагонів у межах встановленої конструктивної вантажопідйомності. В роботі проводиться теоретичне дослідження ефективності використання засобів дозування при відвантаженні гранульованого шлаку на прикладі ПАТ «Запоріжсталь».

Тривалий час це підприємство не мало таких засобів та, задля забезпечення неперевищення вантажопідйомності вагонів, які рухаються до постачальників залізницями України, здійснювало контрольну перевірку ваги вагонів у поїзді, який відправляється на зовнішню мережу залізничних шляхів.

У разі виявлення вагонів із перевантаженням, вони повертались на підприємство для усунення цього недоліку, що обумовлювало додаткові витрати на перевезення та збільшувало плату за користування транспортними засобами.

Крім того, низька точність навантаження та визначення ваги за обміром призводило до сплати залізничного тарифу за «нейснуючу» вагу гранульованого шлаку.

Після облаштування ділянки дозування вагонів, навантажених граншлаком, дана проблема є вирішеною. Але це також потребує витрат із перевезення та вантажних робіт.

В роботі поставлена задача аналізу ефективності прийнятих рішень та отримані результати можуть бути корисними для економічного обґрунтування та практичного впровадження даних інновацій на інших підприємствах.

Крім того, будуть розглянуті питання організації транспортного обслуговування ділянки дозування з метою раціонального використання тепловозів.

Дана ділянка не передбачає закріплення окремого локомотиву за нею через невисокий обсяг маневрової роботи, а відстань до місць активного використання тепловозів достатньо значна.

Це потребує визначення доцільності обслуговування за викликом, або з очікуванням в районі навантаження та дозування додаткових обсягів маневрової роботи.



## 1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

### 1.1 Характеристика та умови постачань гранульованого шлаку

Гранульований доменний шлак є достатньо поширеним в Україні та доступним за ціною компонентом, який використовується при виготовленні матеріалів для будівництва, при виробництві цементу, будівництві доріг тощо.

Доменний шлак є супутнім виробничому процесу виготовлення чавуну продуктом. Він утворюється, зокрема, через взаємодію карбонатів кальцію та магнію з порожньою «зайвою» породою, що містилась у залізній руді та золою коксу. Відповідно склад доменного шлаку буде залежати від виду і властивості залізної руди, коксу, вапняку та типу чавуну, що виплавляється у доменній печі.

Фазовий склад шлаків представлений кристалічними і склоподібною фазами з різним співвідношенням скла і кристалів.

Шлаки складаються зі склоподібної (кальцієво-магнієво-алюмосилікатне скло) та кристалічної фази шлаку:

- меліліту;
- двокальцієвого силікату;
- волластоніту;
- монтічелліту;
- форстериту;
- шпінелі.

Близькість складу граншлаку до цементної суміші, обумовлює їх вибір для цього виробництва серед інших видів шлаків для виробництва будматеріалів. Крім того, привабливою є їх здатність набування гідравлічної активності при швидкому охолодженні.

Головна маса доменних шлаків отримується при виплавці передільного та ливарного чавуну.

Відомим методом перероблення доменного шлаку є грануляція – різке охолодження водою через яке шлаковий розплав перетворюється на засклені гранули.

Для злиття шлаку у гранбасейн використовуються шлаковози – спеціальний залізничний рухомий склад, що обладнаний власною системою кантування із електричним приводом (рисунок 1.1). Живлення від'єднується безпосередньо на фронті зливання.



Рисунок 1.1 – Кантування шлаковозів

Гранульований шлак виробництва Запоріжсталі має коефіцієнт якості, який характеризує його гідралічну властивість [1], знаходиться у межах від 1,45 до 1,65.

Після зливання ковшів (рисунок 1.2) граншлак за допомогою мостового крану, обладнаного грейфером, переміщується до вагонів-думпкарів, які, в свою чергу доставляють шлак до штабельного складу, розташованого на відкритій ділянці.

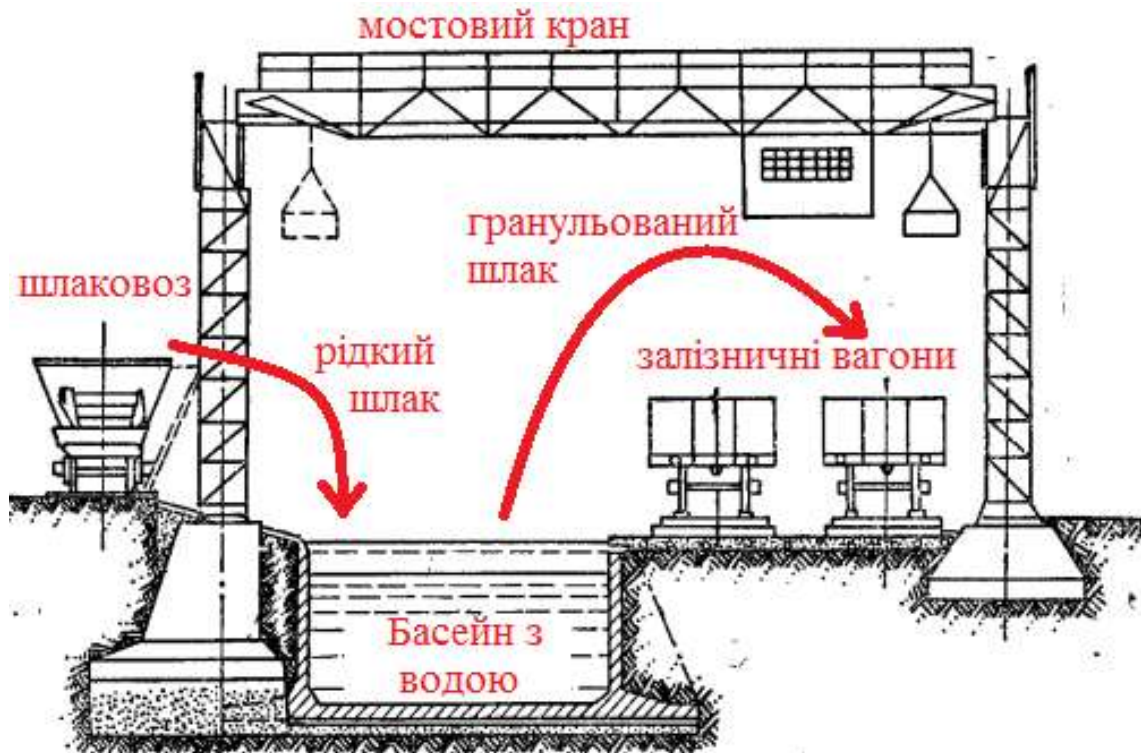


Рисунок 1.2 – Схема грануляції шлаку

У складі утвореного шлаку може міститись до 35 % вологи.

За умовами постачання [1] при встановленні кількості гранульованого шлаку враховуються норми природної втрати та гранична похибка зважування – 1,5% від партії матеріалу.

У випадках виявлення розбіжностей в процесі зважуванні граншлаку покупцем із показниками, зазначеними у залізничний накладній у розмірі понад 1,5% від маси нетто, відшкодовується лише та кількість, що є більшою за 1,5% від маси нетто.

Приймання гранульованого шлаку за кількістю здійснюється відповідно до Інструкції № П-6 з урахуванням ДСТУ і ТУ.

Приймання гранульованого шлаку за якістю здійснюється відповідно Інструкції № П-7 з урахуванням ДСТУ і ТУ.

Якщо виявлена невідповідність щодо кількості або якості гранульованого шлаку, що одержується покупцем, він повинен обов'язково викликати представника підприємства Запоріжсталь.

Якщо покупець не отримає відповідь від Запоріжсталі, або представник не прибуде до споживача у встановлений інструкціями №П-6, П-7 термін, подальша прийомка за кількістю або якістю повинна продовжитись за участю незалежної компетентної організації [2-4].

За умовами типового договору постачання при температурі повітря нижче 0°C Запоріжсталь не несе відповідальності за можливі труднощі одержувача, що пов'язані з розвантаженням вагонів із «замерзлим» гранульованим шлаком.

## **1.2 Транспортно-виробнича система відвантаження гранульованого шлаку**

Транспортно-виробнича система відвантаження гранульованого шлаку складається [5-7]:

- станція Гранбасейн, де здійснюється виробництво граншлаку та навантаження його у думпкари;
- склад гранульованого шлаку, де здійснюється його зберігання, зневоднення та відвантаження;
- ділянка дозування вантажу у вагони, розташована поруч з фронтом навантаження;

- станція Східна, яка обслуговує перевезення граншлаку. З цієї станції подаються порожні вагони та на ній формуються состави на відправлення.

З цієї системи виділяємо та більшою мірою деталізуємо мікрологістичну систему перевезення граншлаку – МЛСГШ:

- колія накопичення порожніх вагонів для навантаження шлаку – колія 16 станції Східна;
- колії горловини станції, по яких здійснюється маневрова робота з перестановки порожніх вагонів на 40 колію;
- колія 40, з якої здійснюється відправлення вагонами уперед до станції Гранбасейн;
- перегін Східна-Гранбасейн;
- колії 9 та 10 – нижній і верхній майданчик зневоднення шлаку;
- колія 13а – зважування та дозування шлаку.

Для зважування вагонів використовуються тензометричні ваги з можливістю зважування до 150 тонн.

У таблиці 1.1 представлені характеристики елементів МЛСГШ [6,7].

Таблиця 1.1 – Характеристики елементів МЛСГШ

Елемент МЛСГШ	Призначення (операція)	Довжина, м	Місткість, вагонів	Час знаходження вагонів, год.
Колія 16 станції Східна	Накопичення порожніх ваг.	500	33	0,5
З'єднувальні колії (16-40)	Маневри з перестановки составу	-	-	0,25

Продовження таблиці 1.1

Елемент МЛСГШ	Призначення (операція)	Довжина, м	Місткість, вагонів	Час знаходження вагонів, год.
Колія 40 станції Східна	Відправлення до станції Гранбасейн	419	27	0,1
Перегін станція Східна – станція Гранбасейн	Рух поїзду до місця навантаження	-	-	0,15
Горловини та колії станції Гранбасейн	Проїзд составу через станцію Гранбасейн	-	-	0,15
Колія 9 станції Гранбасейн	Постановка та закріплення вагонів	425	28	0,2
Колія 9 станції Гранбасейн	Навантаження 10 вагонів	425	28	8
Колія 13а станції Гранбасейн	Зважування та дозування (варіант 2)	325	19	3

Кінець таблиці 1.1

Елемент МЛСГШ	Призначення (операція)	Довжина, м	Місткість, вагонів	Час знаходження вагонів, год.
Перегін станція Гранбасейн – станція Східна	Рух поїзду	-	-	0,15
Колія 40 станції Східна	Прибуття поїзду зі шлаком	419	27	0,1
З'єднувальні колії (40-16)	Маневри з перестановки составу на колію 13 Східної	-	-	0,25
Колія 13 станції Східна	Формування составу для відправлення на Запоріжжя- Ліве	643	42	2
Станція Східна – станція Запоріжжя-Ліве	Рух зі станції Запоріжжя-Ліве (за варіантом 1 – додатково виконується зважування)	-	-	0,4

При роботі за варіантом 2 можливим є наявність потреби у поверненні вагонів, які виявились перевантаженими понад вантажопідйомність.

На це потребується додатковий час :

- переміщення вагону з парку «А» станції Запоріжжя-Ліве до парку «Б» цієї станції;
- постановка вагонів до складу поїзду, його формування та відправлення до станції Східна;
- відсорткування таких вагонів та маневрова робота з підстановки до чергової партії порожніх вагонів, які планується подати під навантаження;
- виконуються процедури з переміщення аналогічно порожнім вагонам (таблиця 1.1).

Слід відмітити певні особливості із закріплення вагонів на станції Гранбасейн, оскільки деякі колії мають несприятливий профіль [5].

Умови закріплення вагонів наведені у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Умови закріплення вагонів

Номери колій	З якого боку здійснюється закріплення	Кількість вісей у составі	Кількість гальм. башмаків (порожні вагони)	Кількість гальм. башмаків (завантажені вагони)
Колії №: 1,2,3,4,5, 6,7,8,13а	З обох боків	будь-яка	2	2



Продовження таблиці 1.2

Номери колій	З якого боку здійснюється закріплення	Кількість вісей у составі	Кількість гальм. башмаків (порожні вагони)	Кількість гальм. башмаків (завантажені вагони)
колія №9	З боку ухилу	104-112	12	12
	З боку ухилу	96-104	11	11
	З боку ухилу	84-96	10	10
	З боку ухилу	76-84	9	9
	З боку ухилу	64-76	8	8
	З боку ухилу	56-64	7	7
	З боку ухилу	48-56	6	6
	З боку ухилу	36-48	5	5
	З боку ухилу	28-36	4	4
	З боку ухилу	16-28	3	3
	З боку ухилу	8-16	2	2
	З боку ухилу	до 8	1	1
колія №10	З боку ухилу	25-60	6	6
	З боку ухилу	40-52	5	5
	З боку ухилу	32-40	4	4
	З боку ухилу	20-32	3	3
	З боку ухилу	8-20	2	2
	З боку ухилу	до 8	1	1

Кінець таблиці 1.2

Номери колій	З якого боку здійснюється закріплення	Кількість вісей у составі	Кількість гальм. башмаків (порожні вагони)	Кількість гальм. башмаків (завантажені вагони)
колія №11	З боку ухилу	48-60	5	5
	З боку ухилу	36-48	4	4
	З боку ухилу	24-36	3	3
	З боку ухилу	12-24	2	2
	З боку ухилу	до 12	1	1
колія №13	З боку ухилу	28-52	2	2
	З боку ухилу	до 28	1	1

Організація доставки граншлаку за варіантом 1 та обробки вагонів із виявленим завантаженням понад вантажопідйомність передбачала наступні етапи:

- маневровий диспетчер станції Східна забезпечує постановку вагонів із граншлаком у хвіст поїзду, що формується до станції Запоріжжя-Леве;
- про час відправлення поїзда маневровий диспетчер (черговий по станції) інформує прийомоздавача ЦТВС вагової парку «А»;

- визначення перевантаження вагонів проводиться на пристрої для визначення перевантажень № 20Е вагової парку «А»;
- перевантаженням вважається перевищення вантажопідйомності вагона згідно з трафаретом на ньому;
- вага вантажу визначається як різниця між результатами зважування вагона та його тарою, зазначеною на вагоні.
- працівник ЦТВС вагової парку «А» під час зважування вагонів, що відправляються із граншлаком, своєчасно виявляє випадки перевантажень за номерами вагонів і по закінченню зважування поїзда негайно інформує диспетчера вантажної служби (за його відсутності - начальника зміни УЗТ), при цьому роблячи запис у спеціальний журнал;
- диспетчер вантажної служби зобов'язаний негайно повідомити про перевантаження старшого (змінного) прийомоздавача вантажу і багажу Обмінного району
- на вимогу прийомоздавальника вантажу і багажу Обмінного району зі ст. Запоріжжя-Леве вагони з перевантаженнями повертаються на комбінат для подальшого подавання під виправлення до цеху шлакопереробки (ЦШП).

Показники використання вагонів за рівнем завантаження при невикористанні ділянки навантаження (минулі періоди роботи) показані на рисунку 1.3.

На цьому рисунку представлені результати аналізу вибірки на основі рекомендацій [8]:

2,23; 3,02; 2,72; 2,28; 2,55; 2,22; 1,31; 1,87; 2,05; 1,86; 1,32; 0; 1,9; 1,11; 1,48; 1,51; 2,01; 1,11; 1,6; 2,33; 1,73; 1,95; 1,88; 2,14; 1,33; 2,33; 1,66; 0; 1,08; 1,43; 1,29; 2,41; 1,93; 2,09; 2,23; 3,09; 1,99; 1,17; 1,98; 1,92; 1,47; 1,97; 1,11; 1,46; 1,12; 0,99; 1,53; 1,5; 1,33; 1,34; 1,69; 2,58; 1,84.

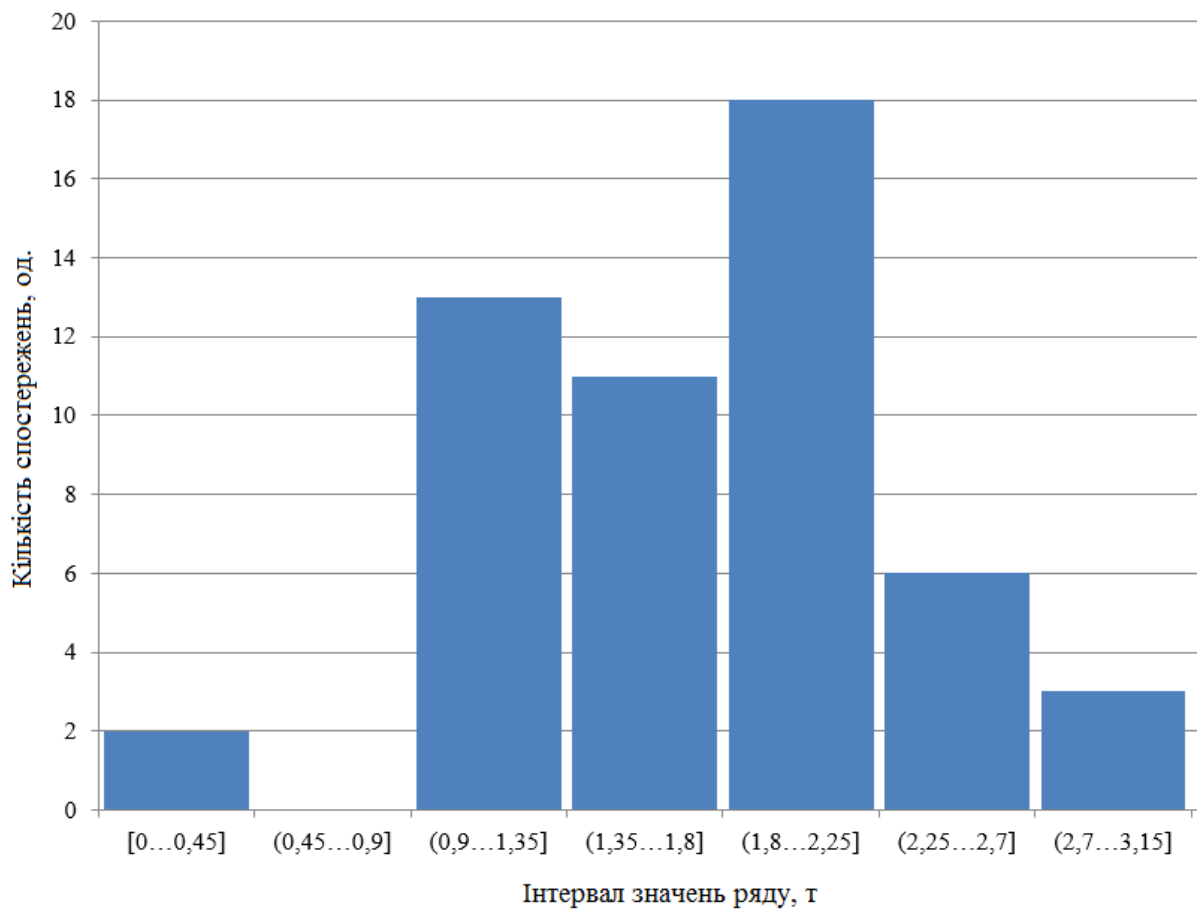


Рисунок 1.3 – Показники використання вагонів за рівнем завантаження при невикористанні ділянки дозування

Характеристики вибірки наступні:

- мінімум – 0 т;
- максимум – 3,09 т;
- значень – 53;
- середнє значення 1,74 т;
- інтервалів – 7;
- інтервал – 0,45;
- станд. відхилення 0,61 т.

Також проаналізуємо обсяги недовантаження при використанні ділянки дозування:

0,3, 0,3, 0,3, 0,3, 0,3, 0,3, 0,3, 0,3, 0,3, 0,3, 0,3, 0,3, 0,3, 0,3, 0,3, 0,3, 0,3, 0,3, 0,3,  
0,3, 0,3, 0,3, 0,3, 0,3, 0,3, 0,3, 0,3, 0,3, 0,3, 0,3, 0,3, 0,3, 0,3, 0,3, 0,3, 0,3, 0,3, 0,2,  
0,3, 0,3, 0,3, 0,3, 0,3, 0,3, 0,3, 0,3, 0,3, 0,3, 0,3, 0,3, 0,3, 0,3, 0,3, 0,3, 0,3, 0,3, 0,3,  
0,3, 0,3, 0,3, 0,3, 0,4, 0,3, 0,3, 0,3, 0, 0,2, 0,3, 0,3, 0,3.

Результати аналізу представлені на рисунку 1.4.

