

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 УЗГОДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ
ТРАНСПОРТНО-ВИРОБНИЧОЇ СИСТЕМИ ПЕРЕВЕЗЕННЯ РІДКОГО
ШЛАКУ НА ПРИКЛАДІ ПАТ «ЗАПОРІЖСТАЛЬ»

Виконав: студент ІІ курсу, групи T-812м

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

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

 Сергій ЯЛАНСЬКИЙ
(прізвище та ініціали)
Керівник  Олена ПАДЧЕНКО
(прізвище та ініціали)
Рецензент  Ольга ДУДАРЕНКО
(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)

ЯЛАНСЬКОГО Сергія Андрійовича

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Дослідження ефективності узгодження параметрів транспортно-виробничої системи перевезення рідкого шлаку на прикладі ПАТ «Запоріжсталь»

керівник проєкту (роботи) д.т.н., проф. ТУРПАК Сергій Миколайович

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

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

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

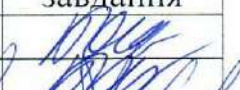
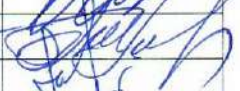
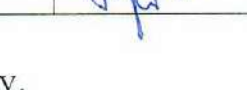
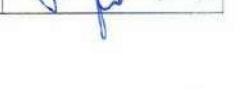
3. Вихідні дані до проєкту (роботи) існуючі обсяги вантажоперевезень рідкого доменного шлаку, існуюча транспортно-виробнича система підприємства

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналітична частина, 1.1 Загальний огляд технології виготовлення, доставки та вантажопереробки рідкого доменного шлаку, 1.2 Характеристика шлаковозів, 1.3 Постановка завдань магістерської роботи, 2. Основна частина, 2.1 Опис транспортно-технологічного процесу доставки гарячого рідкого шлаку на прикладі ПАТ «Запоріжсталь», 2.2 Створення імітаційної моделі транспортування рідкого шлаку, 2.3 Експерименти на моделі, 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	ПАДЧЕНКО О.О., старш. викл.		
2	ПАДЧЕНКО О.О., старш. викл.		
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)

Сергій ЯЛАНСЬКИЙ
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Керівник проєкту (роботи)


(підпис)

Олена ПАДЧЕНКО
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

ПЗ : 84 с., 38 рис., 7 табл., 17 джерел.

РІДКИЙ ДОМЕННИЙ ШЛАК, ШЛАКОВОЗ, ТРАНСПОРТНИЙ ПРОЦЕС, ТЕПЛОВОЗ

Об'єкт дослідження – транспортна система доставки рідкого доменного шлаку на прикладі ПАТ «Запоріжсталь».

Мета роботи – визначення найбільш ефективного варіанту доставки із врахуванням параметрів розміру передавальних составів та часу накопичення шлаковозів.

Методи дослідження – аналітичний аналіз, імітаційне моделювання, графічний аналіз.

В магістерській роботі досліджено процес доставки рідкого доменного шлаку на прикладі ПАТ «Запоріжсталь». Для аналізу розроблено та використано імітаційну модель, яка враховує параметри розміру передавальних составів та часу накопичення шлаковозів. Визначено найбільш економічний варіант організації доставки на основі проведених експериментів та виконаних розрахунків.

ЗМІСТ

	с.
Завдання на проєкт	2
Реферат.....	4
Зміст	5
Вступ	7
1 Аналітична частина	8
1.1 Загальний огляд технології виготовлення, доставки та вантажопереробки рідкого доменного шлаку	8
1.1.1 Технологія виробництва	8
1.1.2 Технологія перевезень гарячого шлаку.....	12
1.2 Характеристика шлаковозів	19
1.3 Постановка завдань магістерської роботи	22
2 Основна частина	24
2.1 Опис транспортно-технологічного процесу доставки гарячого рідкого шлаку на прикладі ПАТ «Запоріжсталь»	24
2.1.1 Транспортно-технологічна схема роботи	24
2.1.2 Транспортне обслуговування шлакової сторони доменного цеху станцією Ковшева	27
2.1.3 Розробка технологічного графіку обороту шлаковозних поїздів	29
2.2 Створення імітаційної моделі транспортування рідкого шлаку.....	31
2.2.1 Створення блоку транспортного обслуговування печей	31
2.2.2 Створення блоку доставки	42
2.3 Експерименти на моделі	53
3 Економічна частина	55
3.1 Вихідні дані для економічних розрахунків	56
3.2 Економічні показники за варіантами	57

3.2.1 Варіант першого експерименту	59
3.2.2 Варіант другого експерименту	59
3.2.3 Варіант третього експерименту	60
3.2.4 Варіант четвертого експерименту	61
3.2.5 Варіант п'ятого експерименту	62
3.2.6 Варіант шостого експерименту	62
3.4 Визначення найбільш економічного варіанту	63
4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	65
4.1 Аналіз потенційних небезпек	66
4.2 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях	66
4.2.1 Заходи з пожежної безпеки	66
4.2.2 Заходи з цивільного захисту	67
Висновки	69
Перелік посилань	71
ДОДАТОК А. АНАЛІЗ ПОТЕНЦІЙНИХ НЕБЕЗПЕК	74
ДОДАТОК Б. ЗАХОДИ ПО ЗАБЕЗПЕЧЕННЮ БЕЗПЕКИ	76
ДОДАТОК В. ЗАХОДИ З ВИРОБНИЧОЇ САНІТАРІЇ ТА ГІГІЄНИ ПРАЦІ	78

ВСТУП

Одним з побічних продуктів доменного виробництва, зокрема на металургійному підприємстві «Запоріжсталь» є шлак.

Цей матеріал є результатом збирання переважного обсягу елементів, які треба відділити від чавуну – сплаву заліза з вуглецем.

За відсутності попиту на шлак, він накопичується у великій кількості на відвалах, які часто розташовуються поблизу житлових кварталів міст, зокрема таких, як Запоріжжя.

Заходи з переробки шлаку у різні види продукції є важливою науково-практичною задачею, яка не вирішується без участі транспорту.

Розв'язання питань ефективної організації доставки рідкого шлаку є предметом дослідження даної роботи.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Загальний огляд технології виготовлення, доставки та вантажопереробки рідкого доменного шлаку

1.1.1 Технологія виробництва

Доменний шлак утворюється в процесі виготовлення чавуну, який є сплавом заліза з вуглецем у обсязі 2-6% та може містити ще додаткові таких хімічних елементів, як сірка, фосфор, кремній тощо.

Чавун часто отримують на основі використання доменної технології виробництва, так, наприклад, здійснює Запорізьке підприємство «Запоріжсталь».

Вихідна сировина:

- залізна руда;
- кокс;
- флюси (переважно - вапняк).

Ця сировина проходить процедури попередньої підготовки [1], суміш цих та інших компонентів називаються шихтою.

Зазвичай, руда використовується після виконання процедур її збагачення — позбавлення неметалевих включень. Вона може бути доставлена до металургійних підприємств у вигляді окатишів, які можуть безпосередньо подаватись до доменної печі, або у вигляді рудного концентрату з високим вмістом заліза, якій ще додатково на підприємстві піддається процесу агломерації. Цей процес також сприяє видаленню легких домішок, які відводяться у вигляді газів. Спечений агломерат дробиться на шматки, які здатні пройти скрізь отвори решіток на приймальних бункерах доменного цеху.

Зараз «Запоріжсталь» здійснює експлуатацію трьох доменних печей [2-5]. Одна піч очікує ремонтних робіт.

Шлак може бути використаний для виготовлення гранульованого матеріалу з властивостями, що дозволяють його використання у будівельних та інших промислових галузях [6-7].

Виробництво гранульованого доменного шлаку включає в себе декілька технологічних етапів, які можуть бути різними на різних підприємствах.

Охолодження і дроблення. Гарячий доменний шлак спочатку охолоджується шляхом контакту з повітрям або водою. Після цього він подрібнюється, щоб отримати потрібний розмір частинок.

Грануляція. Процес грануляції включає формування гранул з подрібненого доменного шлаку. Це може виконуватися різними методами, такими, як волога грануляція або прес-пелетизація. При вологій грануляції зазвичай використовують воду для створення гранул.

Сушка. Після грануляції гранули можуть піддаватися процесу сушки для видалення зайвої вологи. Це може відбуватися шляхом термічної обробки або використання інших методів.

Сортування і класифікація. Гранули можуть бути сортовані за розміром і класифіковані за характеристиками, щоб забезпечити однорідність продукту.

Пакування і зберігання. Готовий гранульований доменний шлак може бути упакованим в мішки або іншу упаковку для подальшого використання, якщо технологія передбачає попередній етап. Зберігання може відбуватися на відкритих майданчиках або у спеціальних сховищах.

Ці технології можуть варіюватися залежно від конкретного обладнання та методів, які використовуються на конкретних виробництвах.

Процес охолодження доменного шлаку може відбуватися біля доменної печі або на спеціальних площадках поруч із нею.

Один із загальних методів - це використання води для охолодження гарячого доменного шлаку [8]. Після того, як шлак виходить з доменної печі, його можуть направляти в спеціальні установки з охолодження, де вода використовується для швидкого охолодження шлаку. Цей процес може відбуватися в системі трубопроводів або на спеціальних охолоджувальних площадках поруч із печами.