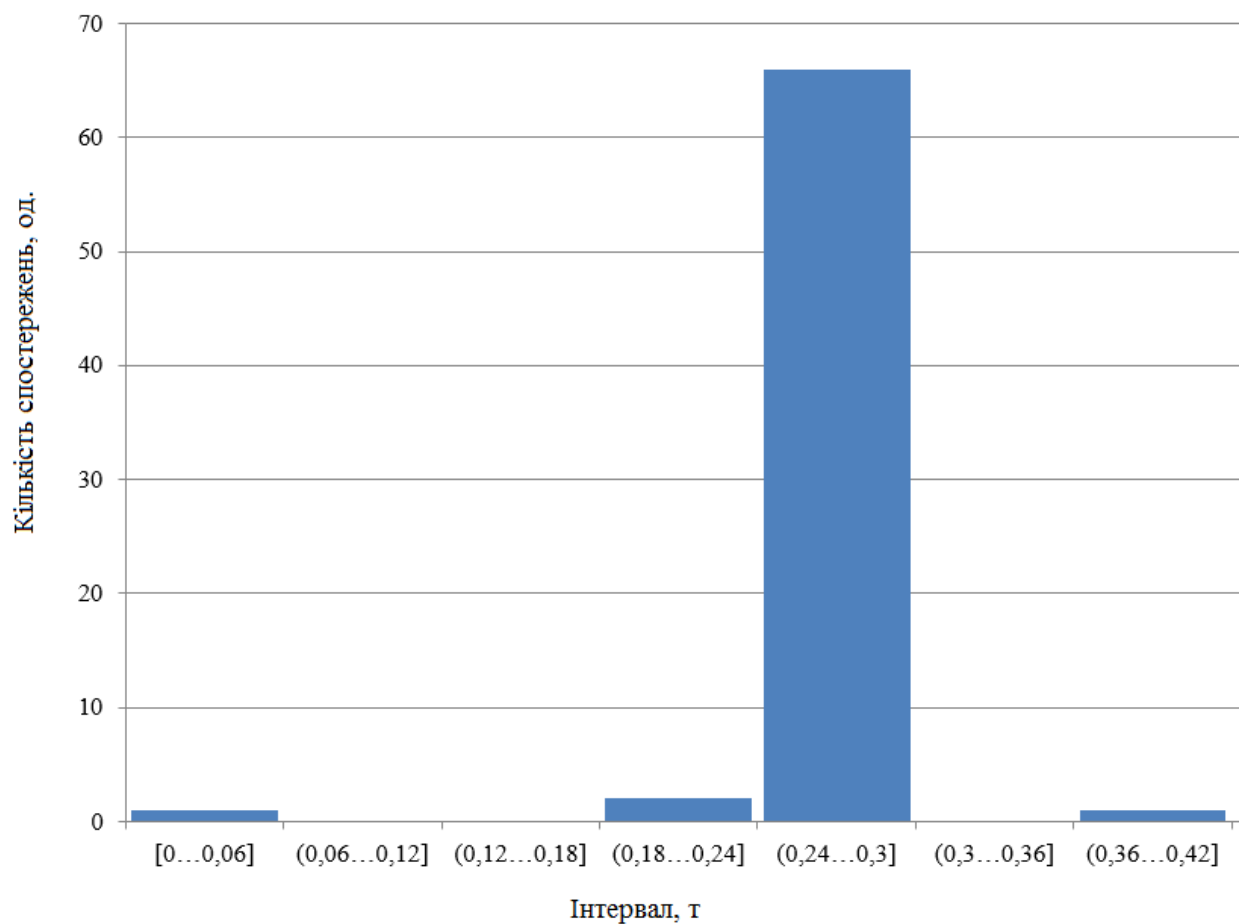


Рисунок 1.4 – Показники використання вагонів за рівнем завантаження при використанні ділянки навантаження

## Характеристики вибірки:

- мінімум – 0 т;
- максимум – 0,4 т;
- значень – 70;
- середнє значення 0,29 т;
- інтервалів – 7;
- інтервал – 0,06;
- станд. відхилення 0,04 т.

У таблиці 1.3 наведено характеристики перегонів між станцією Східна та Гранбасейн для різних марок тепловозів, які використовуються підприємством.

Таблиця 1.3 – Характеристики перегонів між станцією Східна та Гранбасейн

Найменування напрямку руху по перегону	Максимальна швидкість руху, км/год.	Керівний ухил +підйом -ухил, ‰	Серія тепловою	Макс. довжина поїзду ваг.	Норма включення гальм, %	Час ходу по перегону, хв.
Східна-Гранбасейн	25	10,8	ТЭМ-2	21	100	10
			ТГМ-4	20	100	10
Гранбасейн-Східна	25	-5,5	ТЭМ-2	23	23	9
			ТГМ-4	23	23	9

### 1.3 Постановка завдань магістерської роботи

Теоретичне дослідження ефективності використання засобів дозування при відвантаженні гранульованого шлаку на прикладі ПАТ «Запоріжсталь» через отримані результати може бути корисним для економічного обґрунтування та практичного впровадження даних інновацій на інших підприємствах.

Раніше підприємство не мало відповідних засобів контролю ваги безпосередньо поблизу фронту навантаження, тому для забезпечення неперевищення вантажопідйомності вагонів, здійснювало контрольну перевірку ваги вагонів у поїзді, який відправляється на зовнішню мережу залізничних колій.

При виявленні транспортних засобів із перевантаженням, вони повертались на підприємство для усунення цього недоліку, що обумовлювало додаткові витрати на перевезення та збільшувало плату за користування вагонами.

Низька точність навантаження та визначення ваги за обміром призводило до сплати залізничного тарифу за фактично неіснуючу вагу гранульованого шлаку.

Після створення ділянки для дозування вагонів, навантажених граншлаком, проблема є вирішеною. Проте це також потребує витрат із перевезення та вантажних робіт.

Тож в роботі поставлена задача аналізу ефективності прийнятих рішень, яка потребує:

- розробки імітаційної моделі роботи за двома варіантами – використання ділянки дозування, яка потребує додаткових транспортних витрат та витрат на вантажні роботи, або

використовувати навантаження за обміром із контролем перевантаження вагонів понад вантажопідйомність;

- статистичного аналізу ймовірнісних параметрів моделі;
- економічних розрахунків за отриманими в результаті використання моделі показниками обох варіантів.

В процесі моделювання будуть також розглянуті питання організації транспортного обслуговування ділянки дозування з метою раціонального використання тепловозів.



## 2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

### 2.1 Аналіз інтенсивності інтервалів часу між навантаженням партій граншлаку

Одним з основних параметрів для роботи імітаційної моделі є інтенсивність навантаження. На рисунку 2.1 показані результати аналізу інтенсивності інтервалів часу між навантаженням граншлаку, а саме вибірки:

3,4; 5,1; 3; 1,7; 0,8; 7,8; 5,3; 6,6; 1,8; 3,7; 5,1; 1,6; 9,5; 9,1; 5,3; 4,9; 9,7; 1,2; 9,2; 7,7; 9,7; 7,8; 4,2; 7,4; 4,5; 4,7; 6,3; 1,2; 6,7; 8,8; 0,5; 2,2; 5,2; 8,9; 2,9; 2,6; 0,5; 9,4; 5; 4,5; 1,7; 3,1; 9,9; 6,4; 3,4; 2,4; 2,9; 8,1; 2,3; 7,5; 2,8; 6,8; 7,3; 8,3; 1,6; 2,6.

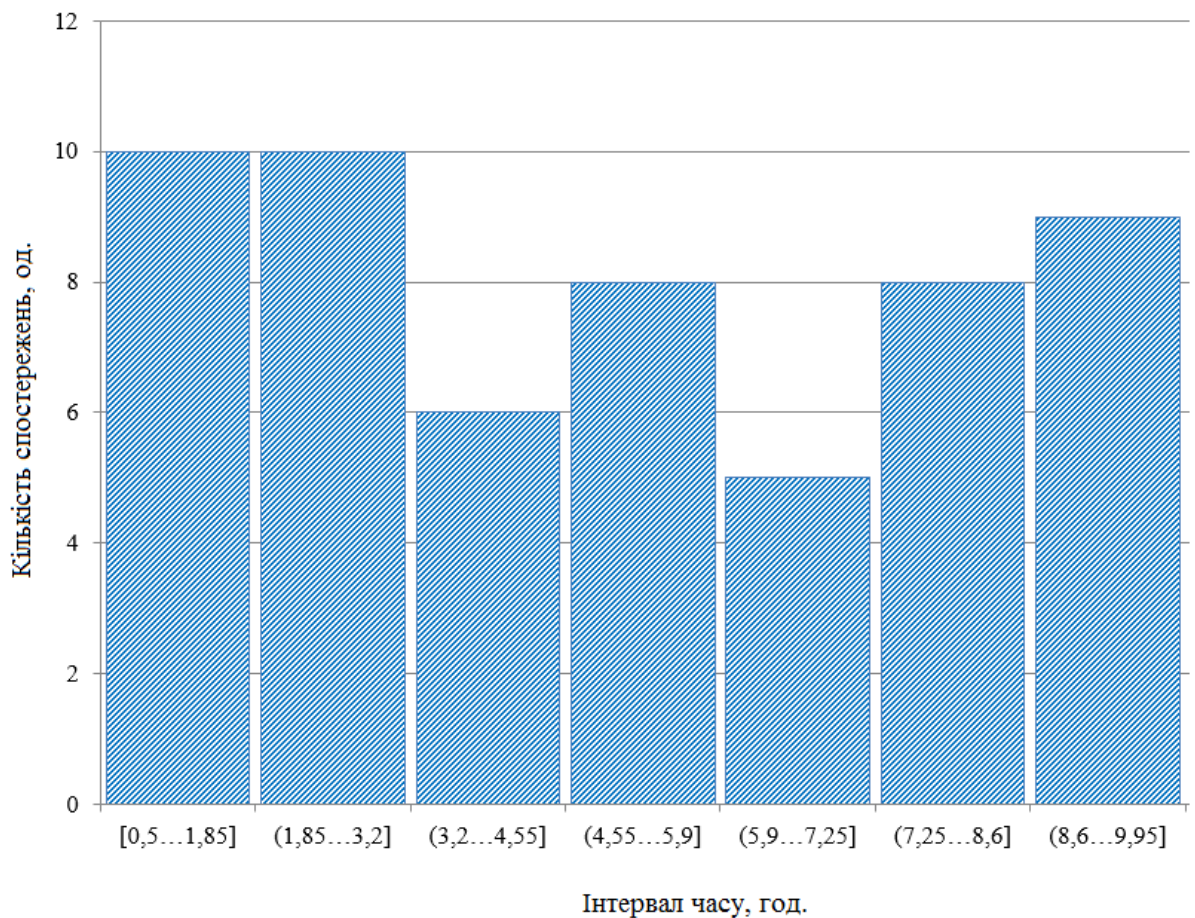


Рисунок 2.1 – Результати аналізу інтенсивності інтервалів часу між навантаженням граншлаку

### Характеристики вибірки:

- мінімум – 0,5 год.;
- максимум – 9,9 год.;
- значень – 56;
- середнє значення 5,05 год.;
- інтервалів – 7;
- інтервал – 1,35;
- станд. відхилення 2,86 год.

Згідно діаграми дані відповідають рівномірному закону розподілу.

## 2.2 Розробка моделі із дозуванням вагонів

Створюємо модель [9] із врахуванням процесу дозування вагонів з граншлаком, початкова стадія показана на рисунку 2.2.

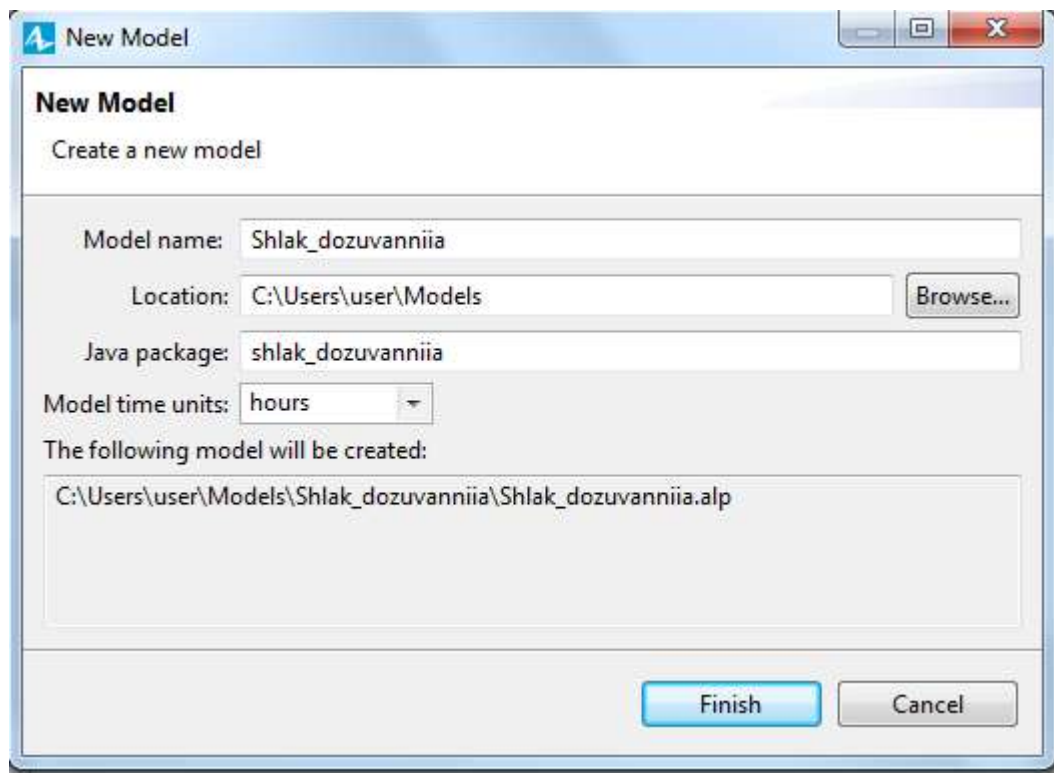


Рисунок 2.2 – Модель Shlak\_do\_zuvanniia

Надалі, на поле розміщення моделі «перетягуємо» перший елемент – генератор замовлень – партій шлаку у кількості 10 вагонів, що відповідає місткості фронту навантаження.

Надходження замовлень будуть відбуватись за інтервалами часу, згенерованими за рівномірним законом розподілу:

`uniform(0.5,9.9),`

що визначено у попередньому підрозділі (рисунок 2.3).

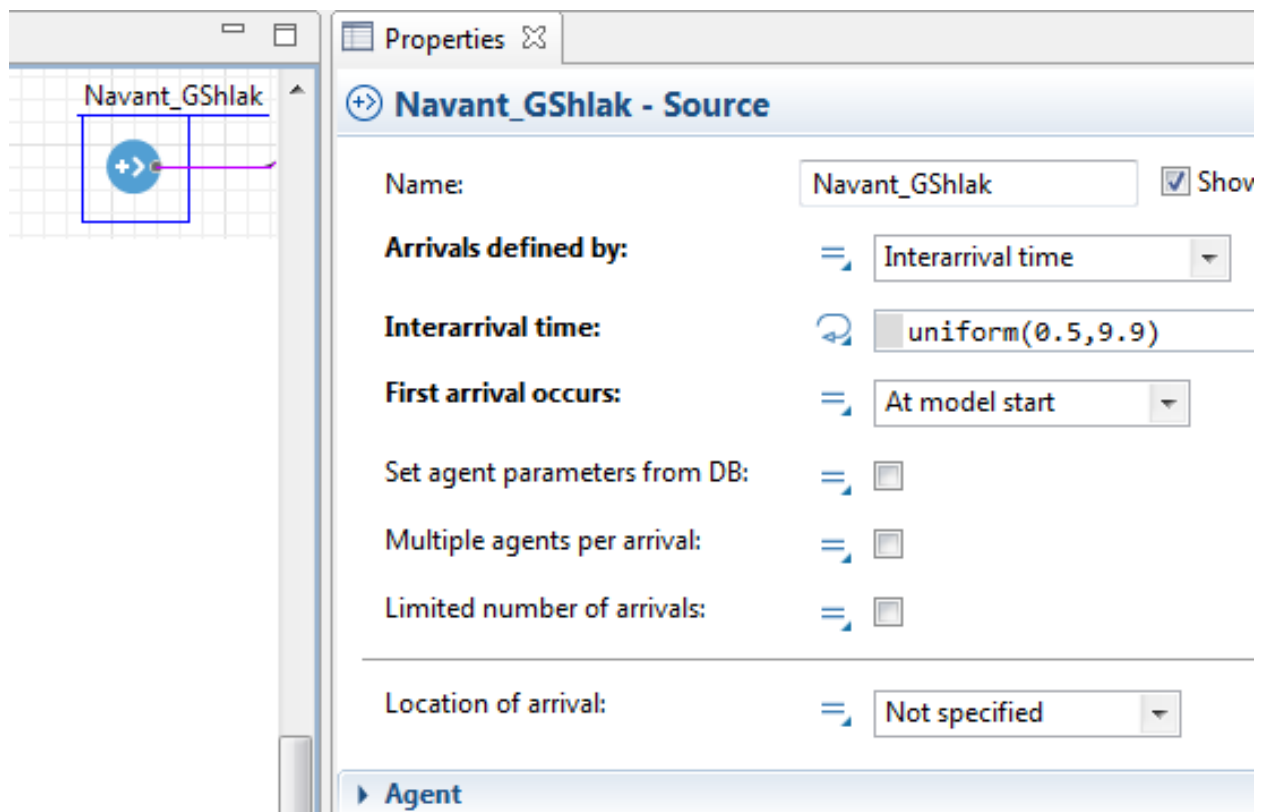


Рисунок 2.3 – Елемент Navant\_GShlak

Наступний елемент `time_mod` (рисунок 2.4) здійснює відбір та спрямування до об'єкту `sink` знищення «зайвих» замовлень (рисунок 2.5), які згенеровані після періоду роботи програми, який відповідає одному місяцю у реальному часі.

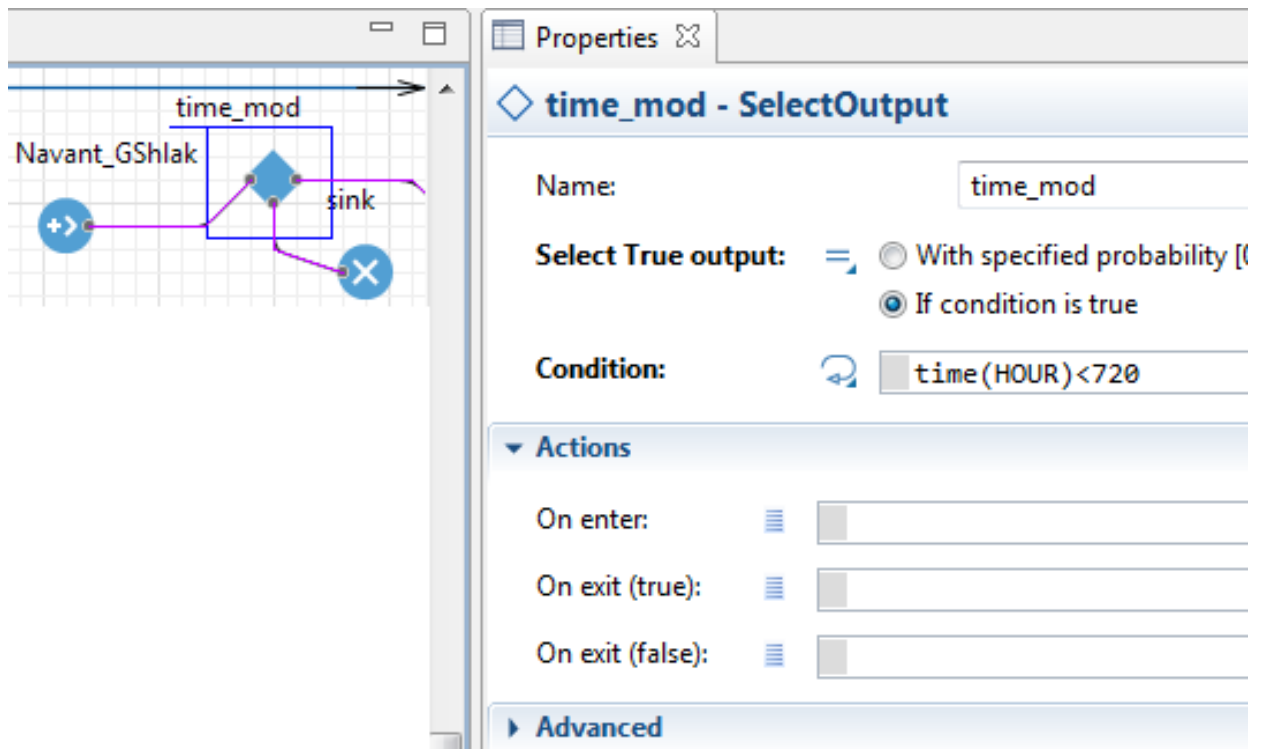


Рисунок 2.4 – Елемент time\_mod

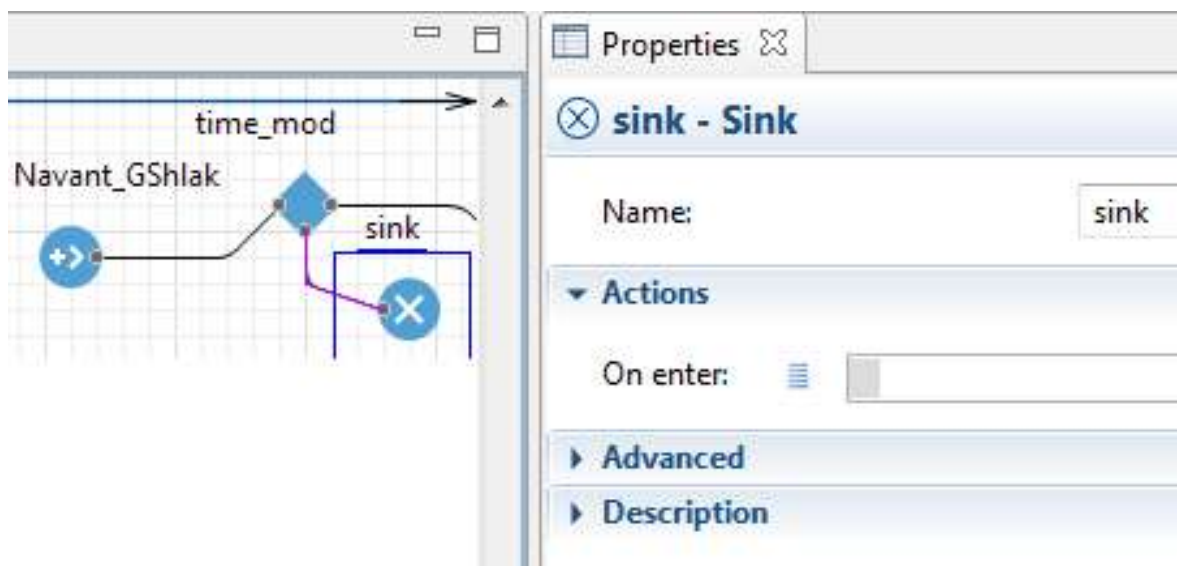


Рисунок 2.5 – Елемент sink

Надалі партії з 10 вагонів, які враховуються як одне замовлення для спрощення програми, потрапляють до черги `cherga_ochik` – рисунок 2.6.

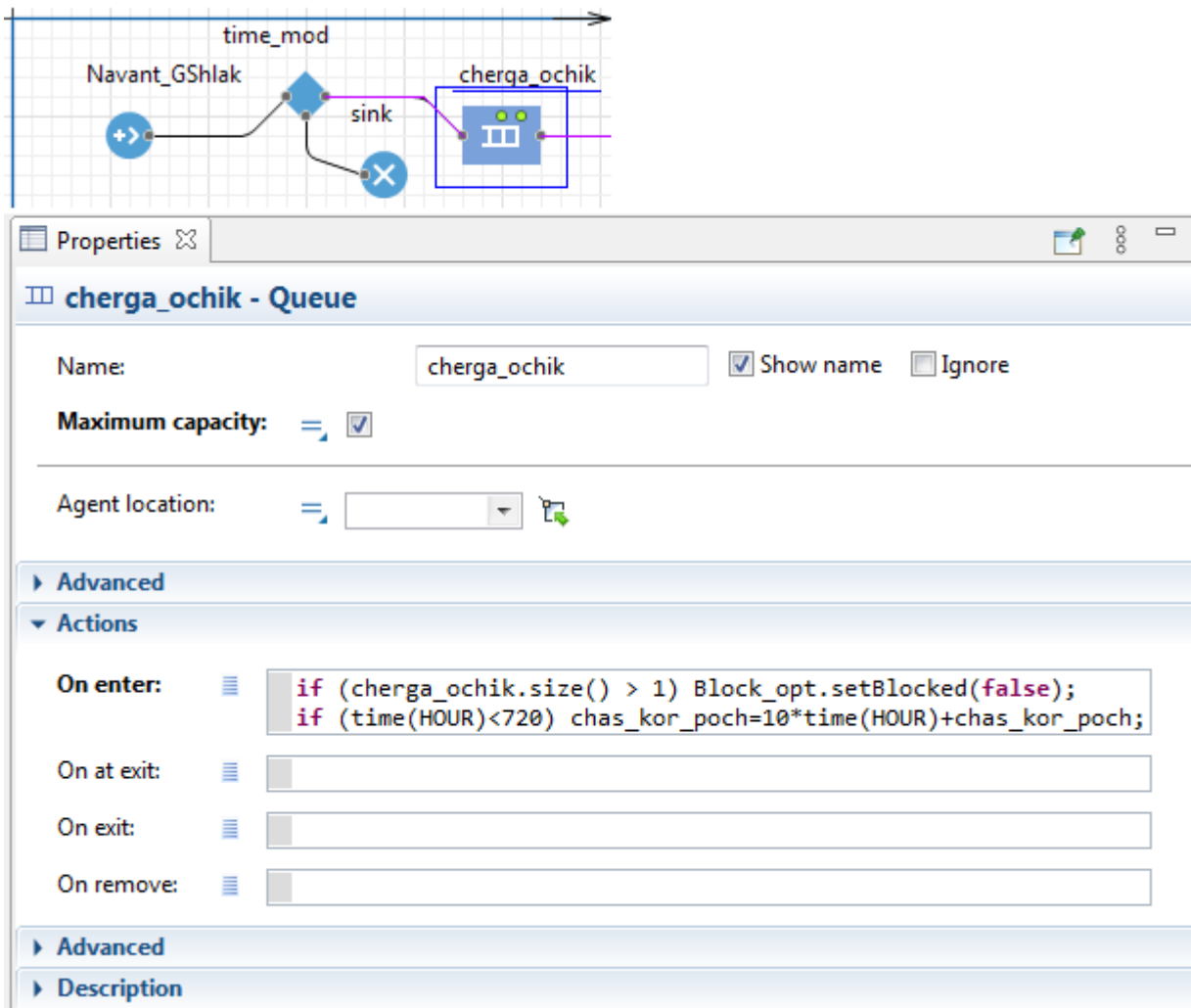


Рисунок 2.6 – Черга cherga\_ochik

В черзі cherga\_ochik передбачені дві умови та дії:

```
if (cherga_ochik.size() > 1) Block_opt.setBlocked(false);
if (time(HOUR)<720) chas_kor_poch=10*time(HOUR)+chas_kor_poch;,,
```

які перевіряються та виконуються при входженні замовлень.

Перша – використовується для розблокування наступного елемента Block\_opt (рисунок 2.7) при використанні алгоритму обслуговування фронту навантаження при наявності іншої маневрової роботи в районі станції Гранбасейн, або збільшення черги cherga\_ochik.

Друга фіксує час входження замовлень до програми з метою розрахунку часу використання вагонів.

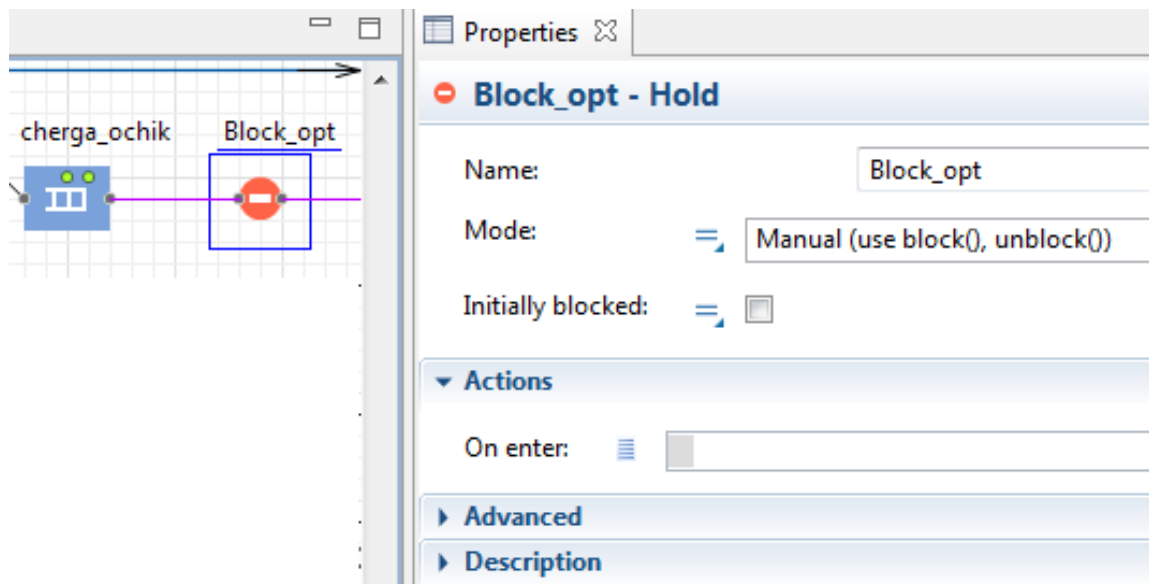


Рисунок 2.7 – Елемент Block\_opt

Елемент Loc\_nav приєднує ресурси до кожної партії 10 вагонів (одне замовлення) – рисунок 2.8.

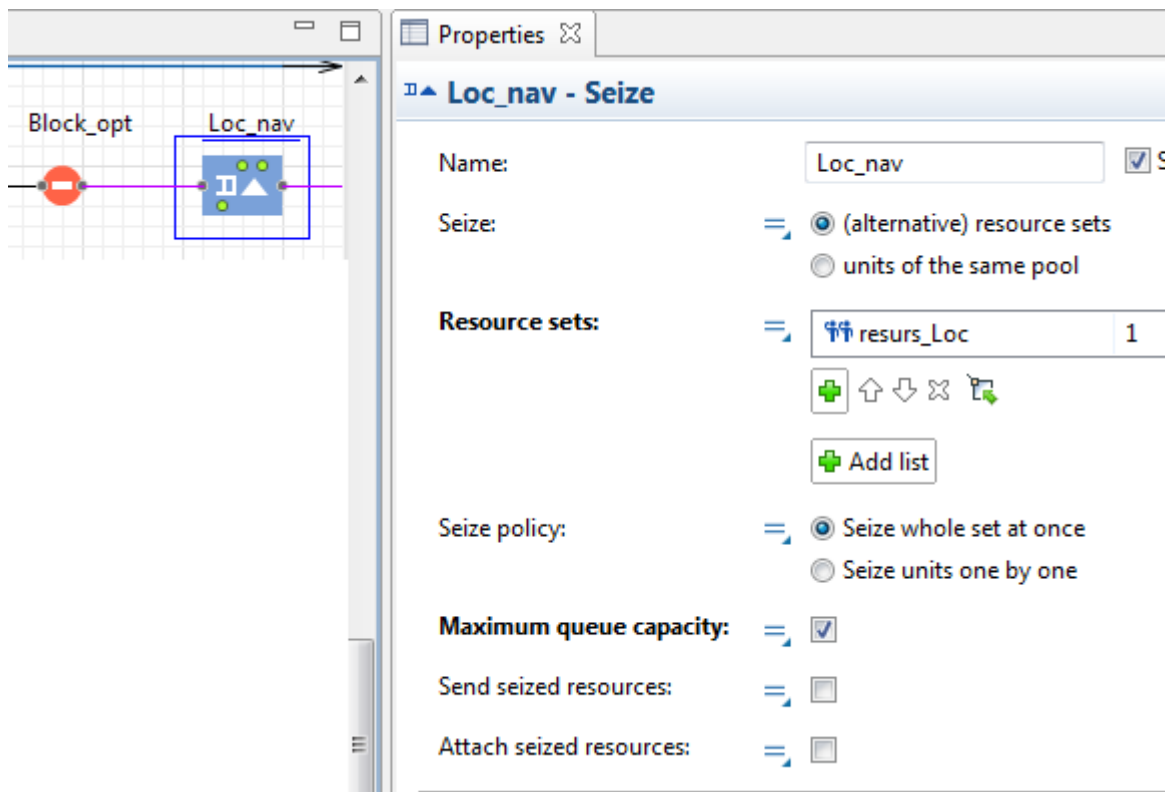


Рисунок 2.8 – Елемент Loc\_nav

Перелік ресурсів описується елементом `resurs_Loc` – рисунок 2.9.

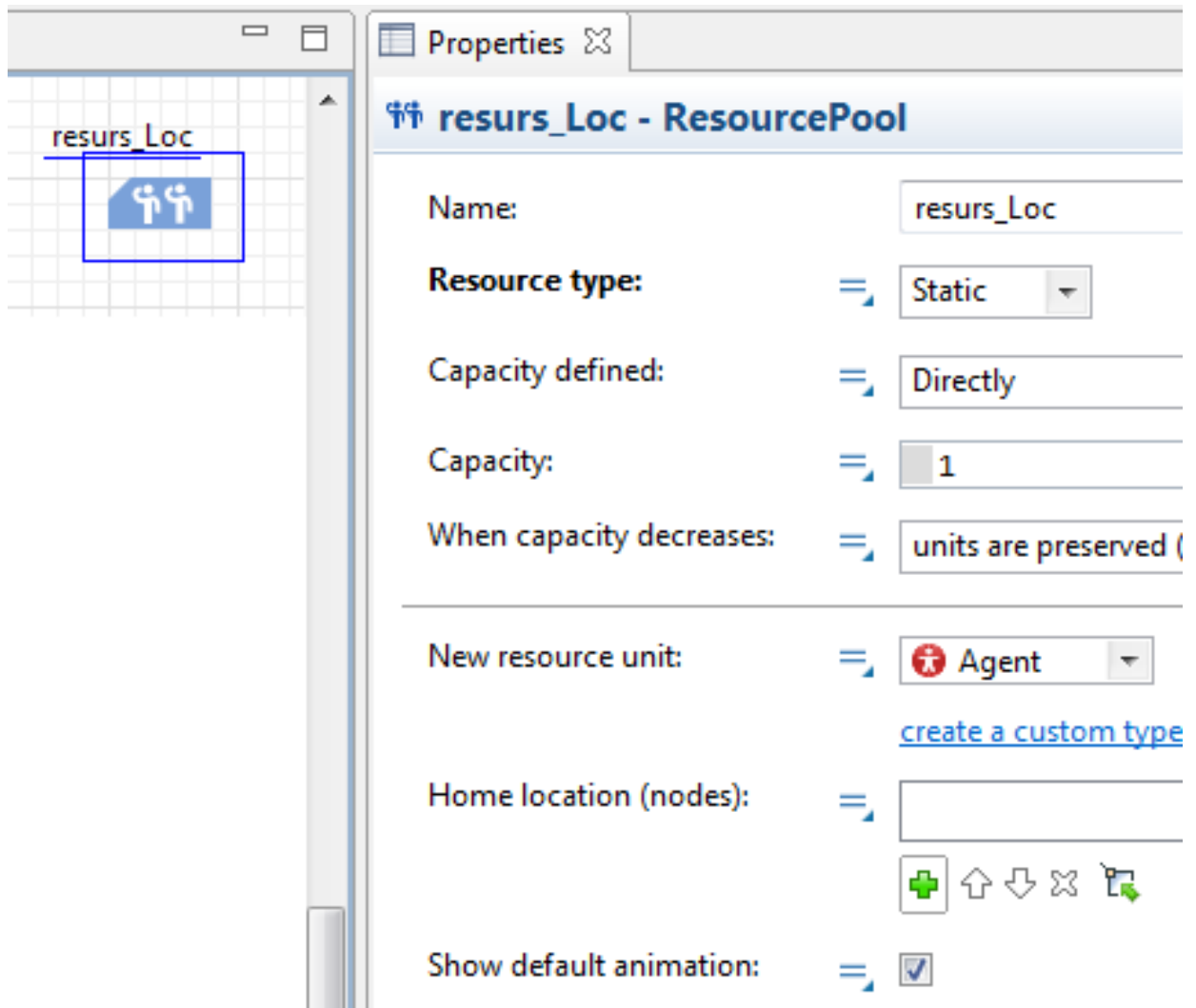


Рисунок 2.9 – Елемент `resurs_Loc`

Кількість ресурсів `Capacity` встановлюємо у розмірі – 1, у разі потреби, це значення можна збільшити.

Подача з десяти вагонів із локомотивом затримується (елемент `do_navant` – рисунок 2.10), чим імітується подавання на фронт навантаження зі станції Східній.

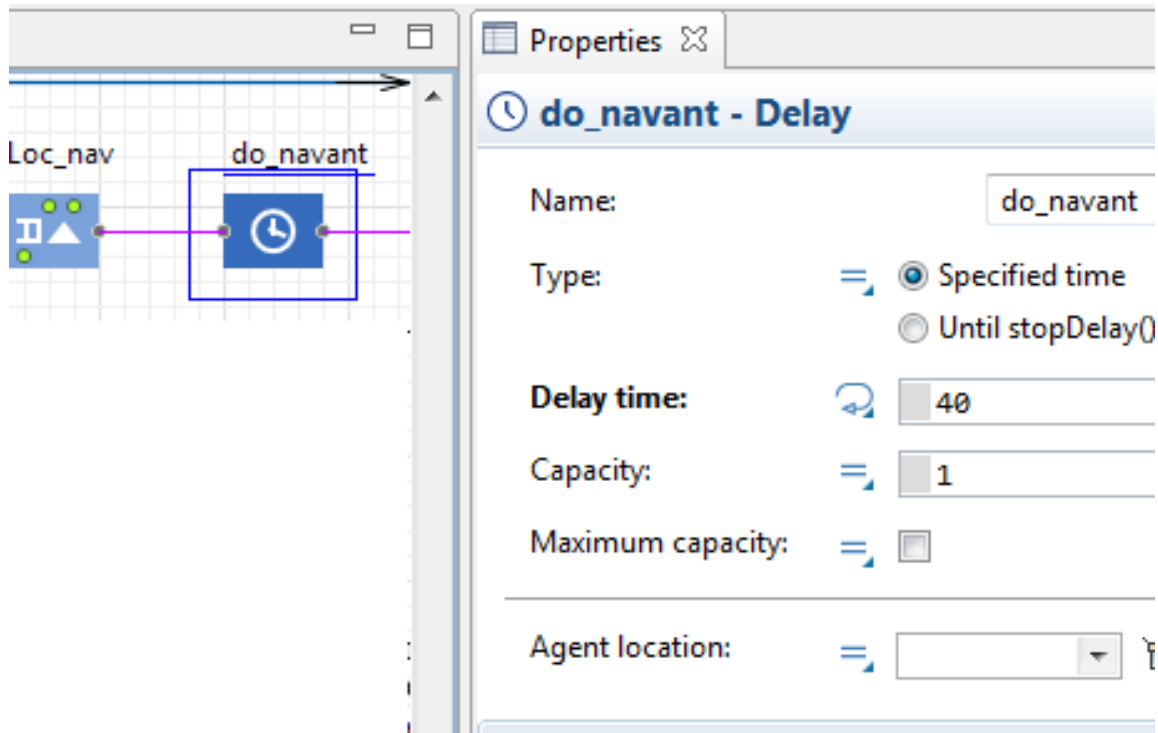


Рисунок 2.10 – Елемент do\_navant

Після цієї затримки ресурс звільняється елементом rel\_Loc\_nav – рисунок 2.11.

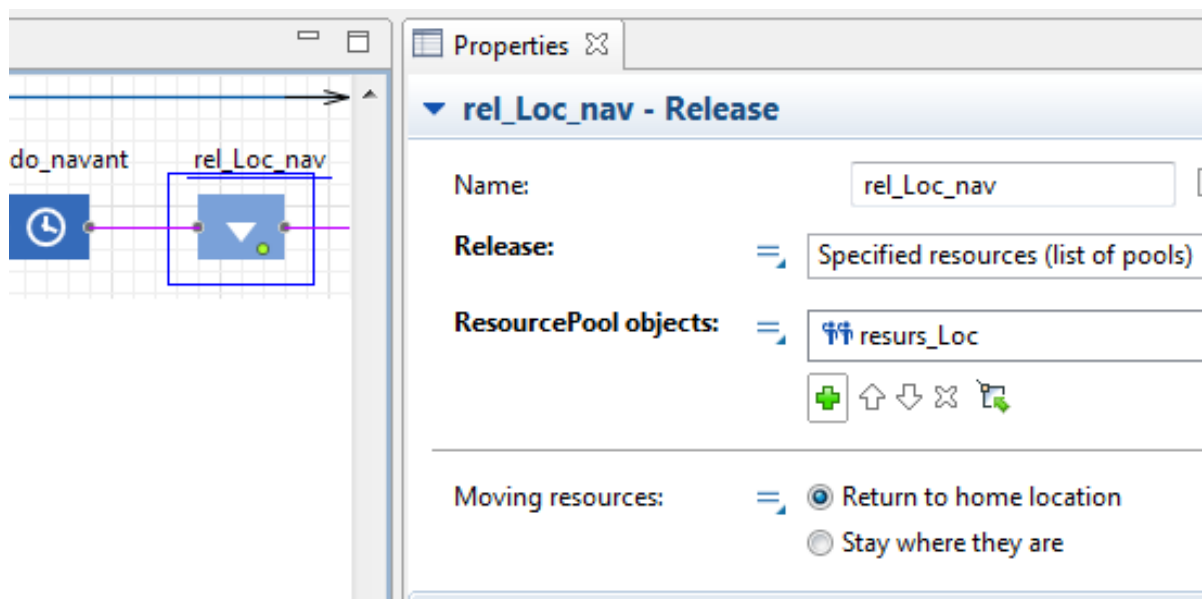


Рисунок 2.11 – Елемент rel\_Loc\_nav



Надалі замовлення потрапляють до черги `cherga_navant` і знаходяться там до обробки елементом затримки `Navant_vag` (передбачена можливість навантаження на верхній та нижній площадках зневоднення шлаку) – рисунок 2.12.