Охолодження є важливим етапом, оскільки допомагає змінити фізичні властивості доменного шлаку, зокрема, здатність його подрібнення та гранулювання для подальшого використання у різних промислових галузях.

Охолодження доменного шлаку також може відбуватись на значній відстані від доменної печі, і це може мати свої переваги. Можливі переваги використання віддалених площадок для охолодження наступні.

Простір і безпека. Великі площі на значній відстані від доменної печі можуть забезпечити достатньо простору для організації систем охолодження та зберігання шлаку. Це може покращити безпеку та полегшити обслуговування.

Вплив на навколишнє середовище. Віддалені площадки можуть зменшити вплив процесів охолодження на навколишнє середовище, так як вони можуть бути розташовані подалі від житлових зон та екологічно чутливих областей. У випадку Запоріжсталі, створюються більш екологічні умови щодо чисельних працівників доменного цеху.

Оптимізація технологічного процесу. Віддалені площадки дають можливість оптимізувати технологічний процес, враховуючи фактори, такі як оптимальний час охолодження та управління потоками матеріалів.

Ефективність та масштабування. Великі площі можуть забезпечити високу ефективність охолодження та великі обсяги обробки, що важливо для масштабування виробництва.

Можливість використання отриманого продукту. Якщо віддалені площадки можуть легко забезпечити умови для подальшої обробки чи використання доменного шлаку в інших процесах, це може бути ще однією перевагою.

Враховуючи ці фактори, організація віддалених площадок для охолодження доменного шлаку може бути більш зручним і ефективним варіантом для таких металургійних підприємств, як Запоріжсталь.

Для перевезення гарячого шлаку використовуються шлаковози. На великих металургійних заводах шлаковози можуть мати місткість в декілька десятків тонн. Точні параметри вибору місткості залежать від обсягів виробництва, температури та фізичних властивостей конкретного типу гарячого шлаку, а також технічних можливостей типових спеціальних транспортних засобів та вимог щодо безпеки перевезення.

Основною метою використання шлаковозів є забезпечення ефективного та безпечного транспортування гарячого шлаку з місця його утворення (наприклад, поблизу доменної печі) до місця подальшого оброблення чи зберігання.

Після виготовлення шлаку, потрібним є його зневоднення, яке може виконуватися різними методами.

Центрифугування - це метод, при якому гранули піддають обертанню в центрифугальному полі. Це дозволяє видалити надлишкову воду, а висихання відбувається шляхом видалення води з поверхні гранул.

Обертове сушіння: гранульований шлак може бути висушений шляхом обертання в барабані або барабані-сушарці. В цьому процесі тепло подається до гранул, що дозволяє воді випаровуватися.

Термічна – теплова обробка, наприклад, пічна сушка.

Сорбційна сушка: використання сорбентів для вилучення вологи з гранульованого шлаку.

Використання ультразвукових хвиль для випаровування води з гранульованого матеріалу.

Найбільш економічним є метод природного зневоднення, який використовується на підприємстві – формування штабелю гранульованого шлаку на площадці та його висихання природним шляхом та за допомогою гравітації.

1.1.2 Технологія перевезень гарячого шлаку

Налив гарячого шлаку у шлаковози відбувається відповідно до технологічного графіку випусків чавуну та шлаку доменного цеху.

Обслуговує цей процес станція Ковшова [9]. Характеристика станції наведена у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Характеристика колій ст. Ковшева

№ колії	Призначення	L, метрів	Місткість, ваг.	Від	До
1	Навантаження	684	45	СП 16	СП 27
2	Прийом-відправлення	638	42	СП 20	СП 27
3	Навантаження	147	9	СП 50	СП 58
3А	Навантаження	71	4	СП 40	упор
4	Навантаження	250	16	СП 31	СП 48
22	Навантаження	21,8	1	СП 46	упор
22А	Навантаження та вивантаження	90	6	СП 46	СП 80

Продовження таблиці 1.1

№ колії	Призначення	L, метрів	Місткість, ваг.	Від	До
22А	Навантаження та вивантаження	90	6	СП 46	СП 80
23	Навантаження	84	5	36	упор
24	Навантаження та вивантаження	99	6	32	упор
28А	Навантаження	20,8	1	30	упор
27	Навантаження	85	5	26	упор
28	Навантаження та вивантаження	100	6	18	упор
29	Навантаження	81	5	14	упор
18	Навантаження та вивантаження	83	5	10	упор
41	Навантаження та вивантаження	90	6	12	упор
47	Гараж	16	1	6А	упор
40	Тупик вловлювання	14	1	2	упор
36	Ходова колія	25	1	112	116
37	Ходова колія	90	6	108	116
39	Відстою вагонів	128	8	106	118
42	Ремонт вагонів	25	1	106А	упор
53	Ремонт вагонів	30	2	33	упор

Кінець таблиці 1.1

№ колії	Призначення	L, метрів	Місткість, ваг.	Від	До
59	Відстою вагонів	57	3	118А	упор
48	Ремонт вагонів	25	1	106А	упор
5	Навантаження	30	1	31А	упор
6	Відстою вагонів	42	2	11	упор
39А	Навантаження та вивантаження	30	1	116А	упор

Завантажені шлаковози збираються у состави (рисунок 1.1), які відправляються до станції Шлакова.



Рисунок 1.1 – Состав шлаковозних ковшів

Станцію Шлакову состав проходить транзитом без переробки та прибуває на станцію Гранбасейн.

На даній станції виконуються маневрові роботи з обгону локомотиву, осаджування составу та постановки ковшів по фронту зливання до басейну грануляції, закріплення їх гальмівними башмаками.

Тепловоз переміщується в безпечне місце та виконується опрокидування ковшів на лафетах за допомогою електроприводів, якими вони обладнані.

Шлак з гранбасейну після звільнення фронту постановки составом з ковшами (ковші на лафетах попередньо приводяться у транспортне положення) потім перевантажується мостовими кранами (обладнаних грейферними захватами) у думпкари, які розташовуються на суміжних коліях (рисунок 1.2).



Рисунок 1.2 – Гранбасейн переробки рідкого шлаку

Здійснюється зливання рідкої частини шлаку із унеможливленням випадіння твердої фракції, яка може містити у собі чавун.

Состави із залишками шлаку спрямовуються у зворотному напрямку на станцію Шлакова. На цій станції є декілька вантажних фронтів для зливання шлаку у відвал (рисунок 1.3).



Рисунок 1.3 – Зливання шлаку у відвал

Вода також використовується для охолодження, але у якості зрошення ділянки кантування ковшів.

За певними технологічними потребами зливання шлаку на станції Шлакова може відбуватись повністю, без заїзду составу на станцію Гранбасейн.

Зливання кількох ковшів виконується одночасно, щоб прискорити процес (рисунок 1.4).



Рисунок 1.4 – Загальний вигляд фронту зливу шлаку у відвал

Після зливання ковшів здійснюється їх вибивання з метою позбутись залишків, які все ж таки залишилися всередині ковша, для цього використовується екскаватор, обладнаний металевою «грушею» (рисунок 1.5).



Рисунок 1.5 – Екскатор для вибивки ковшів

Процес вибивання ковшів показаний на рисунку 1.6.



Рисунок 1.6 – Процес вибивання ковшів

Надалі состави ковшів формуються у порожній состав на станційних коліях станції Шлакова, який відправляється на станцію Ковшева для чергового навантаження.

В процесі прибуття на станцію Ковшева ковші усередині обприскуються вапняним розчином. Пункт обробки розташований поруч із приміщенням чергового по станції.

1.2 Характеристика шлаковозів

Шлаковози є спеціальним рухомим складом, характеристики якого дозволяють перевозити рідкий розпечений шлак із дотриманням безпеки для працівників підприємства.

На рисунку 1.7 показаний загальний вигляд сучасного шлаковозу українського виробництва [10].

У таблиці 1.2 наведені характеристики шлаковозу.