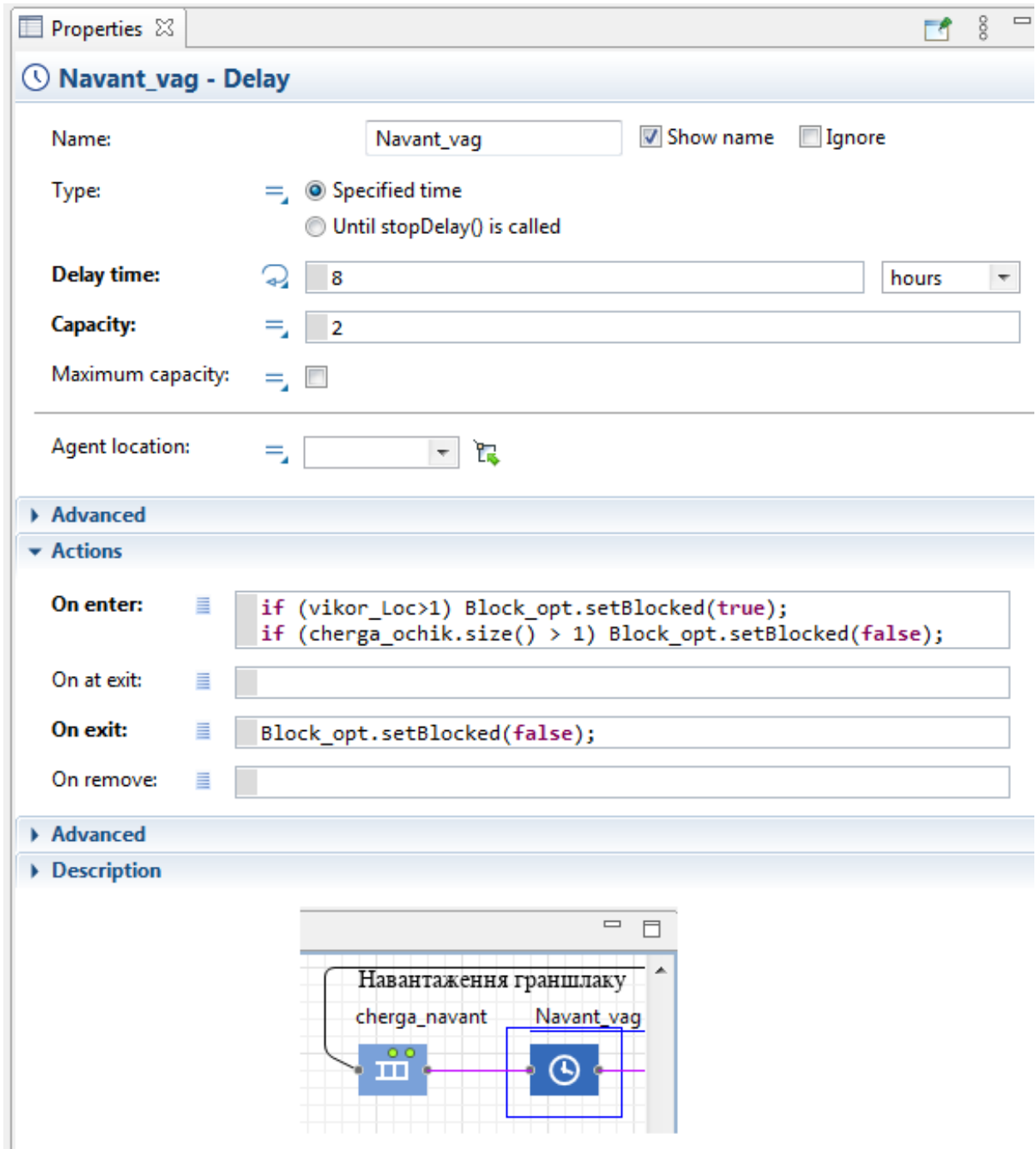


Рисунок 2.12 – Черга `cherga_navant` та елементом затримки `Navant_vag`

При входженні замовлень передбачені умови:

```
if (vikor_Loc>1) Block_opt.setBlocked(true);
```

```
if (cherga_ochik.size() > 1) Block_opt.setBlocked(false);,
```

перша – блокує обслуговування замовлень, що потрібно подавати під навантаження, щоб дочекатись часу потреби у додатковій маневровій роботі із постановки вагонів на ділянку дозування, а друга розблоковує Block\_opt якщо таких замовлень більше одного.

У будь-якому випадку Block\_opt розблоковується при виході замовлень по закінченню навантаження:

```
Block_opt.setBlocked(false);.
```

Наступним є елемент selectDozuv вибору шляху руху замовлень – рисунок 2.13.

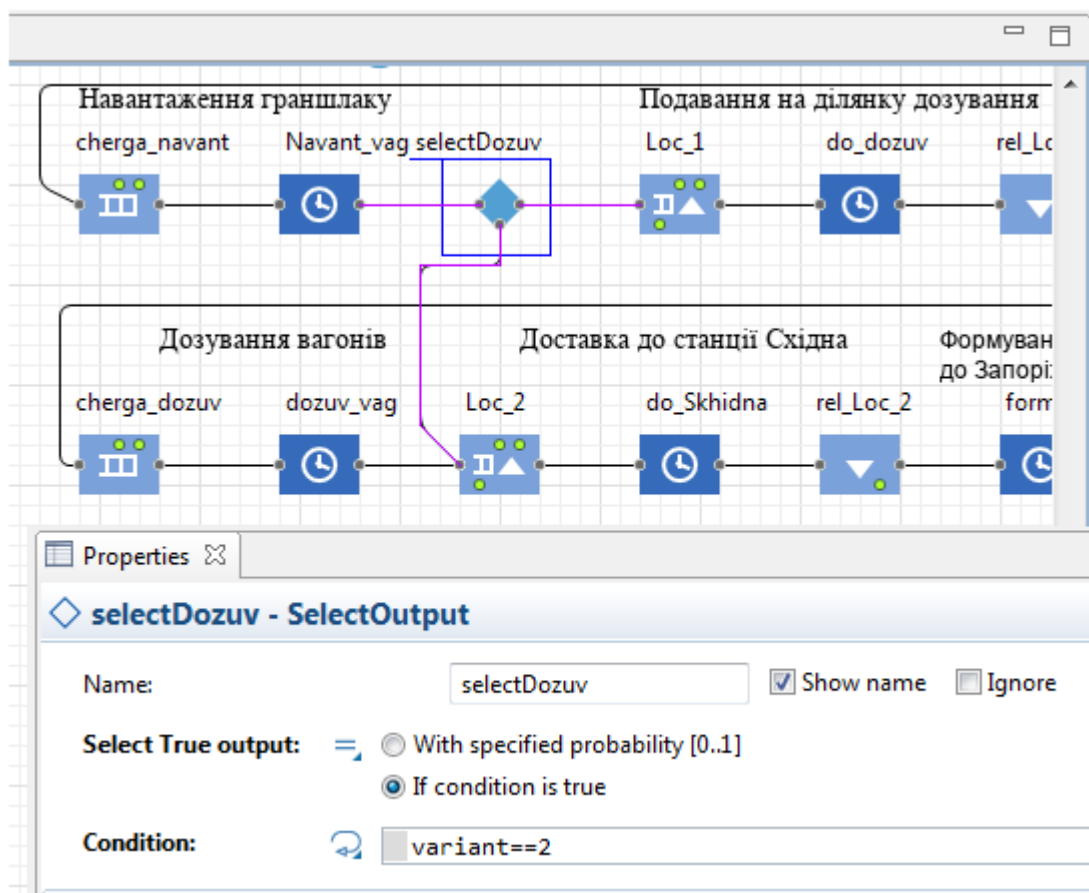


Рисунок 2.13 – Елемент selectDozuv

Умови вибору шляху визначаються дослідником шляхом зміни значення змінної *variant*: 1 – без використання ділянки дозування, 2 – з використанням даної ділянки.

Для подавання на ділянку навантаження до партії із 10 вагонів додається локомотив – елемент *Loc\_1*.

Надалі ця подача із локомотивом затримується (елемент *do\_dozuv* – рисунок 2.14), чим імітується подавання на фронт дозування. При цьому час затримки визначається змінною *opt\_Loc* (рисунок 2.15).

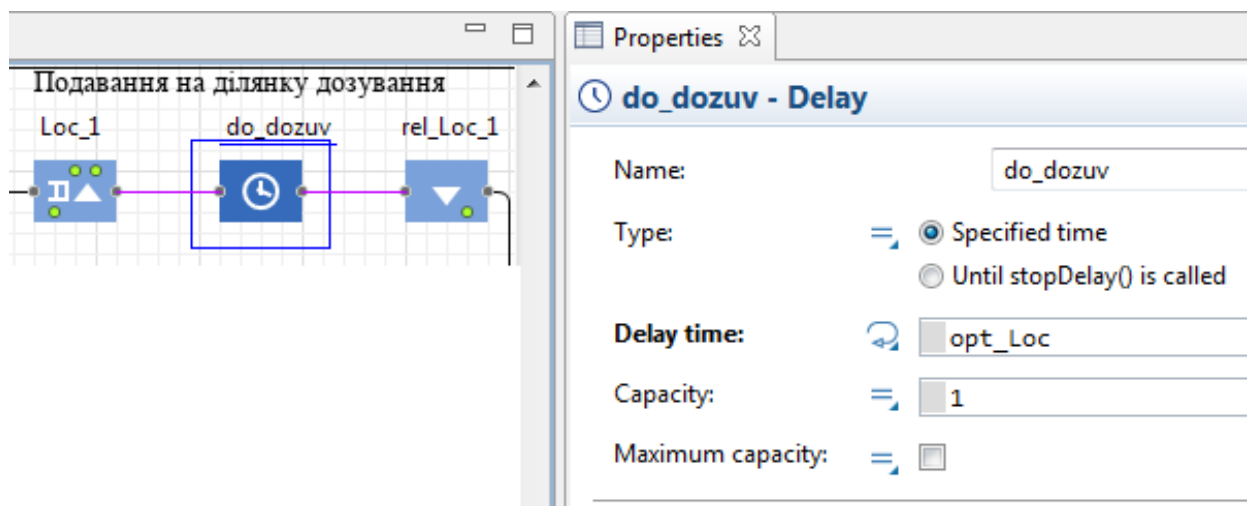


Рисунок 2.14 – Елемент *do\_dozuv*

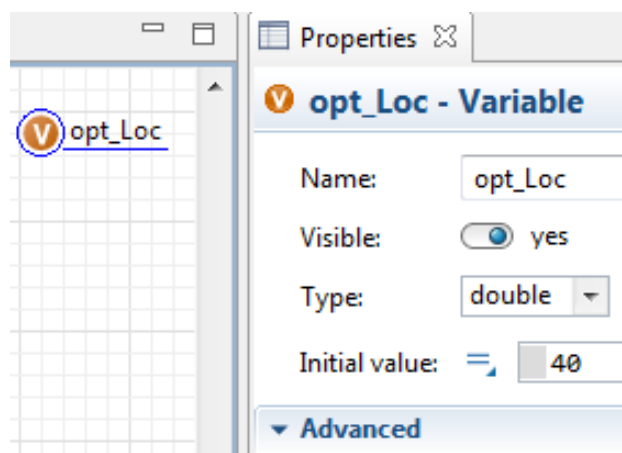


Рисунок 2.15 – Змінна *opt\_Loc*

У разі використання технології роботи локомотива за принципом його подавання до станції Гранбасейн за будь-якою вимогою, цей час становить 40 хвилин, якщо програма працює за варіантом очікування ще одного замовлення, тобто локомотив вже знаходиться поблизу цієї ділянка – час затримки прийнято 15 хвилин.

Після доставки 10 вагонів, локомотив звільняється елементом rel\_Loc\_1 – рисунок 2.16.

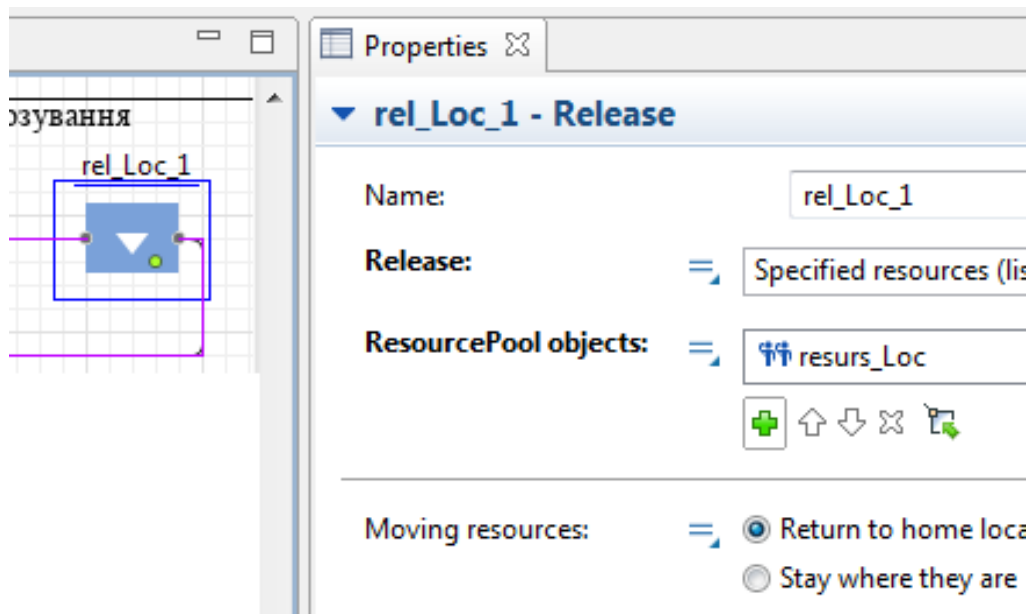


Рисунок 2.16 – Елемент rel\_Loc\_1

Партія вагонів очікує дозування в черзі cherga\_dozuv – рисунок 2.17.

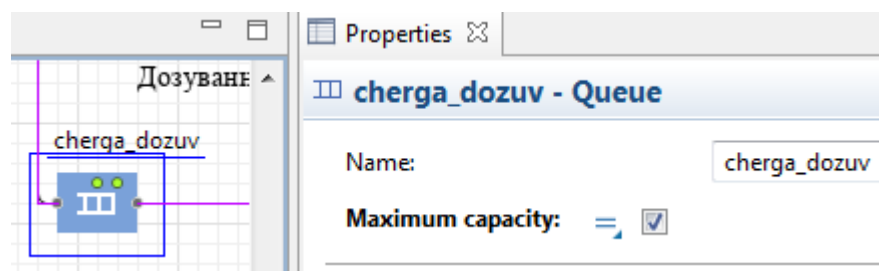


Рисунок 2.17 – Черга cherga\_dozuv

Елемент `dozuv_vag` здійснює затримку партії вагонів, імітуючи дозування – рисунок 2.18.

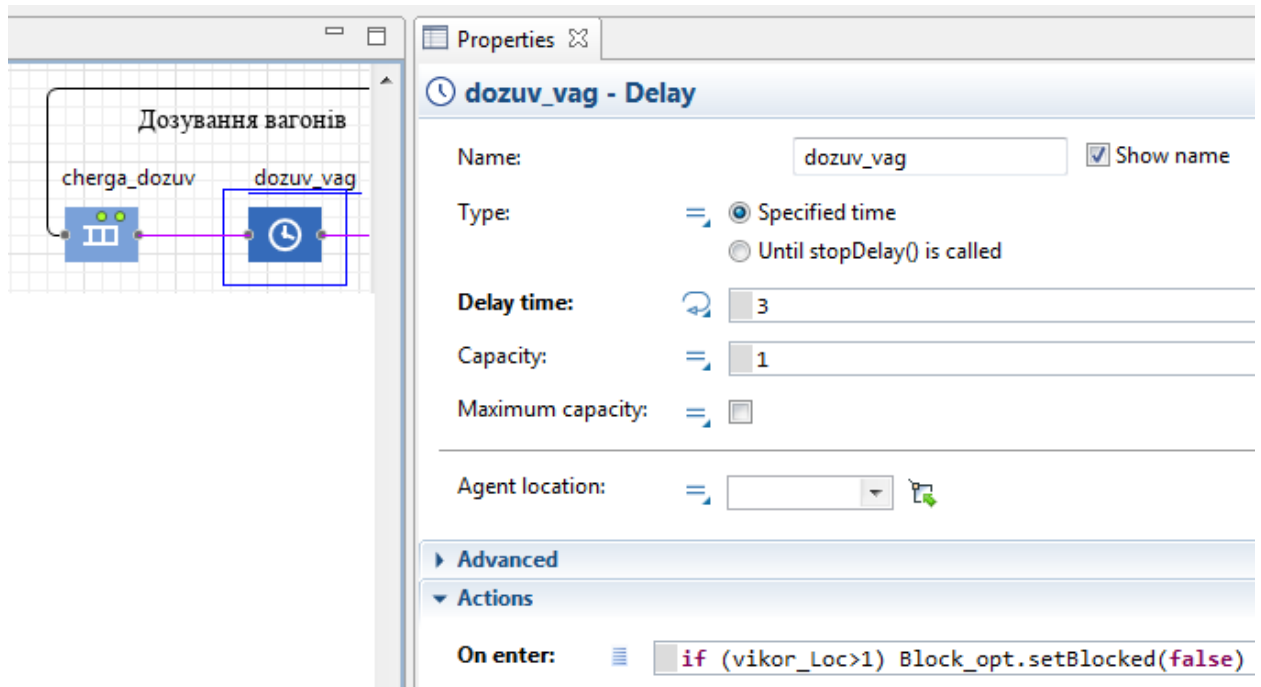


Рисунок 2.18 – Елемент `dozuv_vag`

Надалі до замовлення приєднується локомотив задля доставки до станції Східна – рисунок 2.19.

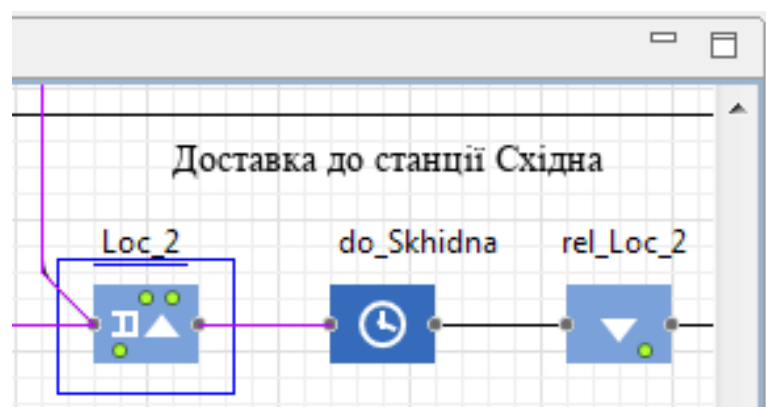


Рисунок 2.19 – Приєднання локомотива для доставки вагонів до станції Східна

Тривалість затримки встановлюється елементом do\_Skhidna – рисунок 2.20, місткість – 1 партія 10 вагонів.

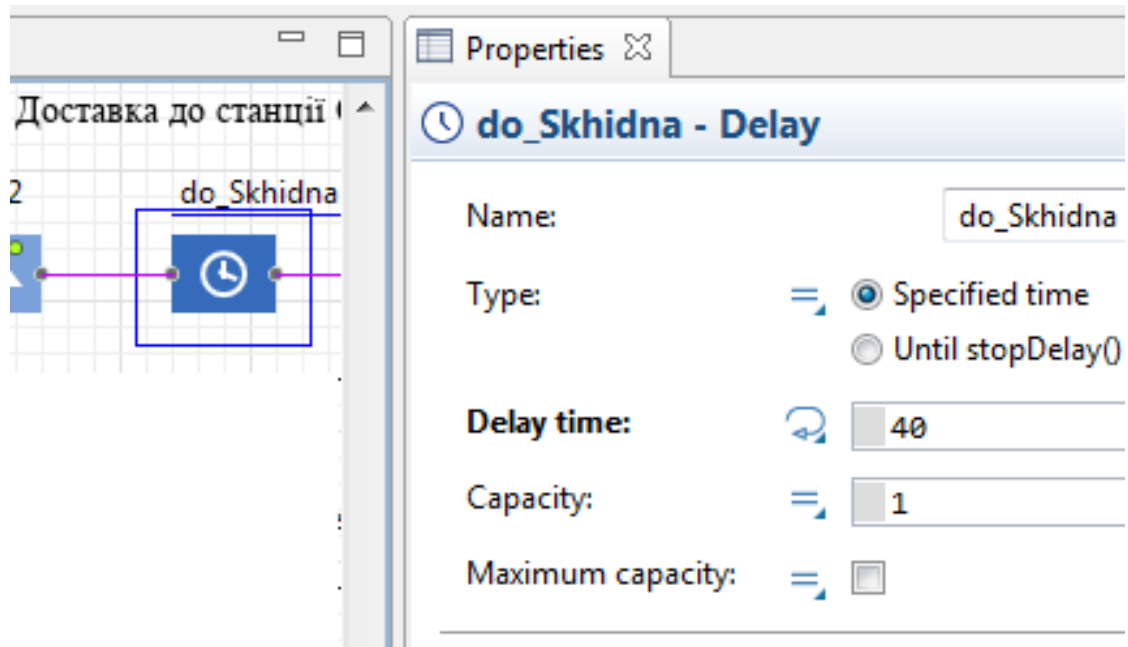


Рисунок 2.20 – Елемент do\_Skhidna

Після цього ресурс звільняється елементом rel\_Loc\_2 – рисунок 2.21.