Таблиця 1.2 – Характеристики шлаковозу

№ з/п	Параметр	Значення	Од. виміру
1	База шлаковозу	4250	мм
2	Кут нахилу чаші	118	градусів
3	Час нахилу чаші	90	с
4	Тип механізму нахилу	секторного типу	-
5	Передавальне число редуктора	595	-
6	Передавальне число загальне	4598	-

Кінець таблиці 1.2

№ з/п	Параметр	Значення	Од. виміру
7	Потужність двигуна	15	кВт
8	Тип гальма	ТК-200	
9	Обсяг шлакової чаші	16	м ³
10	База візка	1300	мм
11	Кількість візків	2	-
12	Діаметр колеса	840	мм
13	Привід кантувального пристрою	електромеханічний	-
14	Маса шлаковозу	42,5	т

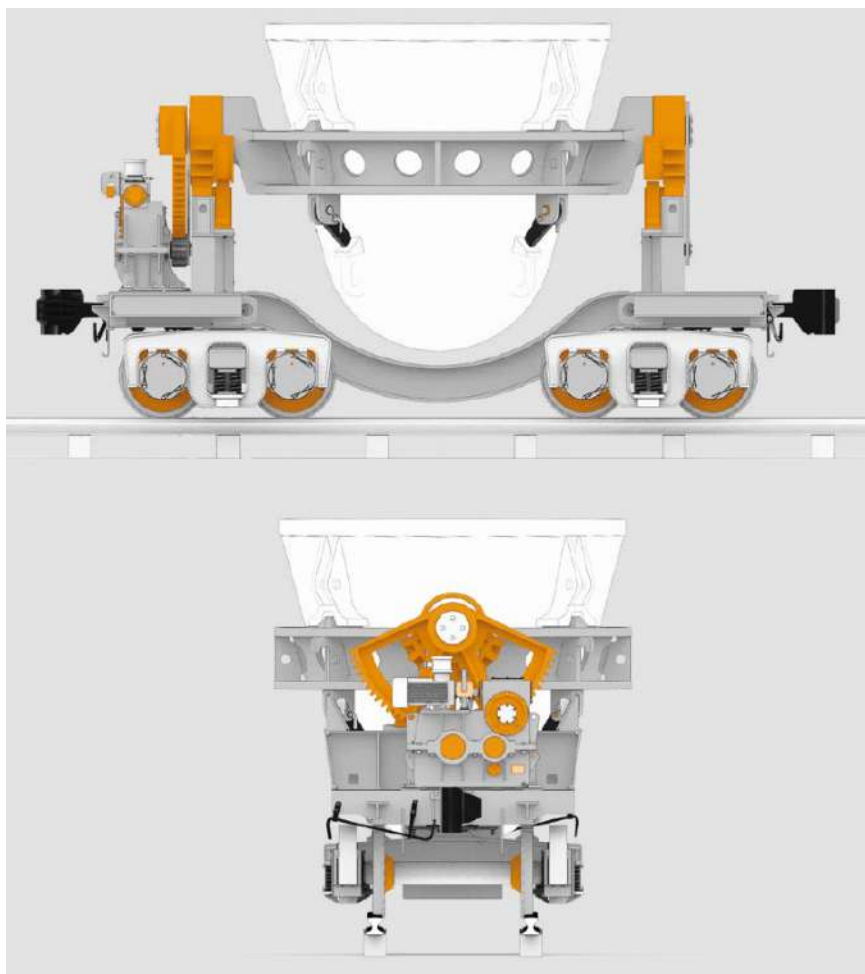


Рисунок 1.7 - Шлаковоз

Шлаковоз розрахований для використання на залізничних коліях 1435 або 1520 мм, в залежності від вимог замовника з максимальним навантаженням на вісь 400 кН.

Швидкість пересування становить 15 км/год, а мінімальний радіус заокруглення колії – 75 метрів.

Лафет шлаковозу є зварним та його основу становлять тримальні елементи – балки, на які спираються стійки опорного кільця та механізм кантування чаші.

Лафет розташовується на двовісних візках у кількості дві одиниці. Ківш розміщується у опорному литому кільці. Задля ефективного охолодження у даному кількіці зроблені спеціальні отвори.

Важливим аспектом є надійна фіксація ковша на лафеті, для цього передбачені виступи на верхній частині кільця та вушка (розташовані нижче).

Для кантування ковшу передбачений електромеханічний привід, змонтований на лафеті, що співпрацює з двома трибовими сегментами, приєднаними до кільця.

Висока температура використання шлаковозів може призводити до утворення тріщин у корпусах ковшів.

Тому стінки ковшів достатньо товсті – від 60 до 100 мм, з ребрами жорсткості.

Потреби футеруванні ковшів зсередини вогнетривкими матеріалами немає, на відміну від ковшів для перевезень чавуну, що обумовлюється різними фізичними властивостями розплавів.

В процесі доставки корпус ковша активно втрачає тепло, але це не є критичним, враховуючи достатньо швидкий процес перевезення та виконання вантажних робіт.

Шлаковоз обладнується автозчепленням, що дозволяє з'єднувати його з іншими шлаковозами та тепловозами та пристосуванням, за допомогою якого, шлаковоз прикріплюється до залізничних рейок при кантуванні.

Це потрібно, щоб унеможливити падіння ковша у відвал.

Обсяг ковшів, які виготовляються, за останні десятиріччя збільшився з 11,0 м³ до 16,5 м³.

Технологічним процесом, що передуює постановці шлаковозних ковшів під налив до доменних печей, є обприскування його всередині рідким вапняковим розчином. Це запобігає налипань шлаку.

1.3 Постановка завдань магістерської роботи

Підприємство ПАТ «Запоріжсталь» тривалий час використовувало нормативну кількість шлаковозів у составах, які доставляють шлак до пунктів переробки у кількості 10 одиниць.

Після нещасного випадку з відчепленням шлаковозів на прикінці минулого сторіччя, цей норматив тривалий час залишався незмінним.

Але для запобігання подібних випадків на станції Ковшева передбачений уловлювальний тупік та використання тепловозу-штовхача, який обов'язково ставиться у хвіст поїзду, що відправляється на станцію Шлакова.

Через дані обставини є можливість проаналізувати ефективність різних варіантів організації робіт, для чого в магістерській роботі планується:

- з'ясувати технологічні параметри перевізного процесу;
- розробити імітаційну модель доставки гарячого шлаку до пунктів вантажопереробки;

- виконати експерименти із різною кількістю шлаковозних ковшів у складах поїздів та тривалістю нормативного терміну очікування формування складів на станції Ковшева;
- оцінити економічну доцільність прорахованих варіантів організації перевезень;
- розробити заходи з охорони праці.

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Опис транспортно-технологічного процесу доставки гарячого рідкого шлаку на прикладі ПАТ «Запоріжсталь»

2.1.1 Транспортно-технологічна схема роботи

Гарячий шлак у ковшах формується у состави призначенням до станції Гранбасейн на станції Ковшева (рисунок 2.1).



Рисунок 2.1 – Станція Ковшева

На даному рисунку показано напрям руху шлаковозних поїздів. Усі перегони на шляху доставки шлаку є двоколійними.

Перетин автомобільних шляхів здійснюється у різних рівнях, шляхопровід із залізничними коліями знаходиться вище автомобільної міської дороги. На рисунку 2.2 показана схема розташування станцій Шлакова та Гранбасейн на маршруті доставки шлаку.



Рисунок 2.2 – Схема розташування станцій Шлакова та Гранбасейн

Таким чином, створено оптимальні умови для пропуску составів без обмеження їх руху зустрічними чи іншими потоками.

У зворотному напрямку на станції Шлакова здійснюється вивантаження залишків гарячого шлаку, на одному з тупиків звалища (рисунок 2.3), після цього ковші доставляються до доменного цеху під черговий налив.



Рисунок 2.3 – Схем розташування гарячого звалища на станції Шлакова

2.1.2 Транспортне обслуговування шлакової сторони доменного цеху станцією Ковшева

Перший шлаковоз у составі, який подається в зону наливу шлаку на доменні печі встановлюється під злив ванни з під'їзду. Закріплення рухомого складу в районі печей здійснюється складачем поїздів шляхом укладання під крайню вісь составу шлаковозів з боку локомотива дерев'яного або спеціального гальмівного башмака з метою унеможливлення самовільного виходу составу на колії станції та одночасного забезпечення вивезення составу у випадку аварійного розливання рідкого гарячого шлаку на залізничні колії.

На балконах печей закріплення здійснюється аналогічним чином, але з обох боків шлаковоза, до відчеплення тепловозу [8]. Для закріплення шлаковозів на балконах з боку, протилежного від локомотива, дозволяється короткочасне знаходження складача в зоні між ваннами з проходом із боку шлакової колії (ДП №№3,4,5 - із боку третьої шлакової колії; ДП №2 - із боку другої шлакової колії – рисунок 2.4). Машиніст локомотива перебуває в кабіні з боку складача поїздів і стежить за сигналами складача поїздів.

Під час подачі шлаковозів та їх закріплення в районі доменних печей №2,3,4,5 складач поїздів знаходиться з правої сторони відносно напрямку руху шлаковозних составів, при цьому укладачеві дозволяється заходити під піч до зливного носку, при цьому безпека проведення робіт в зоні постановки першого шлаковозу в составі забезпечує горновий доменної печі.

Машиніст локомотива також перебуває з правого боку по ходу руху шлаковозів і стежить за сигналами складача.

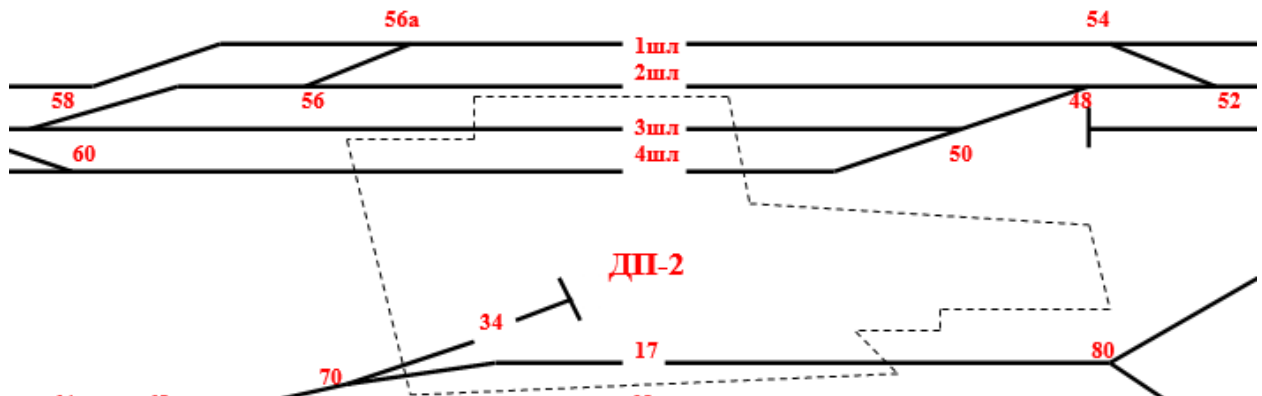


Рисунок 2.4 – Схема колійного розвитку в районі ДП-2

Під час випуску шлаку на ДП №3,4,5 через хитну ванну, з боку заїзду до печей, задля запобігання самовільного виходу шлаковозів із порушенням габаритів рухомого складу, на колію печі встановлюється не більше 5 шлаковозів.

На ДП №3,4 під час випуску шлаку на другу хитну ванну під піч встановлюється до шести шлаковозів. На ДП №2, незалежно від того, на яку ванну здійснюється випуск шлаку, ставиться не більше 7 шлаковозів.

Після подавання шлаковозів на ДП №3, перший при тепловозі шлаковоз повинен бути розташований в створі першої колони доменної печі.

Для забезпечення безпеки [8,9], складач поїздів укладає металевий гальмівний башмак біля граничного стовпчика СП №36; на ДП №4 - спарені гальмівні башмаки біля граничного стовпчика СП №26; на ДП №5 спарені гальмівні башмаки біля граничного стовпчика СП №14 (перед ізоляційними стиками зі сторони ДП №5).

Гальмівні башмаки укладають у положення, що унеможливило вихід шлаковозів на стрілочні переводи, в межах трьох метрів від граничного стовпчика зі сторони фронту наливу.

З'єднання електроштовхача з составом шлаковозів здійснюється після відчеплення локомотива та прибирання гальмівного башмака.

Коли закінчується випуск гарячого шлаку, керівник маневрів виконує наступні операції:

- перевіряє наявність габаритів для руху рухомого складу на залізничних коліях;
- технічну справність шлаковозів і правильність положення колісних пар на рейках;
- закріплює шлаковози під доменними печами №2,3,5 спеціальними гальмівними башмаками зі сторони, яка є протилежною розташуванню електроштовхача;
- від'єднує електроштовхач і відводить його на відстань понад 10-15 метрів від составу шлаковозів.

Інформація про кількість наповнених ковшів шлаковозів передається майстером (горновим) печі через ковшового доменного цеху складачу поїздів. Порожні ковші залишаються під першим носком ванни печі.

Проїзд маневрового составу через шлакову сторону доменного цеху в районі ДП № 2 залізничними коліями № 3 та № 4 здійснюється після узгодження з диспетчером доменного цеху та в присутності майстра (горнового) ДП № 2.

2.1.3 Розробка технологічного графіку обороту шлаковозних поїздів

Враховуючи інформацію з ТРА станцій доменного залізничного району та міжцехових інструкцій, розробимо технологічний графік обороту шлаковозних поїздів, який представлено на рисунку 2.5.

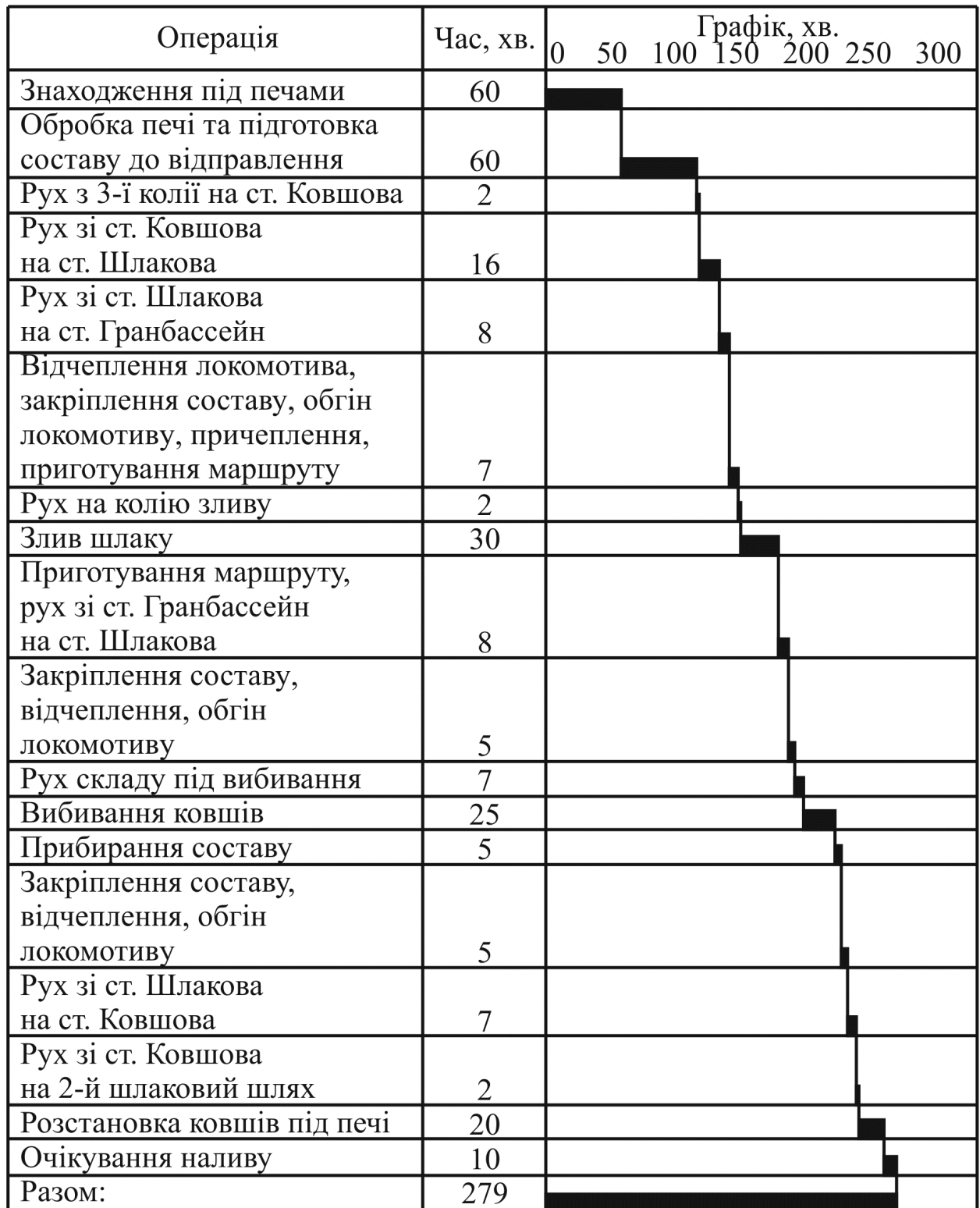


Рисунок 2.5 – Технологічний графік обороту шлаковозних поїздів

Загальний час обороту шлаковозних поїздів становить 279 хвилин. Для врахування випадкових параметрів перевезень, розробимо імітаційну модель.

2.2 Створення імітаційної моделі транспортування рідкого шлаку

2.2.1 Створення блоку транспортного обслуговування печей

В даний час підприємство працює в режимі використання трьох печей, але в умовах військових дій ситуація може змінитись будь-коли. В роботі використовувались дані минулих періодів із певним спрощенням в контексті розповсюдження результатів з однієї печі на всі, які нещодавно запрацювали, що не впливає на академічні результати дослідження.

Першим елементом моделі є джерело замовлень Shlack_2 (рисунок 2.6). Генеруємо замовлення, якими є партії рідкого шлаку, які розміщуються у ковшах на основі рекомендацій [11].