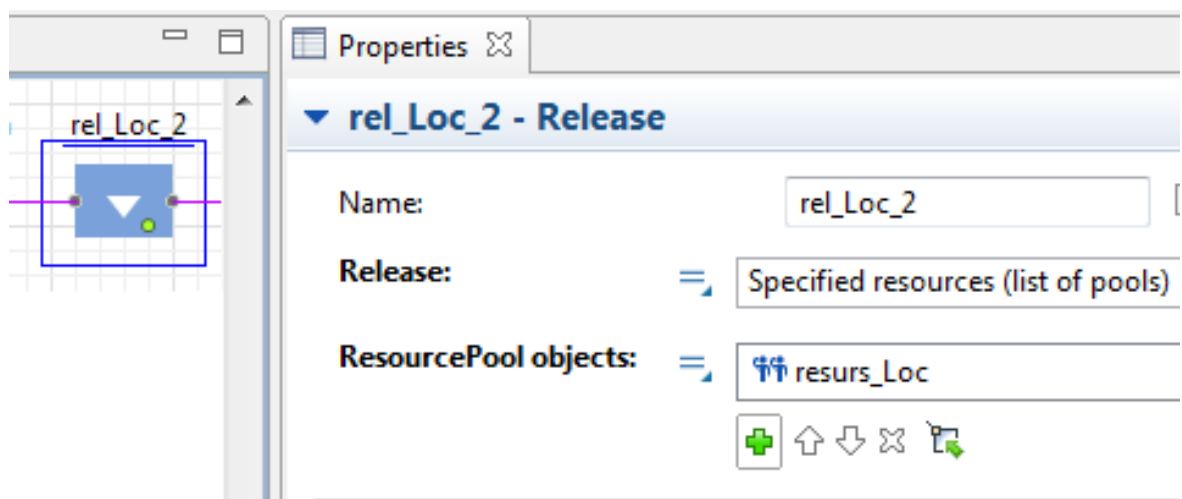


Рисунок 2.21 – Елемент rel\_Loc\_2

Надалі відбувається формування вагонів у состав поїзду, де, окрім граншлаку, додаються вагони з металопродукцією та порожні, не використані для навантаження.

Тривалість затримки встановлює елемент form\_Skhidna – рисунок 2.22.

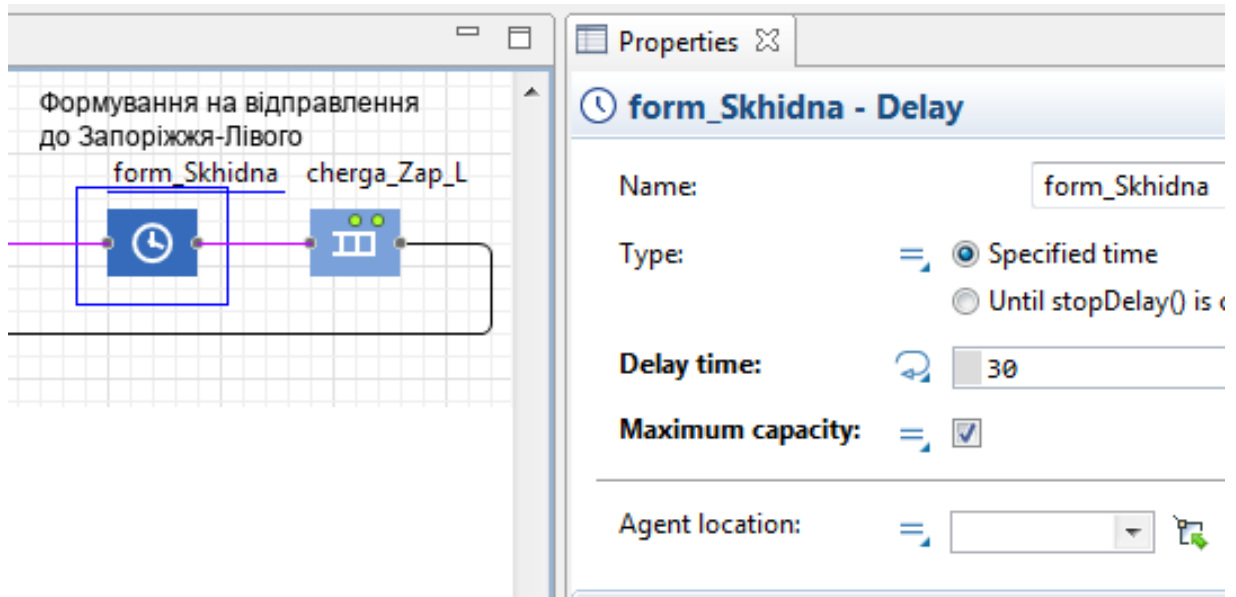


Рисунок 2.22 – Елемент form\_Skhidna

Надалі вагони очікують «вікна» на відправлення через інші поїзди, які були сформовані раніше, у даній черзі cherga\_Zap\_L (рисунок 2.23) вагони блокуються елементом B\_out\_Skhidna – рисунок 2.24.

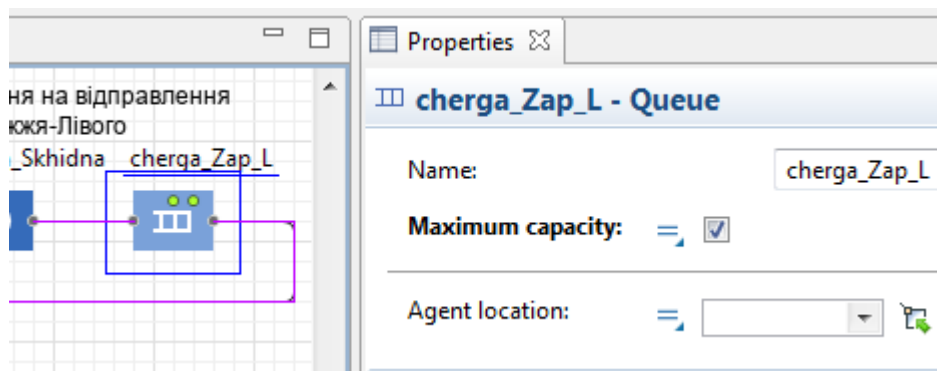


Рисунок 2.23 – Черга cherga\_Zap\_L

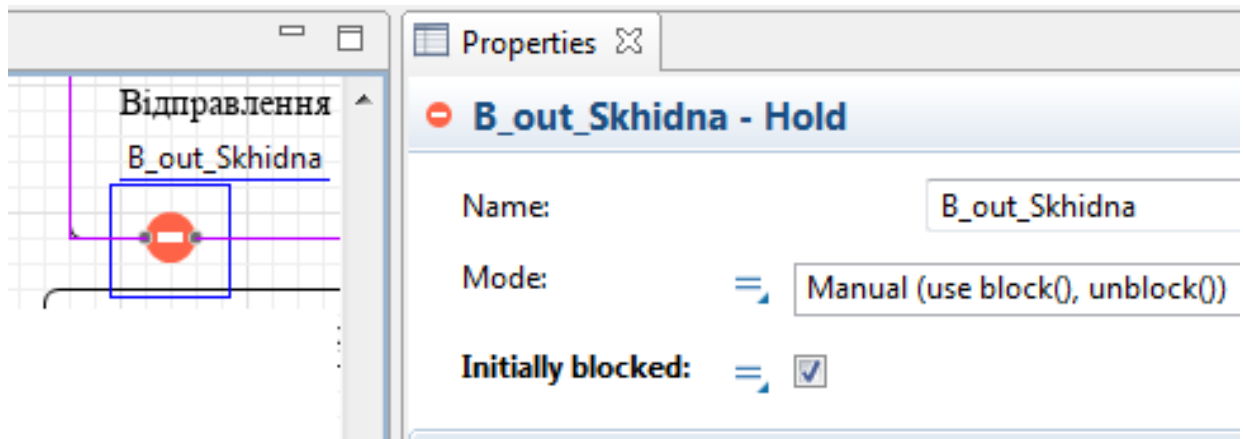


Рисунок 2.24 – Елемент B\_out\_Skhidna

Черга out\_Skhidna та елемент затримки do\_Zap\_L імітують відправлення вагонів до Запоріжжя-Лівого – рисунок 2.25.

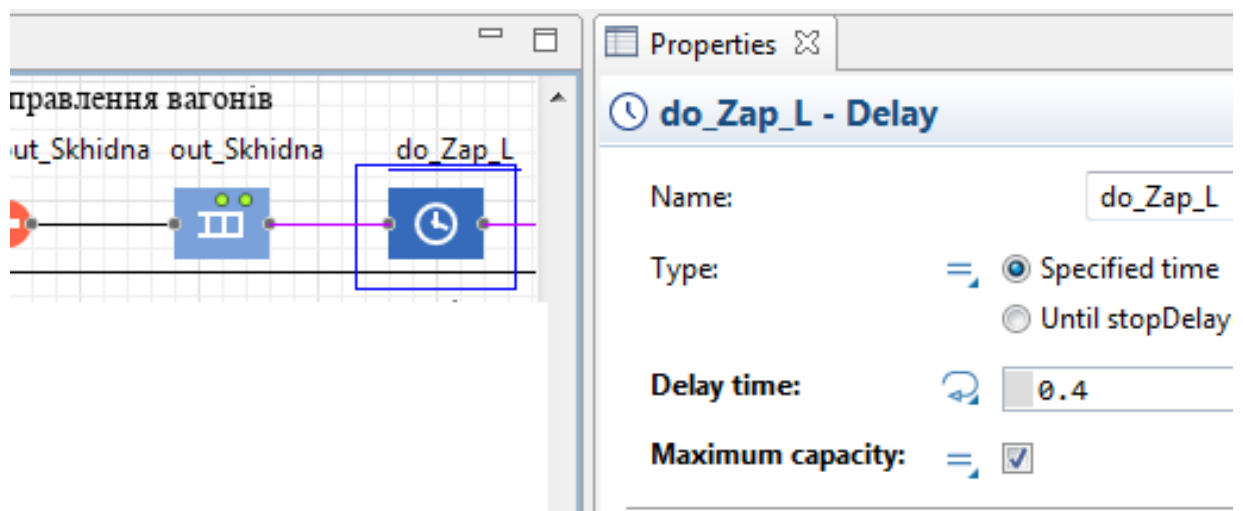


Рисунок 2.25 – Черга out\_Skhidna та елемент затримки do\_Zap\_L

Елемент selectPerevant (рисунок 2.26) в залежності від значення змінної variant визначає шлях або до елемента знищення, при використанні ділянки дозування, або по перегону через зважуючий пристрій із подальшим виявленням перевантажень.



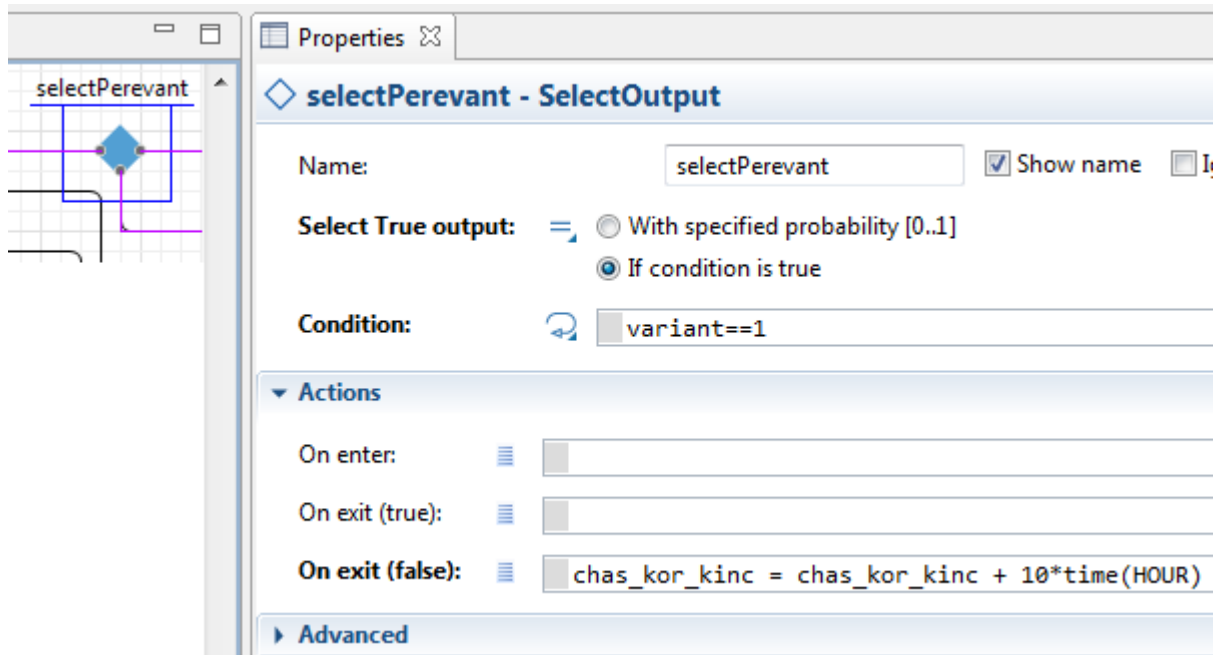


Рисунок 2.26 – Елемент selectPerevant

У разі руху за другим варіантом (із дозуванням), виконується код:  
 $chas\_kor\_kinc = chas\_kor\_kinc + 10 * time(HOUR)$ ,  
 необхідний для визначення тривалості простою вагонів.

При русі за шляхом виявлення перевантажень замовлення потрапляють до елемента копіювання split\_vag – рисунок 2.27.

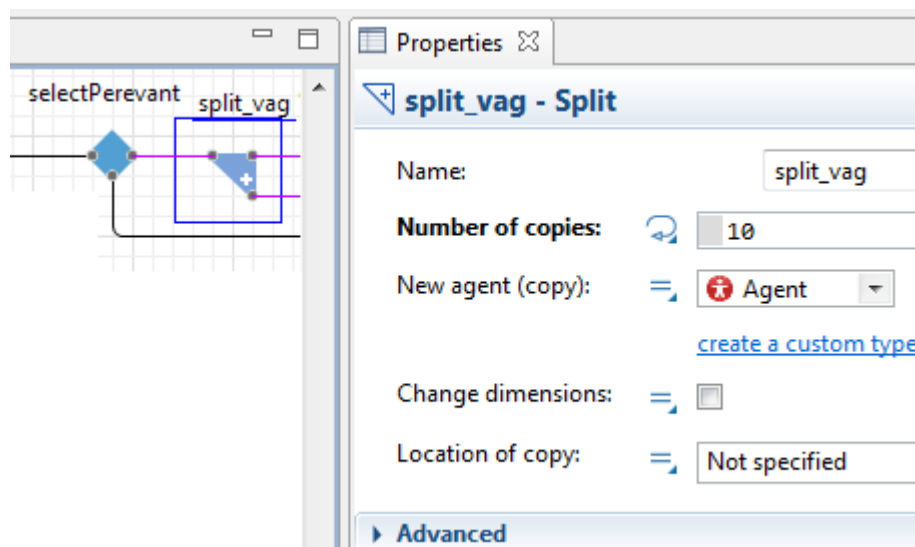


Рисунок 2.27 – Елемент копіювання split\_vag

Це необхідно, щоб відокремити частку вагонів з перевантаженням, що здійснює наступний елемент selectPerev\_prob – рисунок 2.28.

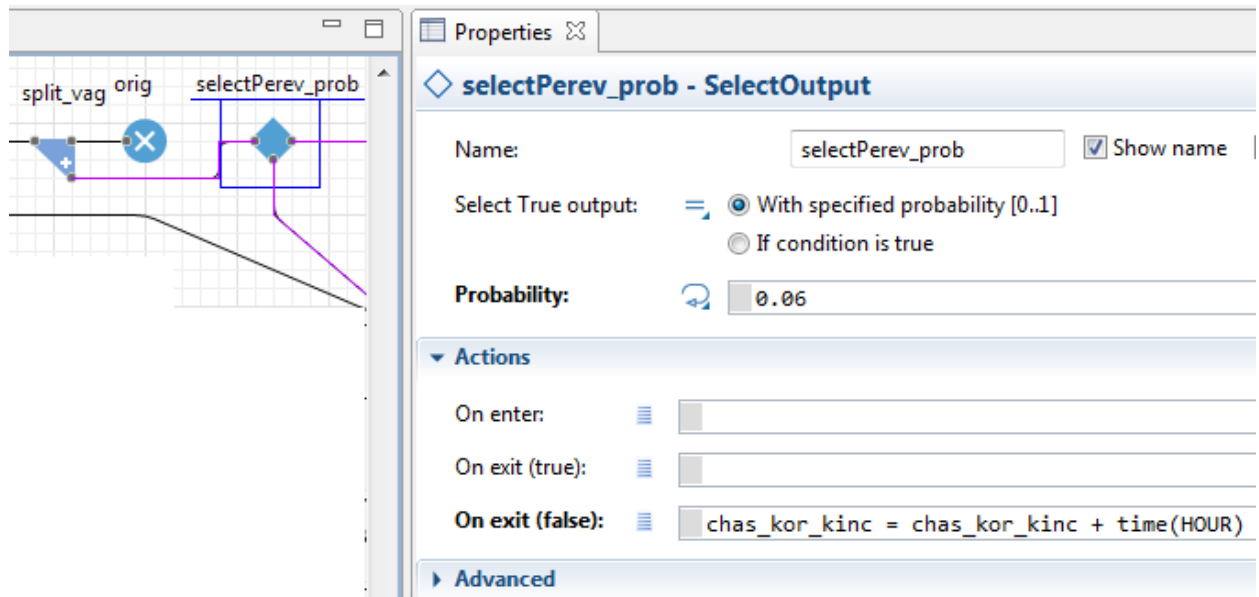


Рисунок 2.28 – Елемент selectPerev\_prob

Для тих вагонів, що вважаються відправленими без перевантаження, передбачена умова:

$$\text{chas\_kor\_kinc} = \text{chas\_kor\_kinc} + \text{time}(\text{HOUR}),$$

яка фіксує кінцевий час перебування замовлень перед їх знищенням.

Встановлена 6% частка вагонів проходить до наступного ланцюга із елементами, які імітують процедури із усуненням навантаження понад вантажопідйомність.

Першим елементом цього ланцюга є елемент cherga\_Perevant – рисунок 2.29.

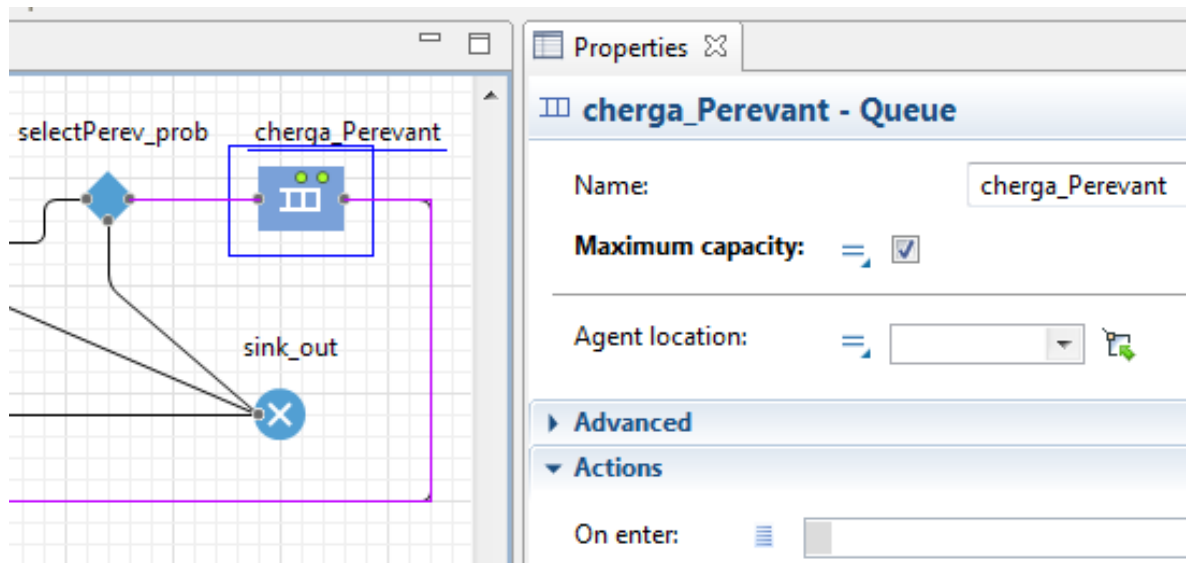


Рисунок 2.29 – Елемент cherga\_Perevant

Загалом ланцюг представлений на рисунку 2.30.