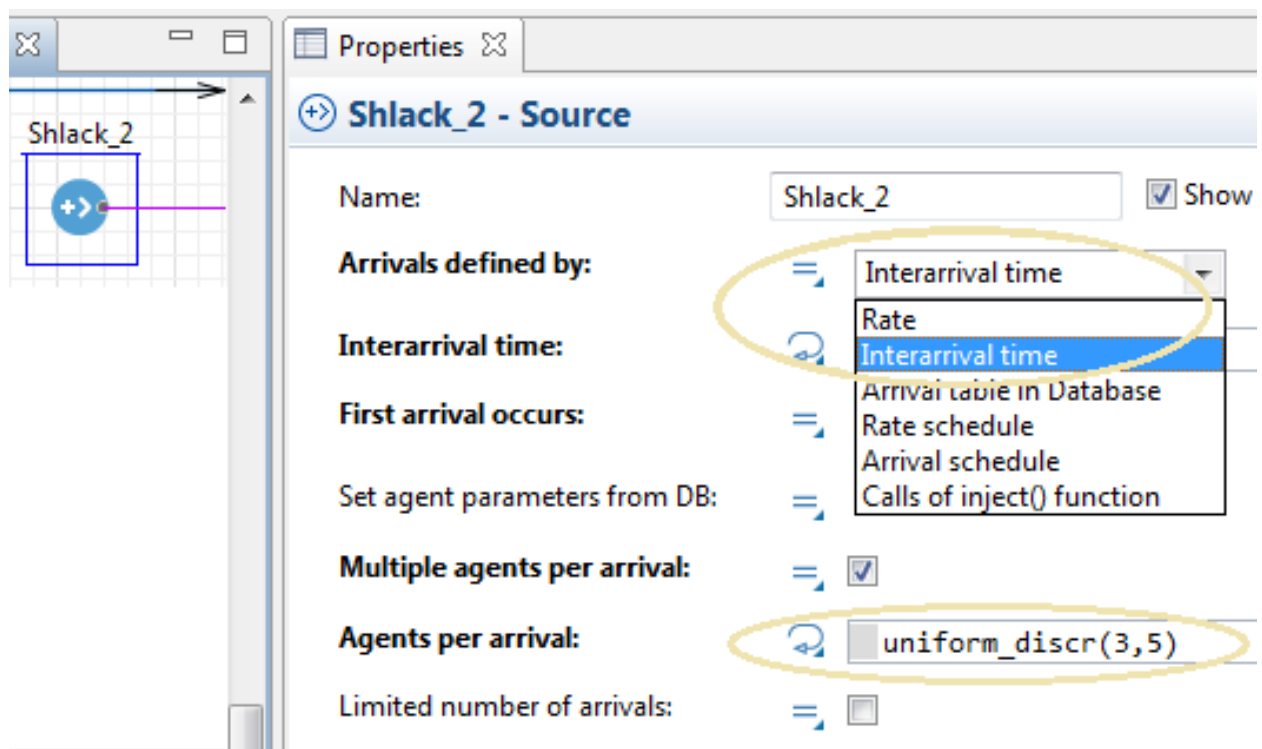


Рисунок 2.6 – Джерело замовлень Shlack_2

Номер в назві елемента відображає номер відповідної печі, робота з транспортного обслуговування якої імітується.

Інтенсивність надходження шлаку задається інтервалами часу між випусками, які відбуваються відповідно технологічному процесу виробництва, що показано на рисунку.

Також на рисунку показано, яким чином генерується кількість ковшів у кожному випуску – за рівномірним законом розподілу [12] з параметрами від 3 до 5 ковшів.

На рисунку 2.7 представлений наступний елемент Dod_kivsh_2, який використовується для доєднання ресурсів моделі до замовлень, які вимагають такого приєднання.

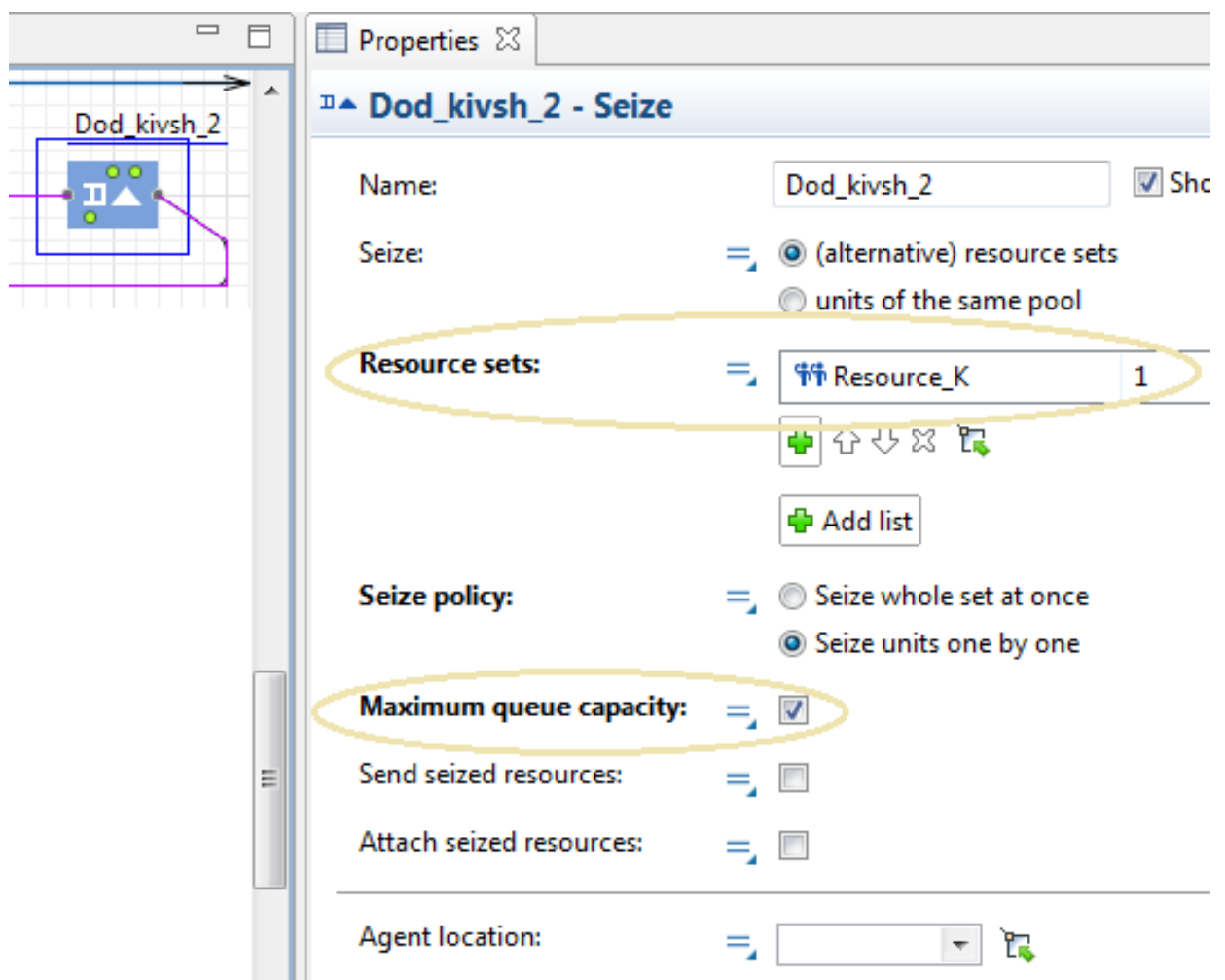


Рисунок 2.7 – Елемент Dod_kivsh_2

На даному рисунку позначені основні задані параметри: тип ресурсів – Resource_K та обсяг черги, в якій замовлення очікують на вільні ресурси для захоплення – максимальний.

Перелік ресурсів, які використовуються в моделі, показаний на рисунку 2.8.

Тип ресурсів – статичний, оскільки транспортна мережа в моделі не використовується.

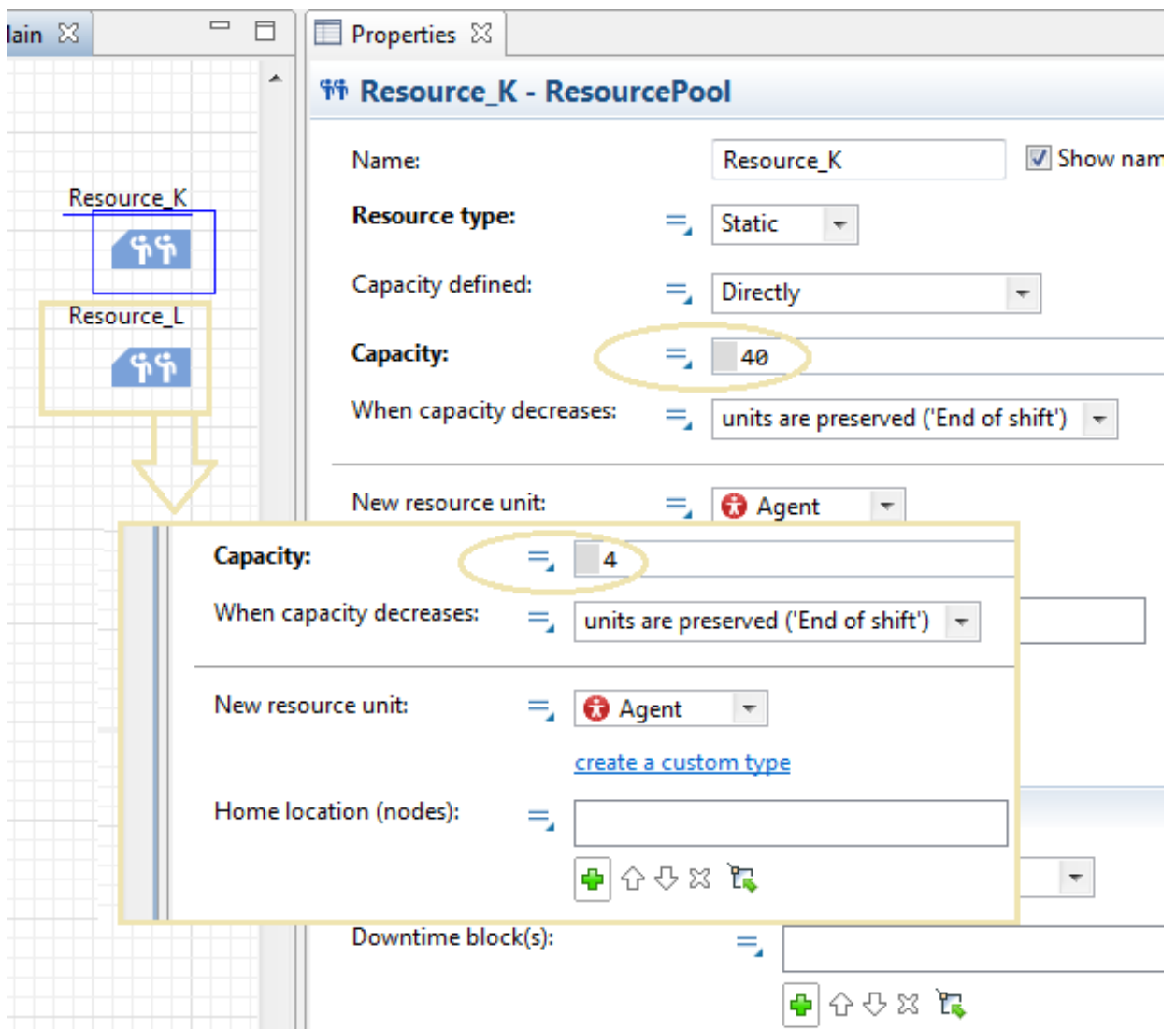


Рисунок 2.8 – Перелік ресурсів моделі

Параметри, якими можна здійснювати управління:

- Capacity (Resource_K) – кількість ковшів, які використовуються в процесі обслуговування;
- Capacity (Resource_L) – кількість тепловозів (локомотивів).

Далі замовлення разом із ресурсами Resource_K (шлаковозні ковші) потрапляють до черги, яка імітує знаходження составів на коліях наливу (рисунок 2.9).

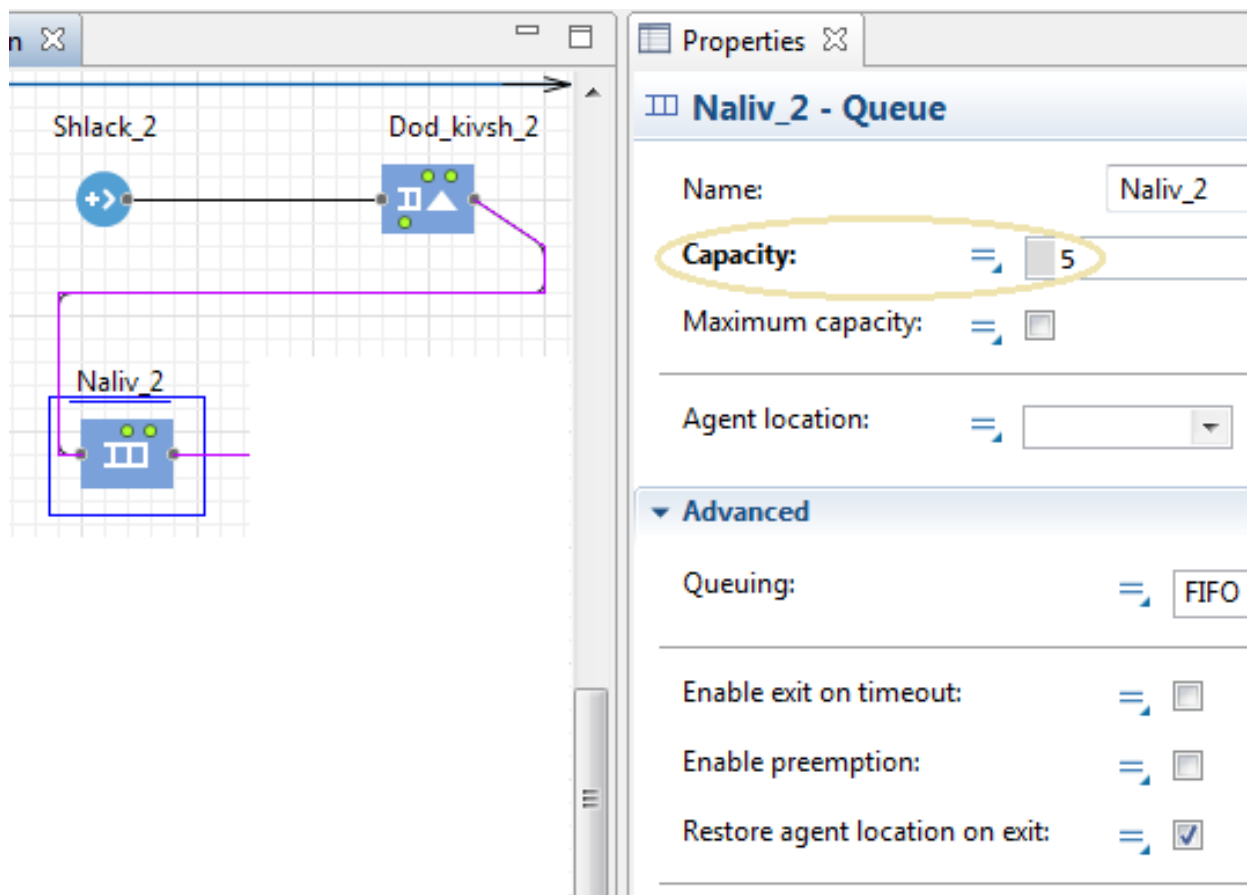


Рисунок 2.9 – Черга Naliv_2, яка імітує знаходження составів на коліях наливу

Місткість черги обмежується за фактичними параметрами, що розглянуто у попередньому підпункті роботи.

Вихід з даної черги блокується елементом `Pause_2_naliv` (рисунок 2.10), умова блокування передбачає виконання даної дії одразу, як черга повністю звільняється:

```
if (Naliv_2.size() == 0) Pause_2_naliv.setBlocked(true);
```

Розблокування черги керується іншим об'єктом при приєднанні до замовлень із ресурсами-ковшами ресурсу-тепловозу, що буде показано пізніше.

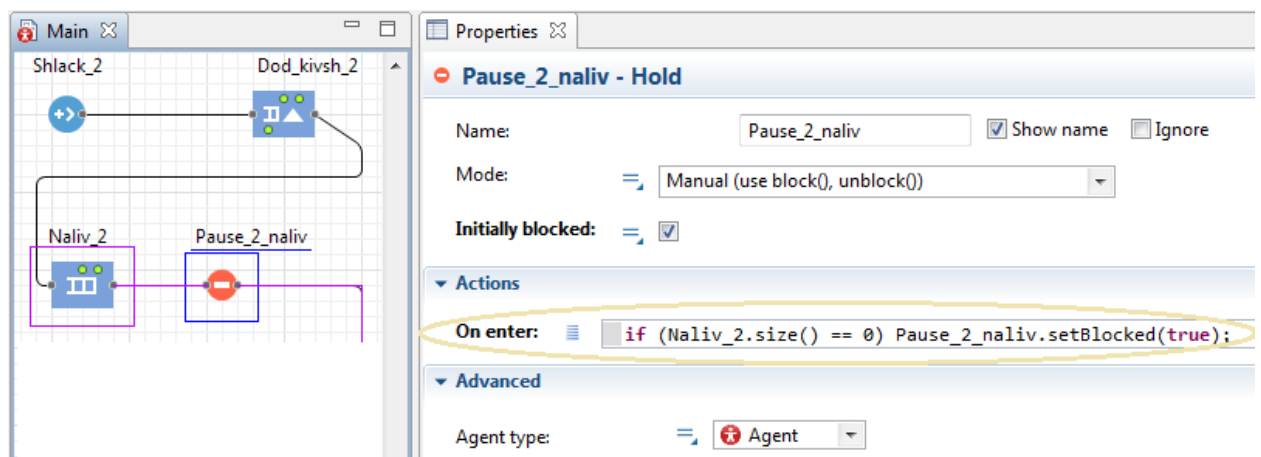


Рисунок 2.10 – Елемент `Pause_2_naliv`

Цей об'єкт `Naliv_2_to_Nakor` (черга складу ковшів з приєднаним локомотивом), який розташований у складі наступного блоку програми, що показаний на рисунку 2.11.

На даному рисунку показаний блок виконання маневрів із складами до постановки їх на колію накопичення поїздів до станції Гранбасейн (виділений прямокутником).