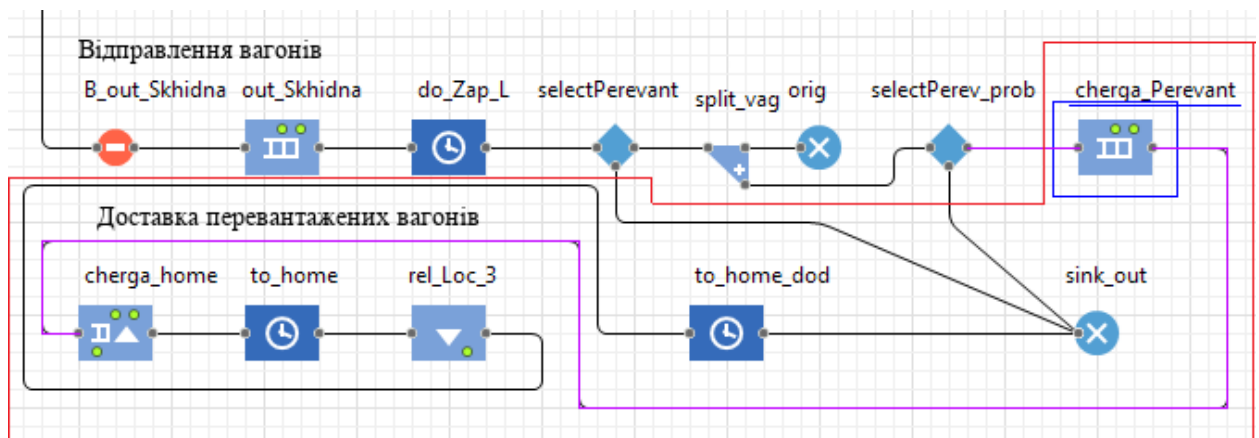


Рисунок 2.30 – Загальний ланцюг усунення перевантаження вагонів

Наступний елемент cherga\_home (рисунок 2.31) приєднує локомотив, що врахувати його обсяг роботи з доставки вагонів до пункту навантаження для усунення недоліків з перевантаження.

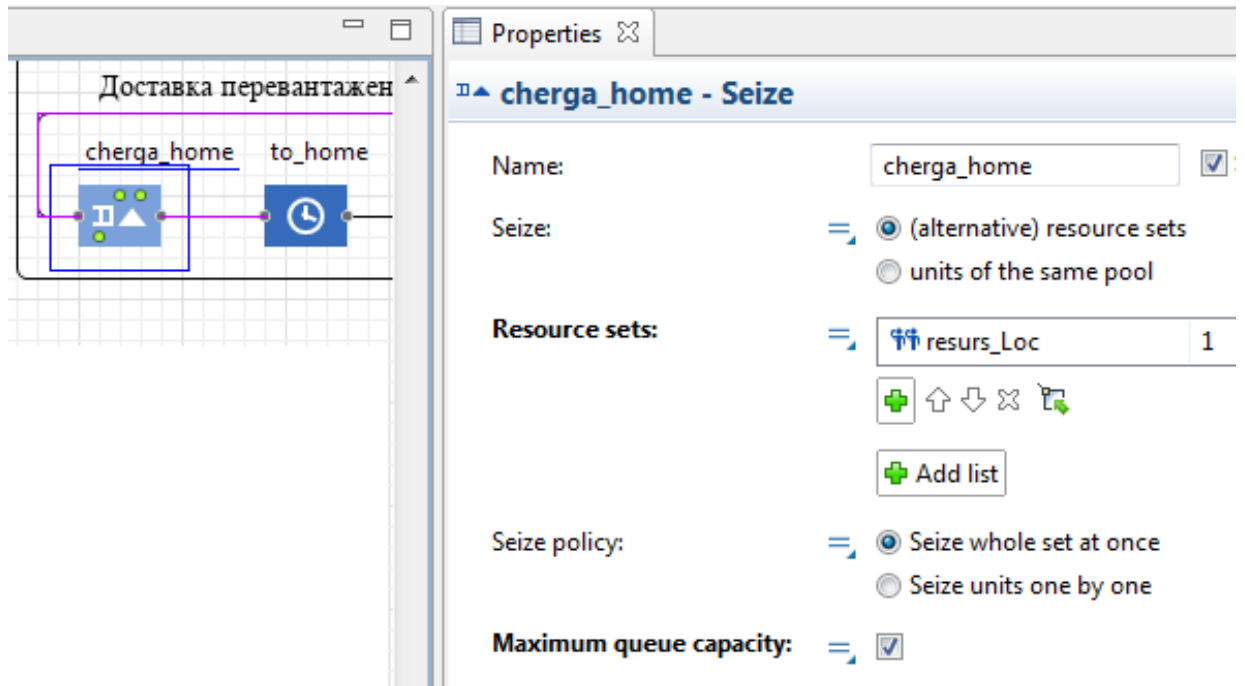


Рисунок 2.31 – Елемент cherga\_home

Після проходження процедури затримки локомотива елементом to\_home, локомотив від'єднується елементом rel\_Loc\_3.

Останній елемент to\_home\_dod, показаний на рисунку 2.31, перед елементом знищення враховує додатковий час затримки вагонів та виконує розрахунок:

$$\text{chas\_kor\_kinc} = \text{chas\_kor\_kinc} + \text{time}(\text{HOUR})$$

часу закінчення часу користування.

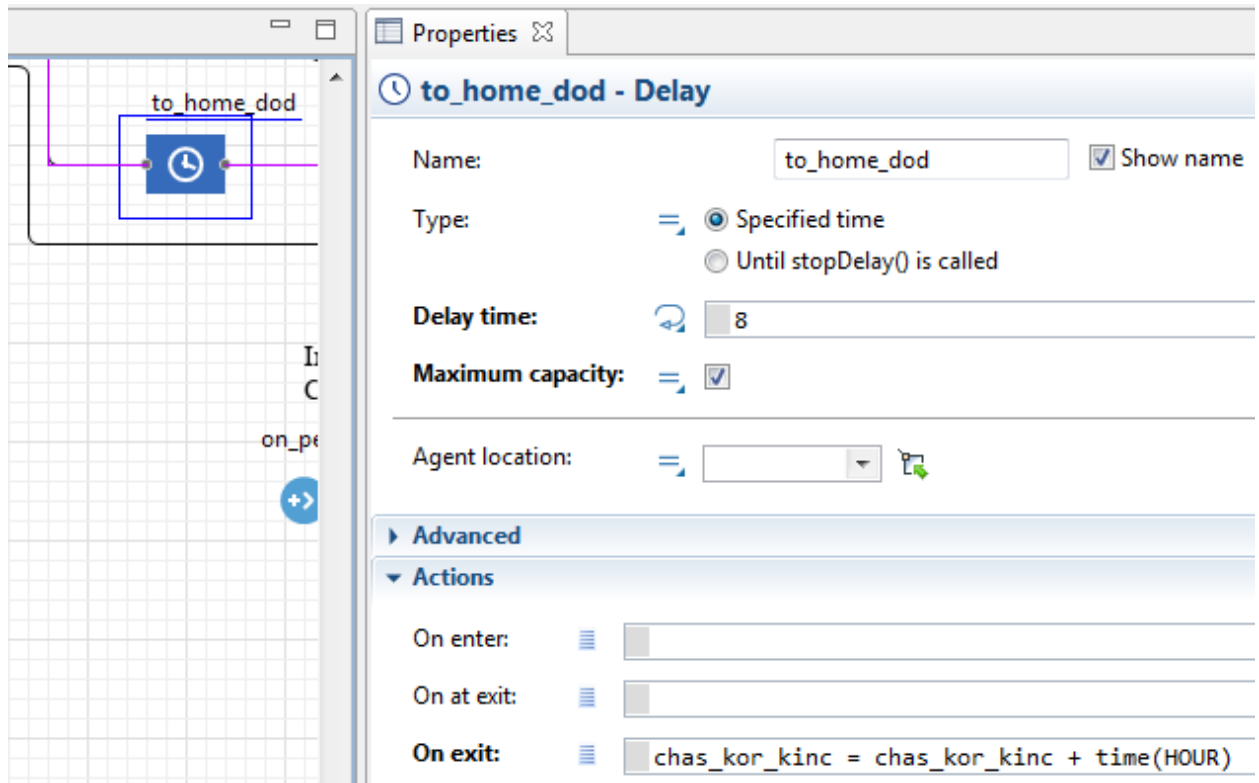


Рисунок 2.31 – Елемент to\_home\_dod

Змінні, які використовуються програмою, показані на рисунку 2.32.

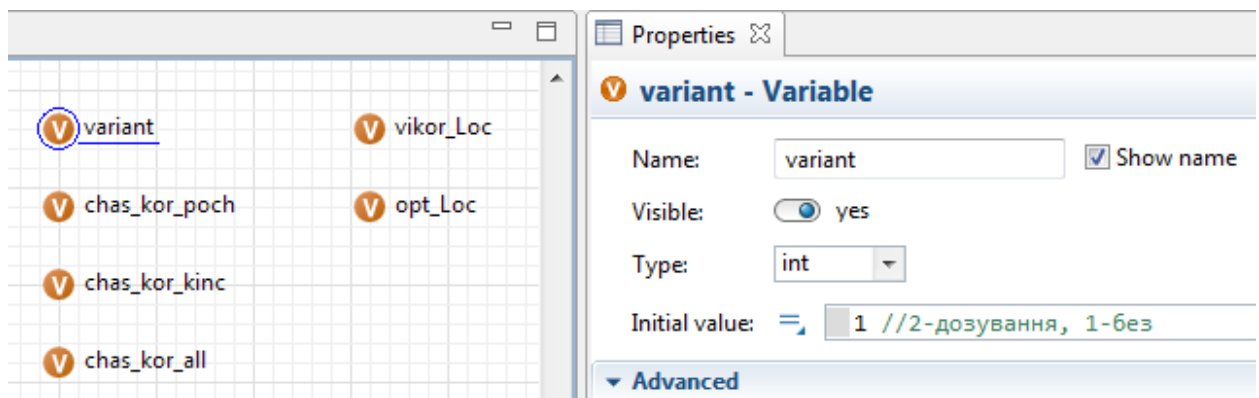
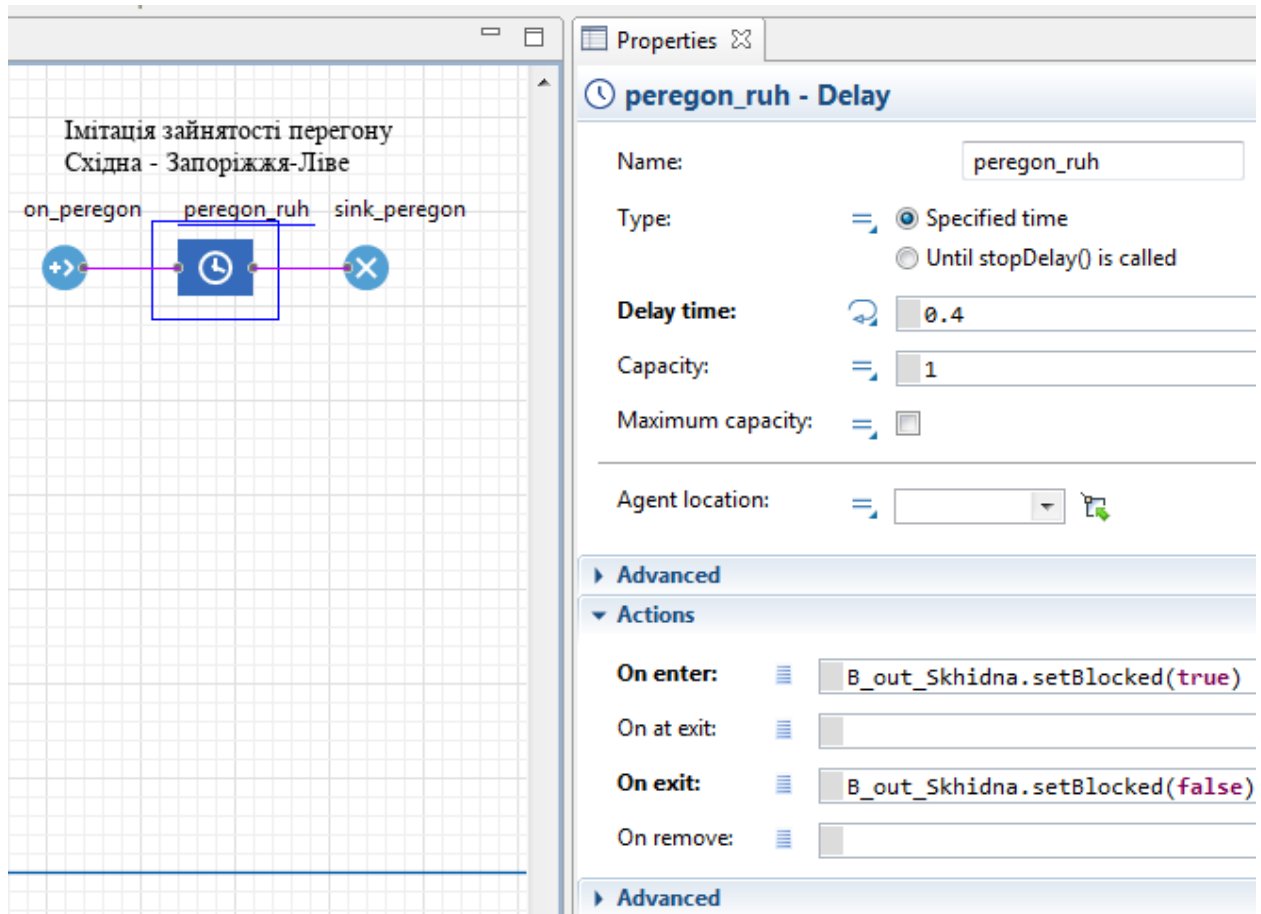


Рисунок 2.32 – Змінні, які використовуються програмою

Змінні variant та vikor\_Loc – типу integer, інші – типу double.

Ланцюг імітації зайнятості перегону Східна-Запоріжжя-Ліве, що блокує елемент B\_out\_Skhidna показаний на рисунку 2.32.

Тривалість затримки Delay time відповідає часу проходження поїздів перегonom.



Рисунку 2.33 – Ланцюг імітації зайнятості перегону Східна-Запоріжжя-Ліве, що блокує елемент B\_out\_Skhidna

Переходимо до підрозділу з виконання експериментів на моделі.

### 2.3 Експериментальна частина

Планується виконати три експерименти:

- використання пристрою для виявлення перевантаження вагонів, при цьому дозування не виконується;

- робота з використанням ділянки дозування гранульованого шлаку, яка не припускає завантаження вагонів понад вантажопідйомність;
- робота з використанням ділянки дозування гранульованого шлаку із використанням алгоритму руху локомотиву до віддаленої ділянки роботи, за умов концентрації обсягів маневрової роботи на ній.

На рисунку 2.34 наведені результати роботи моделі за першим варіантом.

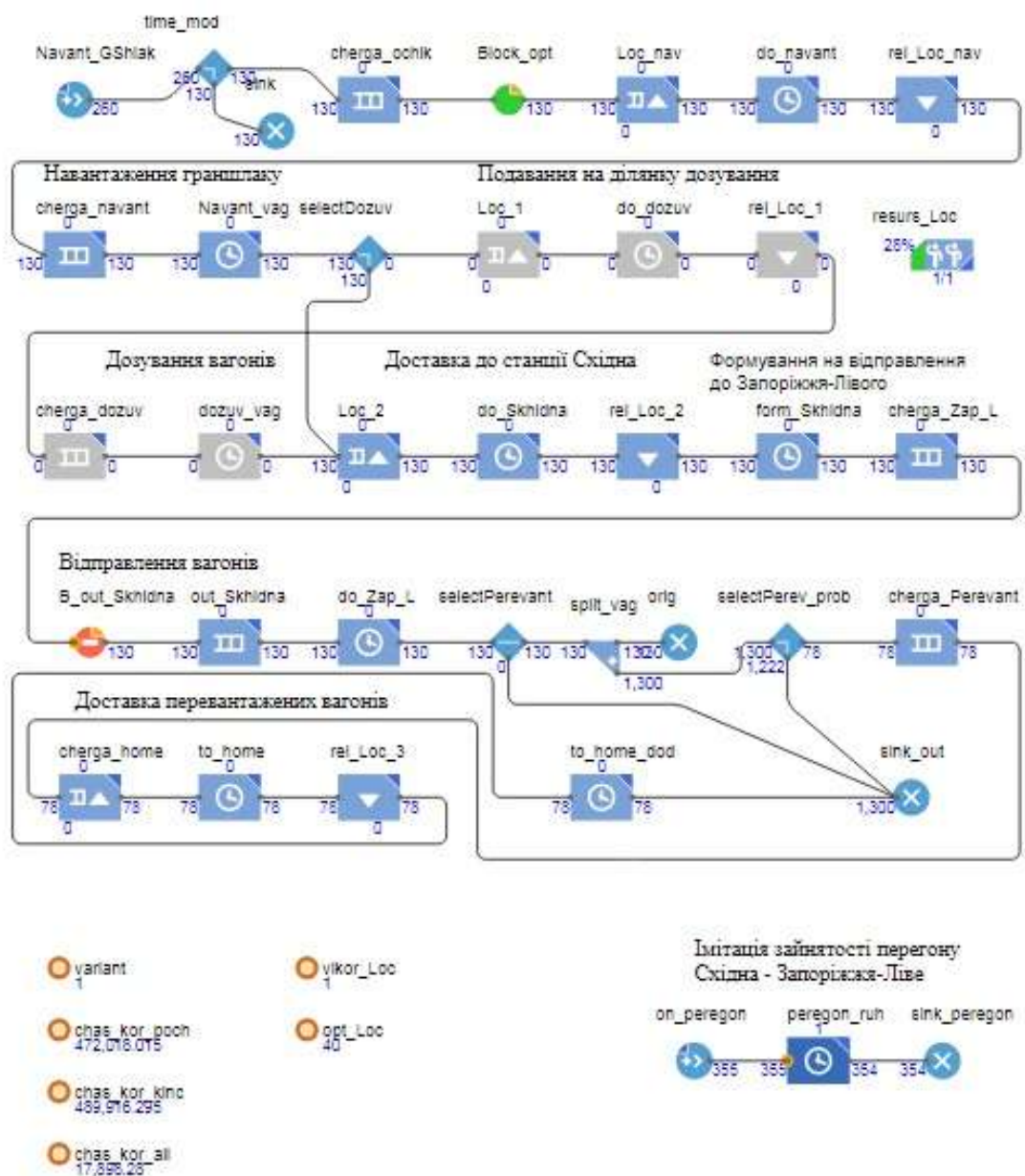


Рисунок 2.34 – Варіант без дозування вагонів

На рисунку 2.35 наведені результати роботи моделі за другим варіантом.

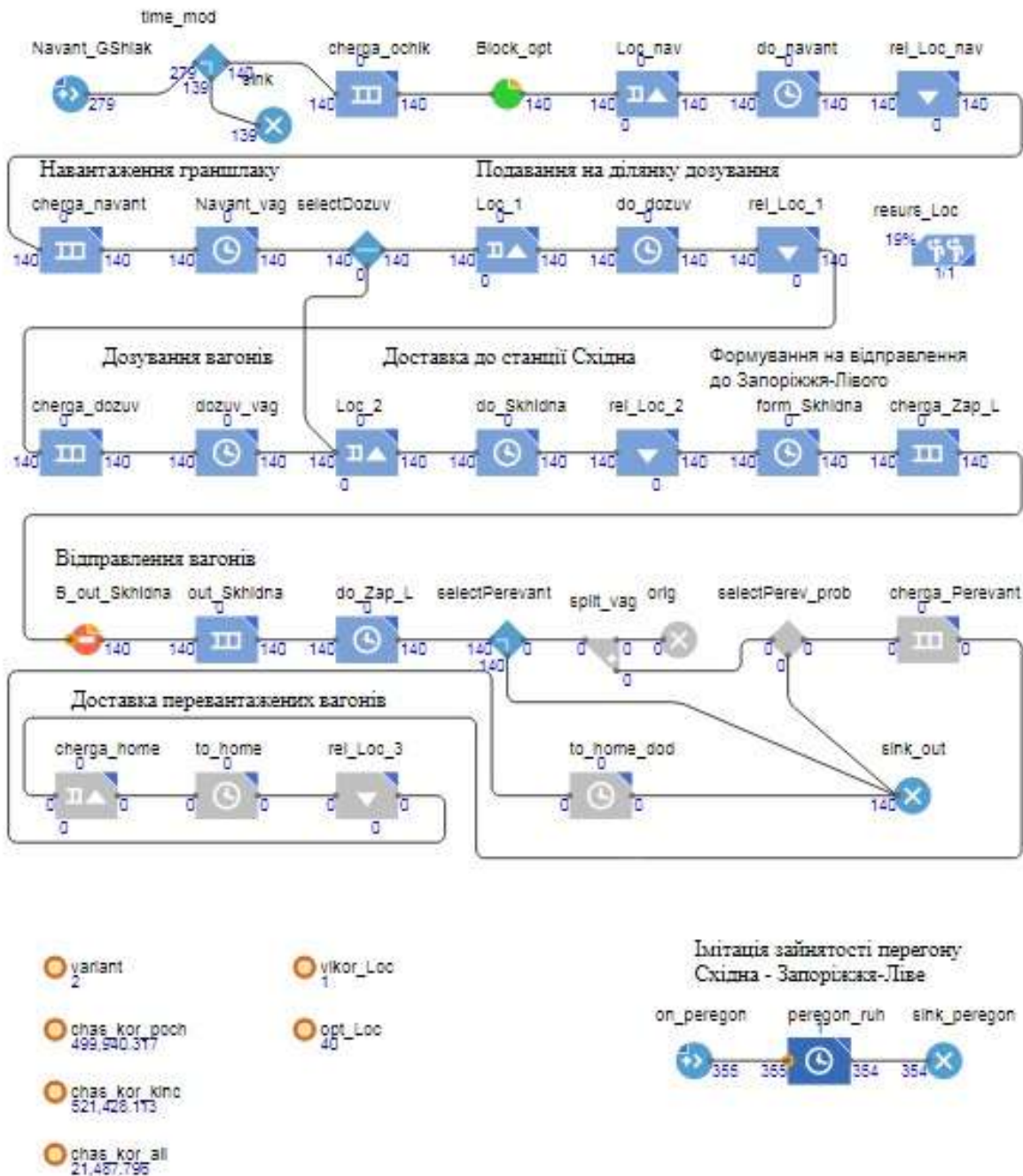


Рисунок 2.35 – Варіант із дозуванням вагонів

На рисунку 2.36 наведені результати роботи моделі за третім варіантом.