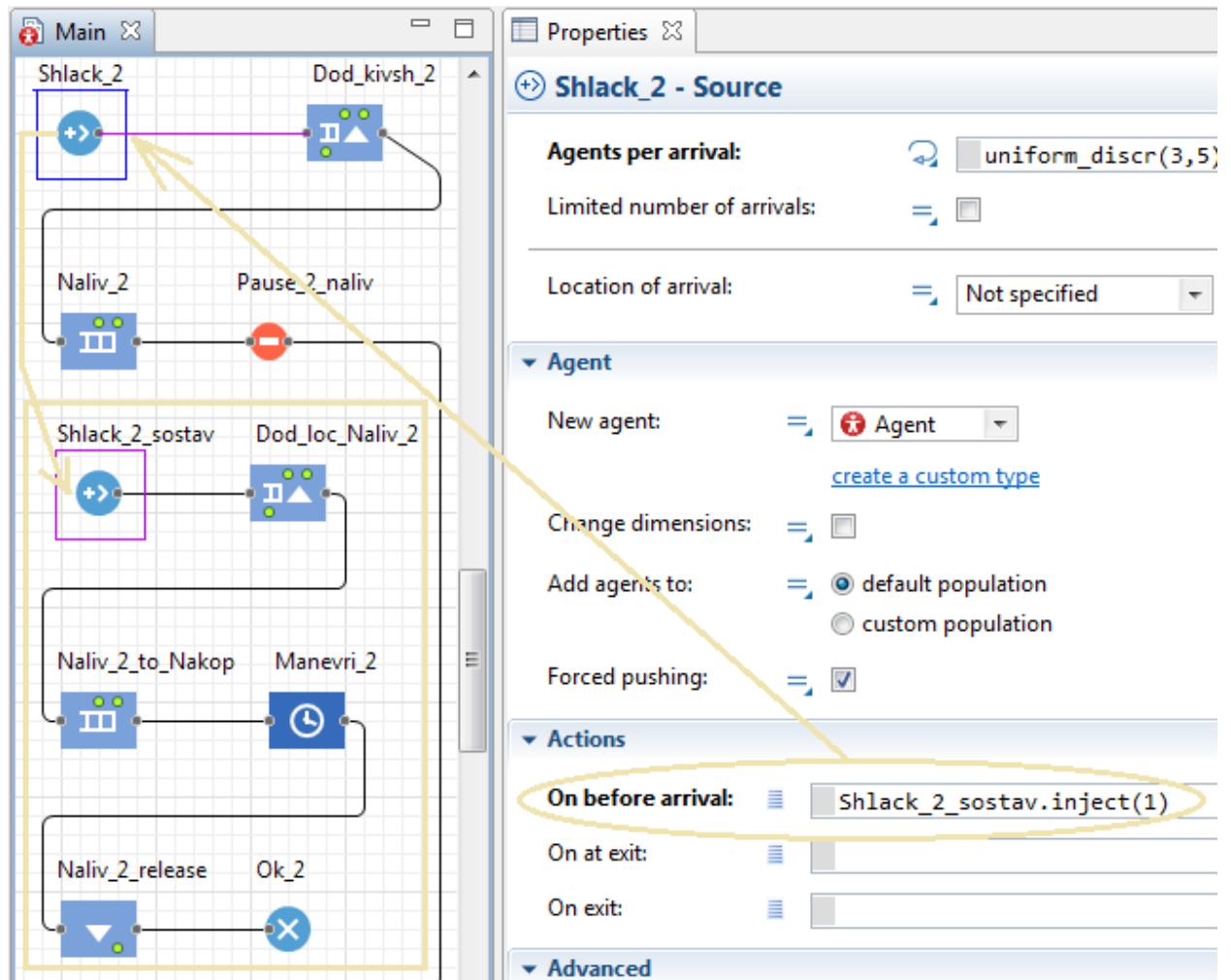


Рисунок 2.11 – Блок виконання маневрів

Елемент Shlack_2 завдяки методу inject() викликає замовлення, яке імітує готовий до перевезення состав ковшів:

Shlack_2_sostav.inject(1).

Ці замовлення викликають та приєднують ресурси-тепловози (Resource_L) завдяки елементу типу Seize - Dod_loc_Naliv_2, що показано на рисунку 2.12.

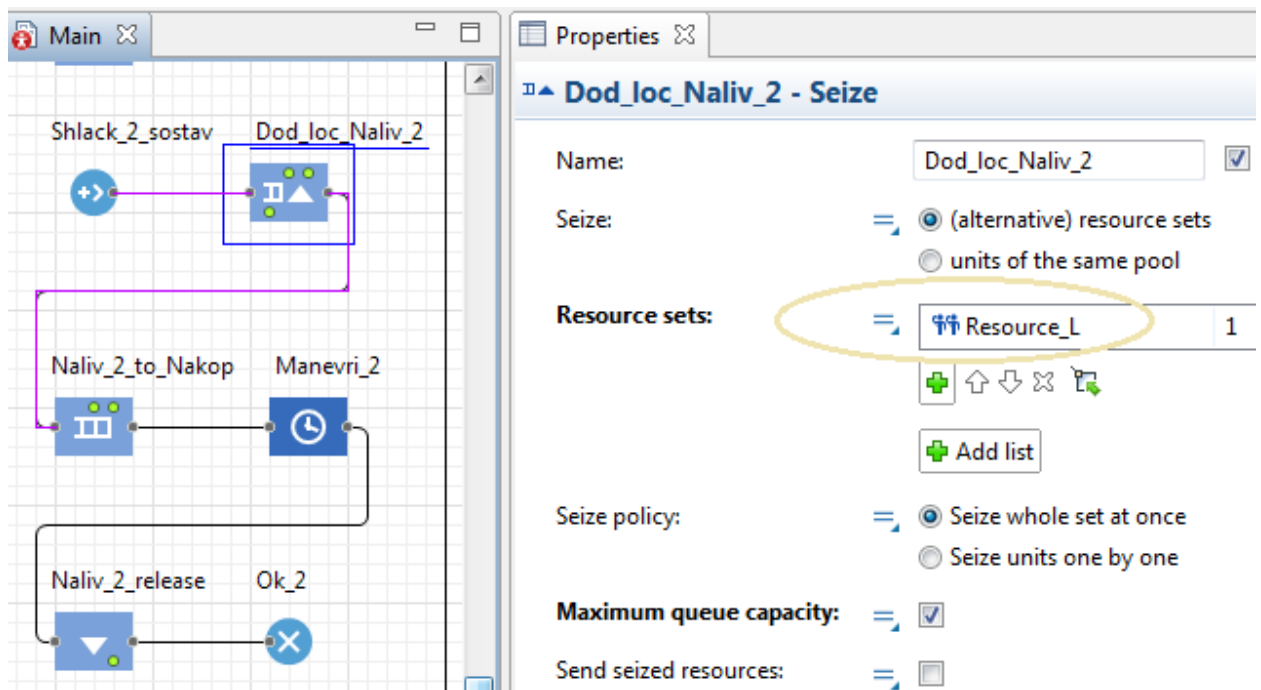


Рисунок 2.12 – Приєднання ресурсів-тепловозів до замовлень-составів

Для очікування цієї дії встановлюємо максимальний розмір черги, яка є вбудованою до цього елементу.

Замовлення-состави разом із ресурсами-тепловозами на наступному етапі потрапляють до черги Naliv_2_to_Nakop (рисунок 2.13) та потім виконується їх затримка на час виконання маневрової роботи об'єктом Manevri_2.

Слід відмітити перевагу використання імітаційної моделі, оскільки, в залежності від конкретних умов обслуговування відповідної доменної печі, може бути встановлена більш точна тривалість її обслуговування та доставки ковшів зі шлаком на колію накопичення та формування составів до станції Гранбасейн.

Об'єкт Manevri_2 показаний на рисунку 2.14.