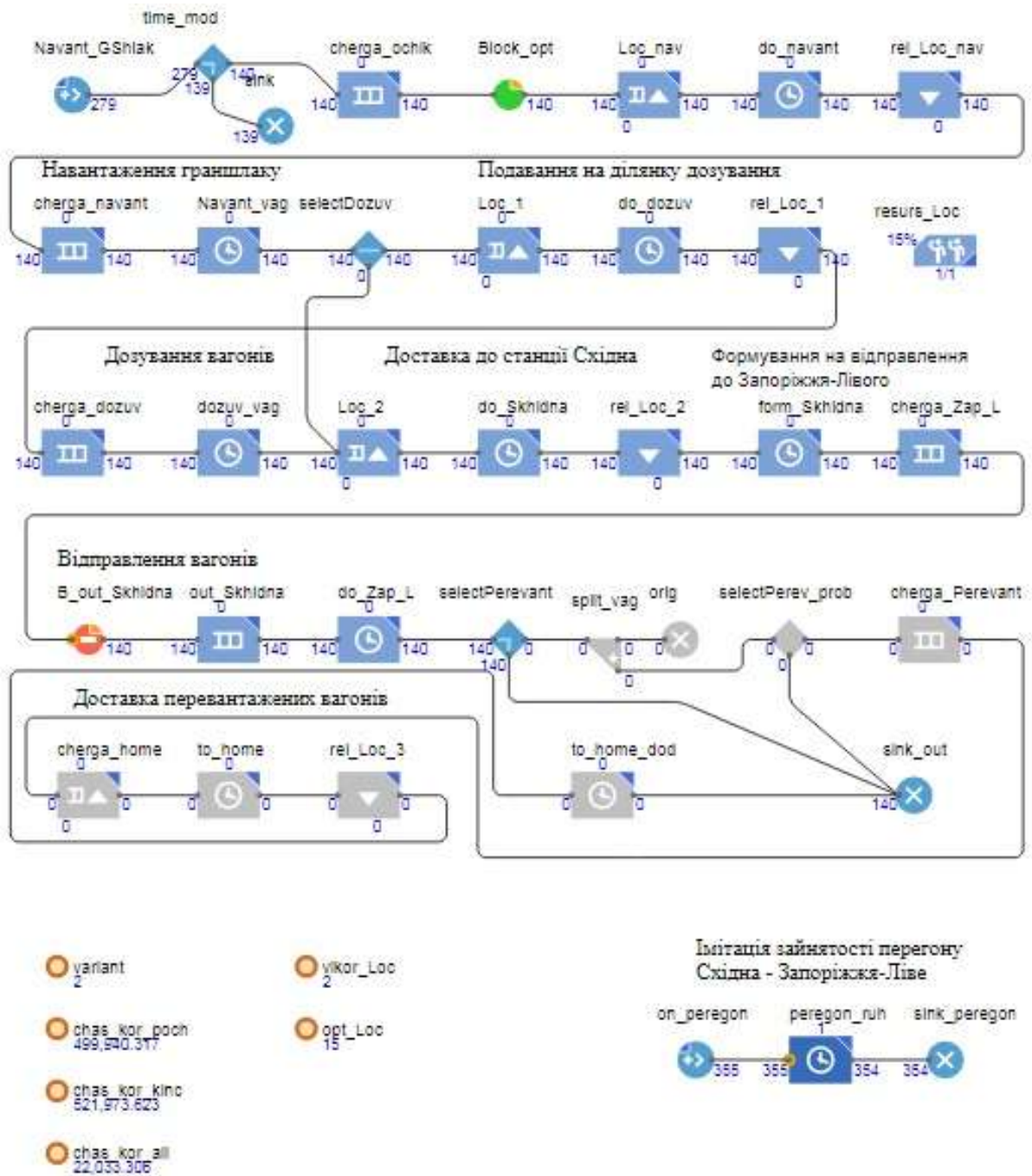


Рисунок 2.36 – Варіант із дозуванням вагонів та раціональним використанням локомотиву

Отримані результати моделювання за усіма трьома варіантами зведемо до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Результати трьох експериментів, за місяць

№ з/п	Показник	Експеримент 1	Експеримент 2	Експеримент 3
1	Тривалість часу використання вагонів, год.	17898	21488	22033
2	Відсоток часу роботи локомотиву, %	28	19	15
3	Час роботи локомотиву, год.	202	137	108
4	Кількість вагонів з надлишком вантажу, од.	78	-	-

Аналізуючи отримані технічні показники, можна зробити наступні висновки:

- тривалість часу використання вагонів збільшується від експерименту 1 до експерименту 3;

- відсоток часу роботи локомотивів, навпаки, зменшується від експерименту 1 до експерименту №3;
- вагони з надлишком вантажу є лише за експериментом 1.

Потрібна подальша економічна оцінка за даними модельних експериментів для визначення найбільш ефективного варіанту перевезення шлаку.

### 3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

#### 3.1 Огляд отриманих результатів моделювання навантаження та дозування граншлаку для економічних розрахунків

В попередніх розділах проведено теоретичне дослідження ефективності використання засобів дозування при відвантаженні гранульованого шлаку на прикладі ПАТ «Запоріжсталь».

За допомогою моделі розглянуто три варіанти організації робіт:

- використання пристрою для виявлення перевантаження вагонів, при такій технології дозування вагонів не передбачається;
- робота з використанням ділянки дозування гранульованого шлаку, яка не припускає завантаження вагонів понад вантажопідйомність за умови обслуговування за викликом локомотива за першої потреби у ньому;
- робота з використанням ділянки дозування гранульованого шлаку із використанням алгоритму подавання локомотиву до віддаленої ділянки роботи лише за умови концентрації обсягів маневрової роботи на ній.

Річний обсяг перевезення вагонів становить 16200 одиниць на рік.

Також було розраховано середній розмір недовантаження вагонів за варіантами:

- без використання ділянки дозування – 1,74 т на вагон;
- при використанні ділянки дозування – 0,29 т на вагон.

Період моделювання було прийнято один місяць, а у таблиці 3.1 наведено перераховані річні показники роботи.

Таблиця 3.1 – Результати трьох експериментів, за рік

№ з/п	Показник	Експеримент	Експеримент	Експеримент
		1	2	3
1	Тривалість часу використання вагонів, год.	214776	257856	264396
2	Відсоток часу роботи локомотиву, %	28	19	15
3	Час роботи локомотиву, год.	2424	1644	1296
4	Кількість вагонів з надлишком вантажу, од.	936	-	-
5	Недовантаження, тонн на вагон	1,74	0,29	0,29
6	Недовантаження, тонн на рік	28188	4698	4698

### 3.2 Визначення методики порівняння варіантів відвантаження граншлаку

На основі традиційних підходів [10-12] витрати на відвантаження граншлаку  $V_{\text{вгрш}_i}$  визначимо за формулою (за  $i$ -м варіантом):

$$V_{\text{вгрш}_i} = V_{\text{лок\_грш}_i} + V_{\text{пл\_грш}_i} + V_{\text{вант\_грш}_i} + V_{\text{тар\_грш}_i}, \quad (3.1)$$

де  $V_{\text{лок\_грш}_i}$  – витрати на експлуатацію локомотива, зайнятого на перевезеннях граншлаку на підприємстві, грн;

$V_{\text{пл\_грш}_i}$  – витрати на плату за вагони із гран шлаком [13], грн;

$V_{\text{вант\_грш}_i}$  – витрати на вантажні роботи, грн;

$V_{\text{тар\_грш}_i}$  – додаткові витрати на тариф на перевезення граншлаку, грн.

Витрати  $V_{\text{лок\_грш}_i}$  визначимо за виразом:

$$V_{\text{лок\_грш}_i} = T_{\text{лок\_грш}_i} C_{\text{лок\_грш}}, \quad (3.2)$$

де  $T_{\text{лок\_грш}_i}$  – тривалість використання, год.;

$C_{\text{лок\_грш}}$  – собівартість локомотиво-години, грн.

Витрати  $V_{\text{пл\_грш}_i}$  визначимо за виразом:

$$V_{\text{пл\_грш}_i} = T_{\text{кор\_грш}_i} C_{\text{пл\_грш}}, \quad (3.3)$$

де  $T_{\text{кор\_грш}_i}$  – тривалість використання вагонів, год.;

$C_{\text{пл\_грш}}$  – вартість години користування, грн.

Витрати  $V_{\text{вант\_грш\_i}}$  визначимо за виразом:

$$V_{\text{вант\_грш\_i}} = T_{\text{вант\_грш\_i}} N_{\text{вант\_грш\_i}} C_{\text{вант\_грш}}, \quad (3.4)$$

де  $T_{\text{вант\_грш\_i}}$  – тривалість роботи ПТМ, год. При використанні ділянки дозування тривалість роботи ПТМ на 10 вагонів становить  $8 + 3 = 11$  годин, або 1,1 години на вагон. Без використання даної ділянки тривалість роботи ПТМ на 10 вагонів становить 8 годин, або 0,8 години на вагон, але треба врахувати витрати часу на повернені через перевантаження вагони;

$N_{\text{вант\_грш\_i}}$  – кількість вагонів, з якими виконувались вантажні роботи, од.;

$C_{\text{вант\_грш}}$  – собівартість години роботи ПТМ, грн.

Витрати  $V_{\text{тар\_грш\_i}}$  визначимо за виразом:

$$V_{\text{тар\_грш\_i}} = Q_{\text{дод\_грш\_i}} C_{\text{тар\_грш}}, \quad (3.5)$$

де  $Q_{\text{дод\_грш\_i}}$  – недовантажений обсяг граншлаку, год.;

$C_{\text{тар\_грш}}$  – середня вартість залізничного тарифу на тонну граншлаку, грн.

Переходимо до розрахунків за варіантами перевезення граншлаку.

### 3.3 Варіант перевезення граншлаку без дозування

Виконаємо розрахунок витрат  $V_{\text{тар\_грш\_1}}$  на тариф за (3.5):

$$V_{\text{тар\_грш\_1}} = 28188 \cdot 284 = 8005392 \text{ грн.}$$

Виконаємо розрахунок витрат  $V_{\text{вант\_грш\_1}}$  на роботу ПТМ за виразом (3.4):

$$V_{\text{вант\_грш\_1}} = 0,8 \cdot (16200 + 936) \cdot 937,95 = 12858168,96 \text{ грн.}$$

Виконаємо розрахунок витрат  $V_{\text{пл\_грш\_1}}$  на плату за користування вагонами за (3.3):

$$V_{\text{пл\_грш\_1}} = 214776 \cdot 75,4 = 16194110,4 \text{ грн.}$$

Виконаємо розрахунок витрат  $V_{\text{лок\_грш\_1}}$  на роботу локомотивів за формулою (3.2):

$$V_{\text{лок\_грш\_1}} = 2424 \cdot 1021 = 2474904 \text{ грн.}$$

Загалом витрати становлять:

$$\begin{aligned} V_{\text{вгрш\_1}} &= 8005392 + 12858168,96 + 16194110,4 + 2474904 = \\ &= 39532575,36 = 39,5 \text{ млн грн.} \end{aligned}$$

### 3.4 Варіант перевезення граншлаку із дозуванням

Виконаємо розрахунок витрат  $V_{\text{тар\_грш\_2}}$  на тариф за (3.5):

$$V_{\text{тар\_грш\_2}} = 4698 \cdot 284 = 1334232 \text{ грн.}$$



Виконаємо розрахунок витрат  $V_{\text{вант\_грш\_2}}$  на роботу ПТМ за виразом (3.4):

$$V_{\text{вант\_грш\_2}} = 1,1 \cdot 16200 \cdot 937,95 = 16714269 \text{ грн.}$$

Виконаємо розрахунок витрат  $V_{\text{пл\_грш\_2}}$  на плату за користування вагонами за (3.3):

$$V_{\text{пл\_грш\_2}} = 257856 \cdot 75,4 = 19442342,4 \text{ грн.}$$

Виконаємо розрахунок витрат  $V_{\text{лок\_грш\_2}}$  на роботу локомотивів за формулою (3.2):

$$V_{\text{лок\_грш\_2}} = 1644 \cdot 1021 = 1678524 \text{ грн.}$$

Загалом витрати становлять:

$$\begin{aligned} V_{\text{вгрш\_2}} &= 1334232 + 16714269 + 19442342,4 + 1678524 = 39169367,4 = \\ &= 39,2 \text{ млн грн.} \end{aligned}$$

### **3.5 Варіант перевезення граншлаку із дозуванням та раціональним використанням локомотивів**

Виконаємо розрахунок витрат  $V_{\text{тар\_грш\_3}}$  на тариф за (3.5):

$$V_{\text{тар\_грш\_3}} = 4698 \cdot 284 = 1334232 \text{ грн.}$$

Виконаємо розрахунок витрат  $V_{\text{вант\_грш\_3}}$  на роботу ПТМ за виразом (3.4):

$$V_{\text{вант\_грш\_3}} = 1,1 \cdot 16200 \cdot 937,95 = 16714269 \text{ грн.}$$

Виконаємо розрахунок витрат  $V_{\text{пл\_грш\_3}}$  на плату за користування вагонами за (3.3):

$$V_{\text{пл\_грш\_3}} = 264396 \cdot 75,4 = 19935458,4 \text{ грн.}$$

Виконаємо розрахунок витрат  $V_{\text{лок\_грш\_3}}$  на роботу локомотивів за формулою (3.2):

$$V_{\text{лок\_грш\_3}} = 1296 \cdot 1021 = 1323216 \text{ грн.}$$

Загалом витрати становлять:

$$\begin{aligned} V_{\text{вгрш\_3}} &= 1334232 + 16714269 + 19935458,4 + 1323216 = \\ &= 39307175,4 = 39,3 \text{ млн грн.} \end{aligned}$$

### **3.6 Аналіз економічних розрахунків**

Результати розрахунків вартості відвантаження граншлаку за варіантами із дозуванням та без нього зведемо до таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Результати розрахунків вартості відвантаження граншлаку

№ з/п	Показник	Варіант 1 без дозування	Варіант 2 із дозуванням	Варіант 3 із дозуванням та раціон. використ. локомот.
1	Вартість використання локомотиву, грн	2474904	1678524	1323216
2	Вартість плати за використання вагонів, грн	16194110,4	19442342,4	19935458,4
3	Вартість роботи ПТМ, грн.	12858168,96	16714269	16714269
4	Додаткові витрати на залізничний тариф, грн.	8005392	1334232	1334232
5	Загальні витрати, грн.	39532575,36	39169367,4	39307175,4

Кінець таблиці 3.2

№ з/п	Показник	Варіант 1 без дозування	Варіант 2 із дозуванням	Варіант 3 із дозуванням та раціон. використ. локомот.
6	Економія за варіантами 2 та 3, грн.	-	-363207,96	-225399,96

На рисунку 3.1 показаний графічний аналіз результатів економічних обчислень.

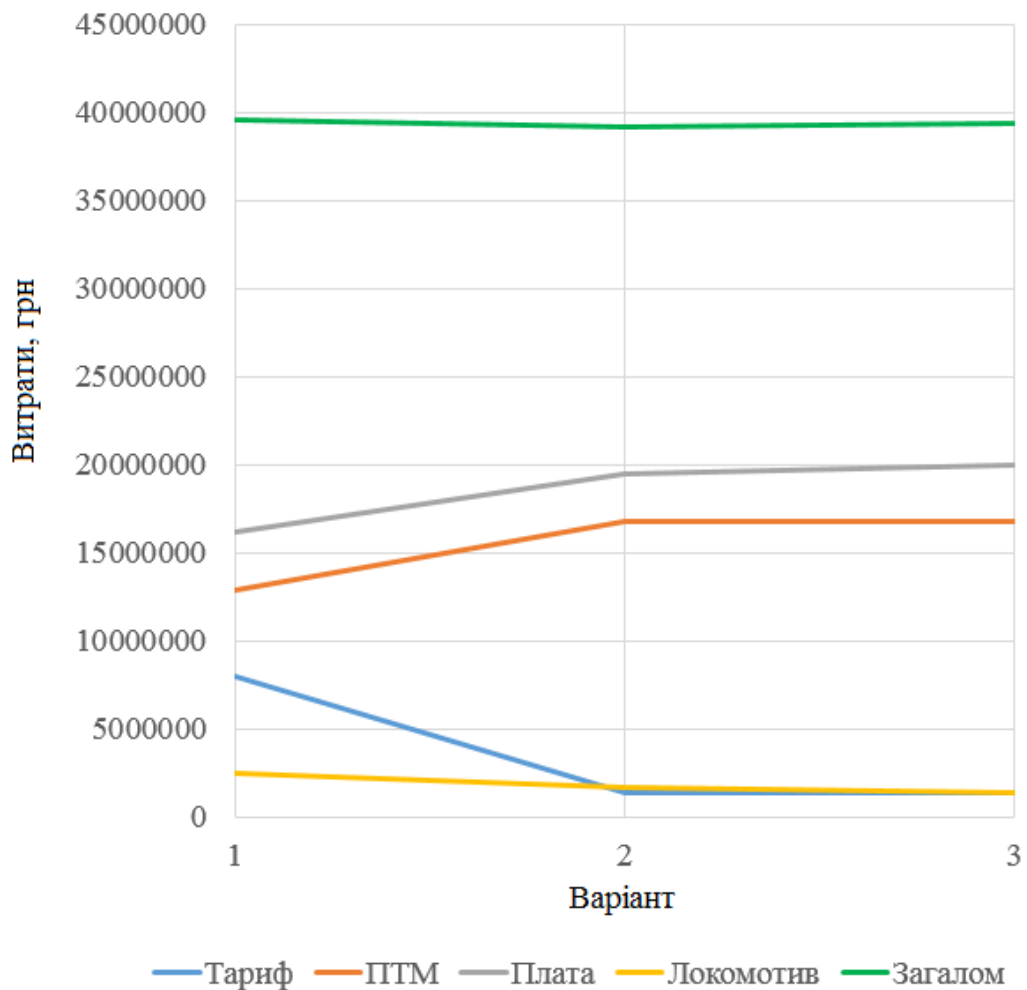


Рисунок 3.1 – Графічний аналіз результатів економічних обчислень

Варіант 3 із раціональним використанням локомотиву виявився менш економічним, ніж варіант 2, через збільшення плати за користування вагонами, які більший час його очікують.

Економічний ефект становить 363207,96 грн на рік, тож варіант 2 залишається більш доцільним, окрім того він більшою мірою забезпечує безпеку залізничних перевезень.

#### 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В розділі дипломного проекту на тему «Дослідження ефективності використання засобів дозування при відвантаженні гранульованого шлаку на прикладі ПАТ «Запоріжсталь» розглядається аналіз потенційних небезпек, що можуть вплинути на дослідника та робітників. Розробляються заходи по їх усуненню на основі [14-18].

Гранульований шлак по іншому граншлак – дрібнофракційний (<10 мм) сипкий багатокomпонентний матеріал, здебільшого скловидний, що утворюється завдяки швидкому охолодженню водою рідкого гарячого шлаку який створився, наприклад, під час виплавки чавуну в доменній печі чи конверторі.

Має добрі в'язучі властивості. Використовується, наприклад, при виробництві цементу як активна мінеральна добавка. Крім того, з граншлаку виробляють молотий гранульований шлак, який використовується для виробництва бетону.

При завантаженні рухомого складу ймовірно збільшення небезпеки через наявність пилу та при переміщення значних мас вантажу. Тому в Додатку А до дипломного проекту показаний аналіз потенційних небезпек, що може вплинути на дослідника. В Додатку Б розроблені заходи по усуненню цих небезпек.

В Додатку В показані розрахунки показників шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу, на робочому місці дослідника при роботі на персональному комп'ютері (ПК).

В підрозділі з Охорони праці розглянуті питання з цивільного захисту.

#### **4.1 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях, наслідки пожеж і вибухів**

Наслідки пожеж і вибухів обумовлені дією їх вражаючих факторів [18].

Основними вражаючими факторами пожежі є безпосередня дія вогню на палаючий предмет (горіння) і дистанційний вплив на предмети й об'єкти високих температур за рахунок випромінювання.

В результаті відбувається згоряння предметів і об'єктів, їх обвуглювання, руйнування, вихід з ладу. Знищуються всі елементи будинків і конструкцій, виконані зі спалимих матеріалів, дія високих температур викликає перепалювання, деформацію й падіння металевих ферм, балок перекриттів та інших конструктивних деталей споруд. Цегляні стіни і стовпи деформуються. У кладці із силікатної цегли при тривалому нагріванні до 500—600°C спостерігається покриття цегли тріщинами і руйнування матеріалу.

При пожежах цілком або частково знищуються чи виходять з ладу технологічне устаткування і транспортні засоби. Гинуть домашні і сільськогосподарські тварини. Гинуть чи одержують опіки різних ступенів люди.

Вторинними наслідками пожеж можуть бути вибухи, витік отруйних або забруднюючих речовин у навколишнє середовище. Великих збитків приміщенням і предметам, яких не торкнувся вогонь, може завдати вода, що застосовується для гасіння пожежі.

Важкими соціальними й економічними наслідками пожежі є припинення виконання об'єктом, зруйнованим пожежею, своїх господарських чи інших функцій.

Основними вражаючими факторами вибуху є:

- повітряна ударна хвиля (ПУХ), що виникає при ядерних вибухах, вибухах ініціюючих і детонуючих речовин, при вибухових перетвореннях хмар паливно-повітряних сумішей, вибухах резервуарів з перегрітою рідиною і резервуарів під тиском;

- осколкові поля, створювані уламками різного роду об'єктів технологічного устаткування, будівельних деталей і т. п. Основними параметрами вражаючих факторів є:

- повітряної ударної хвилі – надлишковий тиск у її фронті;
- осколкових полів – кількість осколків, їх кінетична енергія і радіус розльоту.

В результаті дії вражаючих факторів вибуху відбувається руйнування або пошкодження будинків, споруд, технологічного устаткування, транспортних засобів, елементів комунікацій та інших об'єктів, загибель людей.

Вторинними наслідками вибухів є ураження об'єктів, які знаходяться всередині завалених уламками конструкцій будинків і споруд, їх поховання під уламками. В результаті вибухів можуть виникнути пожежі, витік небезпечних речовин з ушкодженого устаткування.

Великі збитки народному господарству наносяться в результаті припинення функціонування зруйнованих об'єктів.

При пожежах і вибухах люди одержують термічні і механічні ушкодження. Характерні опіки тіла, верхніх дихальних шляхів, черепно-мозкові травми, численні переломи і забиття, комбіновані ураження.



## ВИСНОВКИ

В роботі виконані теоретичні дослідження ефективності використання засобів дозування при відвантаженні гранульованого шлаку на прикладі ПАТ «Запоріжсталь». Отримані результати можуть бути корисними для економічного обґрунтування та практичного впровадження даних інновацій на інших підприємствах галузі.

Коли підприємство не мало відповідних засобів контролю ваги безпосередньо поблизу фронту навантаження, для забезпечення неперевищення вантажопідйомності вагонів, воно здійснювало контрольну перевірку ваги вагонів у поїзді, який відправляється на зовнішню мережу залізничних колій.

При виявленні транспортних засобів із перевантаженням, вони повертались на підприємство для усунення цього недоліку, що обумовлювало додаткові витрати на перевезення та збільшувало плату за користування вагонами.

Низька точність навантаження та визначення ваги за обміром призводило до сплати залізничного тарифу за фактично неіснуючу вагу гранульованого шлаку.

Після створення ділянки для дозування вагонів, навантажених граншлаком, проблема є вирішеною. Проте це також потребує витрат із перевезення та вантажних робіт.

В роботі була поставлена та вирішена задача аналізу ефективності прийнятих рішень, яка передбачає такі етапи:

- розробку імітаційної моделі роботи за двома варіантами – використання ділянки дозування, яка потребує додаткових транспортних витрат та витрат на вантажні роботи, або

використовувати навантаження за обміром із контролем перевантаження вагонів понад вантажопідйомність;

- статистичний аналіз ймовірнісних параметрів моделі;
- економічні розрахунки за отриманими в результаті використання моделі показниками обох варіантів.

В процесі моделювання також були розглянуті питання організації транспортного обслуговування ділянки дозування з метою раціонального використання тепловозів.

Встановлено найбільш економічний варіант №2, економічний ефект за яким становить понад 300 тис грн на рік, крім того цей варіант більшою мірою забезпечує безпеку залізничних перевезень.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. ПАТ «Запоріжсталь». Шлак доменний гранульований. URL : <https://zaporizhstal.com/diyalnist/produksiya/neosnovna/> (дата звернення: 14.09.2023).
2. Шлаки доменні гранульовані. URL : [https://www.plasma.com.ua/chemistry/chemistry/metallurgical\\_granulated\\_slags.html](https://www.plasma.com.ua/chemistry/chemistry/metallurgical_granulated_slags.html) (дата звернення: 17.09.2023).
3. Офіційний сайт ПАТ «Запоріжсталь»: «Про підприємство». URL : <https://zaporizhstal.com/> (дата звернення: 01.10.2023).
4. ГМК CENTER : «Запоріжсталь». URL : <https://gmk.center/ua/manufacture/zaporizhstal/> (дата звернення: 02.11.2023).
5. ЄТП станції примикання Запоріжжя-Ліве та під'їзної колії ПАТ металургійний комбінат «Запоріжсталь». – Запоріжжя: ПАТ «Запоріжсталь», 2021. – 180 с.
6. Технічно-розпорядчий акт станції Східна. – Запоріжжя: ПАТ «Запоріжсталь», 2021. – 54с.
7. Міжцехова інструкція по взаємодії працівників ЦГПТЛ, ЦХП-1, ЦХП-3, ЦПВ, ЦШП, РБЦ, ТЕЦ, Обтискного цеху, складів УКБа, ЗМК, ЦРРС и ЦПУіРК Управління залізничного транспорту, ділянки вивантаження і очищення ЦЕ УЗТ з працівниками станції Східна ЦЕ УЗТ при обслуговуванні залізничними перевезеннями. – Запоріжжя: ПАТ «Запоріжсталь», 2021. – 57с.
8. Лащених О.А. Імовірнісні і статистико-експериментальні методи аналізу транспортних процесів і систем / О.А.Лащених, О.Ф.Кузькін, С.В.Грицай. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2011. – 420 с.

9. Турпак, С. М. Логістичні системи управління залізничним транспортом металургійних підприємств [Текст]: монографія / С. М. Турпак. – Херсон : Грінь Д. С., 2015. – 264 с.

10. Економіка залізничного транспорту [Текст]: підручник / за ред. Ю. В. Кулаєва, Ю. С. Бараша, М. В. Гненного; Дніпропетр. національний університет залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна. - Дніпропетровськ, 2014. - 480 с.

11. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «Основи економіки транспорту» для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 275 «Транспортні технології» / Укл.: ст. викл. Харченко Т.В. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2021. – 36 с.

12. Колосок В.М. Економіка транспортних підприємств [Текст]: підручник. ПДТУ, 2016. – 186

13. Ставки плати за використання власних вагонів перевізника АТ "Укрзалізниця". URL : [https://www.uz.gov.ua/cargo\\_transportation/tariff\\_conditions/stavky/stavky23/](https://www.uz.gov.ua/cargo_transportation/tariff_conditions/stavky/stavky23/) (дата звернення 10.11.2023).

14. 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.

15. 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)

16. 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).

17. Лазуткін М. І. Методичні вказівки до виконання розділу «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях» в магістерських дипломних роботах (проектах) : зі спеціальності 275.02 – «Транспортні технології на залізничному транспорті» за освітньою програмою (спеціалізацією) – «Транспортні технології на залізничному транспорті»; «275.03 – Транспортні технології на автомобільному транспорті» за освітньою програмою (спеціалізацією) – «Транспортні технології на автомобільному транспорті» : Запоріжжя: Каф. ОП і НС. НУ «Запорізька політехніка», 2019. 35 с

18. Стеблюк М. І. Цивільна оборона та цивільний захист : навчальний посібник для вузів. К. : Знання, 2013. - 487 с.

## ДОДАТОК А

### АНАЛІЗ ПОТЕНЦІЙНИХ НЕБЕЗПЕК

В ході дослідження виявлена наявність наступних небезпек [17]:

- при завантаженні граншлаку та іншого сипучого вантажу в залізничні платформи перевантажувачем можливо розсипання його, що призводить до травмування робітників. Пил такого вантажу шкідливо діє на дихальні шляхи дослідника та робітників;

- у разі неузгоджених дій складачів поїздів з головним диспетчером та при самовільному русі вагонів можливі наїзди залізничним рухомим складом на робітників та дослідника;

- при розвантаженні з хоперів вантажу, можливо обрушення сипучих матеріалів на робітників, що призведе до травм;

- при завантаженні гранульованого шлаку та іншого сипучого вантажу з залізничних платформ кранами можливо розсипання його, що призводить до травмування робітників. Пил такого вантажу також діє на дихальні шляхи робітників;

- можливе ураження робітників струмом від не ізольованих та пошкоджених кабелів перевантажувача, що може призвести до електричних травм;

- не достатнє освітлення ділянки, де відбувається навантаження вантажу, призводить до не вірного навантаження, спричиняє виникнення несприятливих ситуацій наїзду вагонів на робітників та інше;

- у холодну пору можливо переохолодження робітників та дослідника, що призведе до простудних захворювань. В теплу пору може відбутися перегрів організму і як наслідок тепловий удар;

- на складах можливо виникнення пожежі. Причиною виникнення не задовільнений нагляд за електроустаткуванням і проводами, опалювальними пристроями, що призводить до перевантажень, утворення іскор та загорання;

- при обробці статистичних даних на комп'ютері можливо виникнення шкідливих факторів санітарно-гігієнічного характеру такі як не задовільнено освітлення, порушення норм мікроклімату, підвищений шум та інше, що може визивати важкість та напруженість праці.

## ДОДАТОК Б

### ЗАХОДИ ПО ЗАБЕЗПЕЧЕННЮ БЕЗПЕКИ

Під час навантаження коксу, руди та інших сипучих матеріалів навантажувачем, робітнику необхідно відійти на безпечну відстань щоб запобігти травмування відповідно НПАОП 63.1-1.06-85 «Правила охорони праці під час вантажно-розвантажувальних робіт» – чинний від 2015-03-03.

Для запобігання ураження електричним струмом необхідно перед початком робіт ретельно перевіряти електричні кабелі, які підводяться до навантажувача, на стан пошкодження. В випадку пошкодження, негайно викликати службу по їх ремонту. ДСТУ 7237:2011 «Система стандартів безпеки праці. Електробезпека».

Для запобігання наїздів на робітників залізничним транспортом, оглядачі вагонів, складачі поїздів або вантажників повинні бути одягнуті в сигнальні жилети зі світловідбивними смугами та узгоджувати свої дії за допомогою радіостанції (стаціонарна - у машиніста поїзду, переносна у вантажників).

Місця перетину доріг із залізничними коліями повинні облаштовуватися знаками безпеки та сигналізацією. ДСТУ 7238:2011 «Система стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту».

Заходи з виробничої санітарії та гігієни праці. Для захисту від пилу граншлаку та інших сипучих матеріалів робітникам необхідно застосовувати засоби індивідуального захисту. До таких відноситься респіратори. ДСТУ 7339:2011 «Система стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту».



Для попередження переохолодження робітників необхідно забезпечити їх теплим одягом. А в теплу пору від перегріву – легкий одяг та мінеральну воду відповідно ДСТУ 7339:2011 «Системи стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту».

Для забезпечення нормативного рівня освітленості на майданчику навантаження передбачено обладнання освітленості в розмірі 50 лк відповідно ДБН В.2-5-28-2018 «Природне та штучне освітлення». Робоче освітлення розміщено на щоглах поза зоною майданчика. Для освітлення застосовуються прожектори типу ПЗС-35 з газорозрядними лампами ДРЛ-700.

## ДОДАТОК В

### ШКІДЛИВІ ФАКТОРИ САНІТАРНО-ГІГІЄНИЧНОГО ХАРАКТЕРУ

При роботі на ПК, на дослідника можуть діяти шкідливі фактори санітарно-гігієнічного характеру. Для цього заміряємо ці фактори на робочому місці та занесемо їх в таблицю до стовпчиків 1, 2, 3, таблиці «Результати оцінювання за бальною шкалою».

Відповідно до додатків методичних вказівок [14], 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 2а.

З додатків [14], відповідно до категорії робіт 2а, розряду зорових робіт Б-2 та виявлених показників умов та напруженості праці, визначаємо ГДК (ГДР) виявлених факторів і показників та вносимо їх значення до стовпчика 4, таблиці В.1 «Результати оцінювання за бальною шкалою».

Таблиця В.1 – Результати оцінювання за бальною шкалою

Фактор (показник)	Виміряні показники $P_{вим}$	Час дії $год.(хв.)$	ГДК, ГДР, показники, $P_{дон}$	$X_{визн}$ , бали	Клас умов праці	$X_i$ , бали
1	2	3	4	5	6	7
Мікроклімат за ТНС-індексом, $t, ^\circ C$	29	10	22,0-25,1	4	3.4	4
Освітленість приміщення $E, лк$	150	9	200	—	3.1	1
Розряд і підрозряд зорових робіт, $Z_{ор}$	Б-2	—	—	—	—	—

Кінець таблиці В.1

1	2	3	4	5	6	7
Рівень шуму $L$ , дБА	109	6	80	—	3.4	3,0 0
Загальні енергозатрати організму, $Vm$	340	6	290	0,88	3.3	3
Стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук)	61000	6	4000 0	1,14		
Тривалість зосередження уваги (в % від часу зміни)	80	6	75	0,80		
Тривалість робочого дня, год.	9	9	8	0,19		

Для окремих факторів і показників за методикою визначеною «Гігієнічною класифікацією праці», визначаємо розрахункові коефіцієнти  $X_{визн}$  та вносять їх значення до стовпчика 5, таблиці «Результати оцінювання за бальною шкалою»:

- для гігієнічної оцінки мікроклімату використовуємо ТНС-індекс, додаток Б [14]. Розрахунковий коефіцієнт  $X_{визн}$  при оцінка мікроклімату визначаємо в балах, за формулою 7.1:

$$X_{визн} = \frac{1 \cdot t_1 + 2 \cdot t_2 + 3 \cdot t_3 + 4 \cdot t_4}{T} = \frac{4 \cdot 10}{10} = 4$$

для показників важкості та напруженості праці розрахункові коефіцієнти визначаються за основними та допоміжними показниками, що є характерними для конкретного робочого місця, за формулою 7.2:

- загальні енергозатрати організму,  $K_{знач} = 1,0$

$$X_{\text{визн}} = \frac{P_{\text{вим}} \cdot T \cdot K_{\text{знач}}}{8 \cdot P_{\text{доп}}} = \frac{340 \cdot 6 \cdot 1,0}{8 \cdot 290} = 0,88;$$

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

$$X_{\text{визн}} = \frac{P_{\text{вим}} \cdot T \cdot K_{\text{знач}}}{8 \cdot P_{\text{доп}}} = \frac{61000 \cdot 6 \cdot 1,0}{8 \cdot 40000} = 1,14;$$

- тривалість зосередження уваги (% від часу зміни),  $K_{\text{знач}} = 1,0$

$$X_{\text{визн}} = \frac{P_{\text{вим}} \cdot T \cdot K_{\text{знач}}}{8 \cdot P_{\text{доп}}} = \frac{80 \cdot 6 \cdot 1,0}{8 \cdot 75} = 0,80;$$

- тривалість робочого дня (зміни),  $K_{\text{знач}} = 0,15$

$$X_{\text{визн}} = \frac{P_{\text{вим}} \cdot T \cdot K_{\text{знач}}}{8 \cdot P_{\text{доп}}} = \frac{9 \cdot 9 \cdot 0,15}{8 \cdot 8} = 0,19;$$

Визначаємо клас та ступінь шкідливості умов праці для кожного з виявлених факторів і показників та вносимо їх значення до стовпчика 6, таблиці «Результати оцінювання за бальною шкалою»:

- для мікроклімату, відповідно до значення розрахункового коефіцієнта  $X_{\text{визн}} = 4$ , з таблиці 7.2 [14] – 3 клас, 4 ступінь (3.4);

- при оцінці освітленості робочої зони приміщення, клас та ступінь шкідливості умов праці визначаємо у відповідності до  $P_{\text{вим}} = 150$  лк, за додатками Г та табл. Г.1 [14] – 3 клас, 1 ступінь (3.1);

- для гігієнічної оцінки рівня шуму, клас та ступінь шкідливості умов праці визначаємо у відповідності до вимірюного значення рівня шуму  $P_{вим} = 109$  дБА, за додатками Д та табл. Д.1 [14] – 3 клас, 4 ступінь (3.4);

- клас і ступінь важкості та напруженості праці визначаємо як суму розрахованих балів усіх показників  $X_{визн}$  за формулою 7.3 [14]:

$$X_{сум} = \sum_{i=1}^n X_i = 0,88 + 1,14 + 0,80 + 0,19 = 3,01$$

З таблиці 7.3 [14] за значенням суми розрахованих балів показників  $X_{сум} = 3,01$  – 3 клас, 3 ступінь (3.3);

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

Тому що при гігієнічній оцінці виявлена наявність шкідливих та особливо шкідливих, важких та особливо важких умов праці, проводимо дослідження фактичного стану умов праці, з метою визначення розмірів доплат за ступені шкідливості факторів виробничого середовища та показників важкості та напруженості праці за бальною шкалою, та вносимо їх значення до стовпчика 7, таблиці «Результати оцінювання за бальною шкалою»:

- для оцінки впливу мікроклімату, виходимо з того що він відповідає 3 класу, 4 ступеню умов праці, а час його дії уже врахований, тому –  $X_{см} = X_i = 4$ ;

- при оцінці впливу освітленості, виходимо з того що вона відповідає 3 класу, 1 ступеню умов праці та діє протягом 9 годин, тому коректування не потрібно –  $X_{см} = X_i = 1$ ;

- для оцінки впливу шуму, виходимо з того, що його рівень відповідає 3 класу, 4 ступеню умов праці та діє протягом 6 годин, тому значення  $X_i$  визначаємо за формулою 7.4 [14]:

$$X_i = X_{cm} \cdot \frac{T}{8} = 1 \cdot \frac{4 \cdot 6}{8} = 3,00$$

- 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 –  $X_{cm} = X_i = 3$ ;

Для визначення конкретного розміру доплати, умови праці оцінюємо по сумі значень  $X_i$ , за формулою 7.5 [14]:

$$X_{факт} = \sum_{i=1}^n X_i = 4 + 1 + 3 + 3 = 11$$

Розмір доплати за умовами праці визначаємо в залежності від їх фактичного стану –  $X_{факт} = 11$ , 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 [14]. Розмір доплати до тарифної ставки (окладу) – 24 %.

На підставі результатів загальної гігієнічної оцінки умов праці за ступенем шкідливості та небезпечності, а також дослідження фактичного стану умов праці робимо висновки та пропозиції.

1. Умови, важкості та напруженості праці на робочому місці дослідника лабораторії, згідно результатів досліджень, належать до 3 класу, 4 ступеню (особливо важкі та особливо шкідливі умови праці), що не відповідає вимогам Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів

виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу» до даного робочого місця;

2. Відповідно до класифікації умови, важкість та напруженість праці на робочому місці дослідника належать до категорії 2а, тому необхідно привести ці умови у відповідність до нормативних значень, які відповідають оптимальним параметрам для категорії 2а, а саме:

- мікрокліматичні умови, за інтегральним показником теплового навантаження середовища - ТНС-індексом - 19,2-21,9°C;

- освітленість приміщення для роботи з дисплеями відповідає розряду зорових робіт Б-2, нормована загальна освітленість якого, на робочих столах –  $E = 200$  лк;

- рівень шуму в робочій зоні дослідника – 80 дБА;

- загальні енергозатрати організму, до 232 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 100%;

- тривалість робочого дня, 8 год.

3. 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 та кондиціонування приміщення;

- освітленість на робочому місці відповідає нормованій освітленості, тому корегувати її нема необхідності;

- 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 8 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.

4. 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 [14], у розмірі 24%.