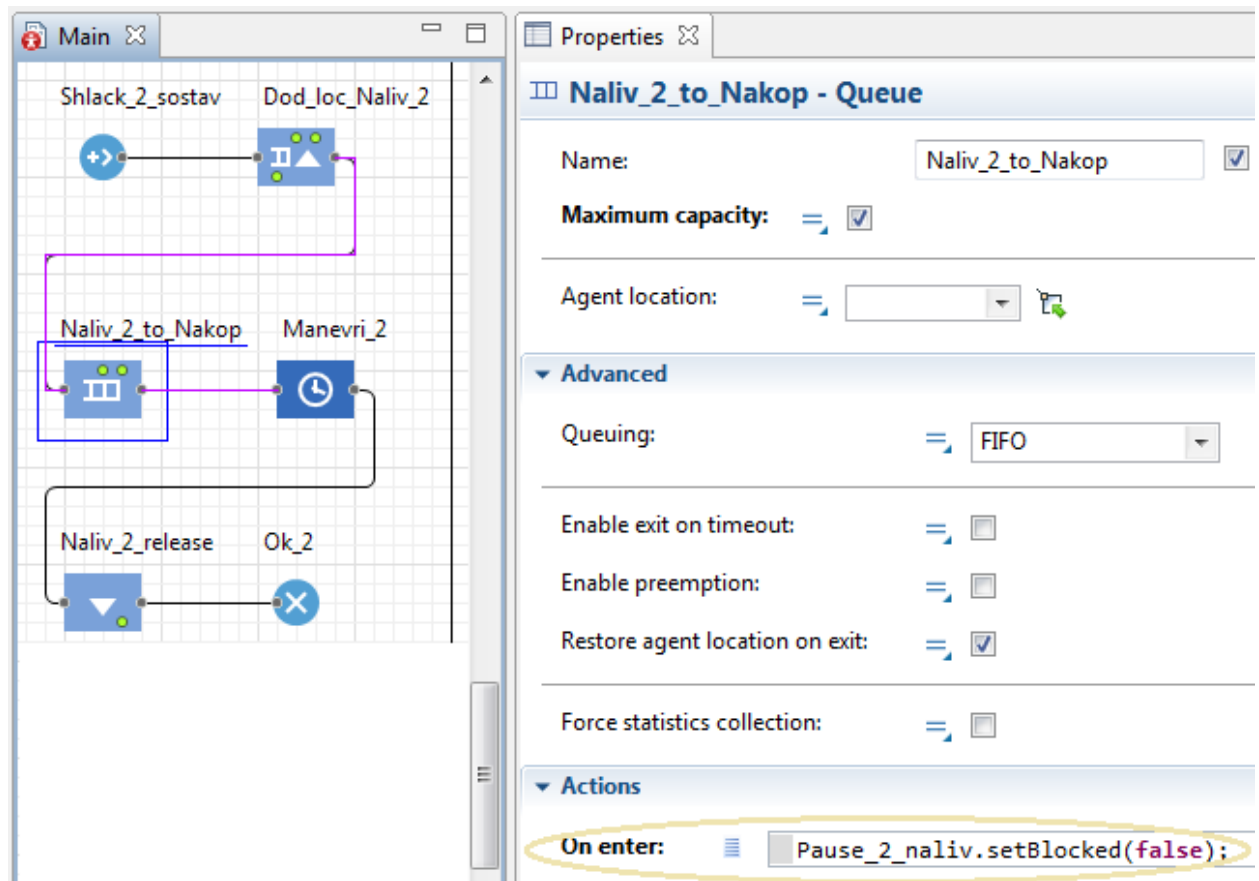


Рисунок 2.13 – Черга Naliv_2_to_Nakop

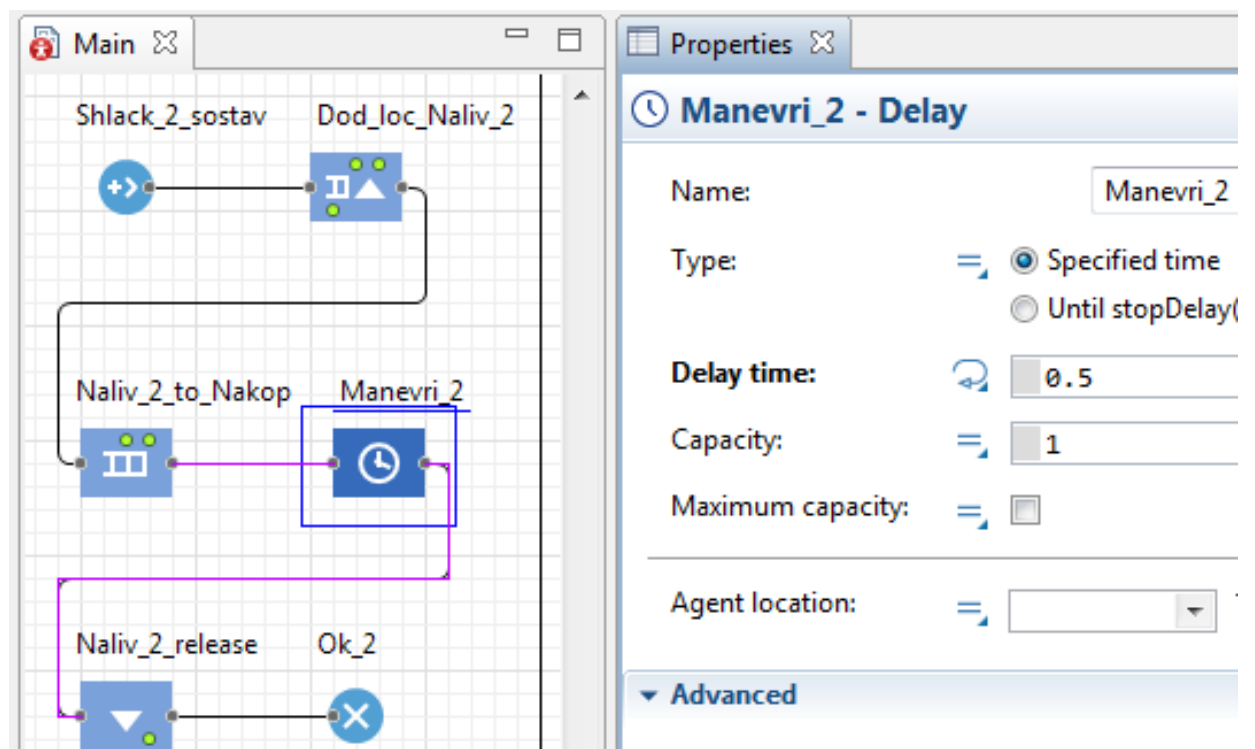


Рисунок 2.14 – Об'єкт Manevri_2

Кількість одночасно переміщуваних составів становить – 1, що відображає відповідне значення параметру місткості об'єкту затримки Manevri_2.

Після закінчення імітації переміщення составу, локомотив звільняється об'єктом Naliv_2_release, замовлення знищуються об'єктом типу sink – Ok_2, що показано на рисунку 2.15.

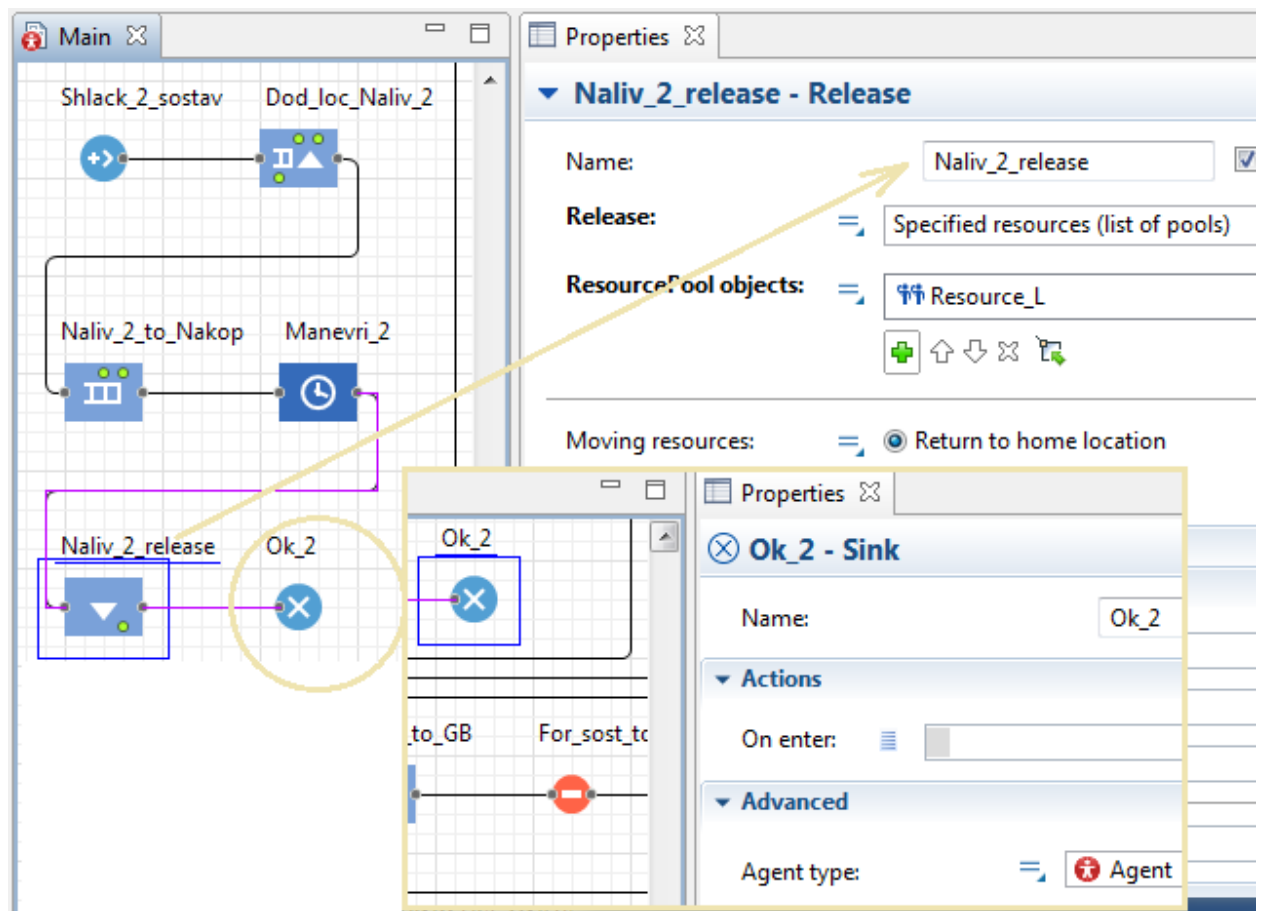


Рисунок 2.15 – Звільнення ресурсів-тепловозів

Таким чином, були відпрацьовані процеси виконання маневрів із составом, який фактично, дублював состав із ковшами, який продовжує проходження по імітаційному ланцюжку, який був розглянутий у даному підпункті першим.

Аналогічно реалізовано процес транспортного обслуговування доменної печі №3, що показано на рисунку 2.16.

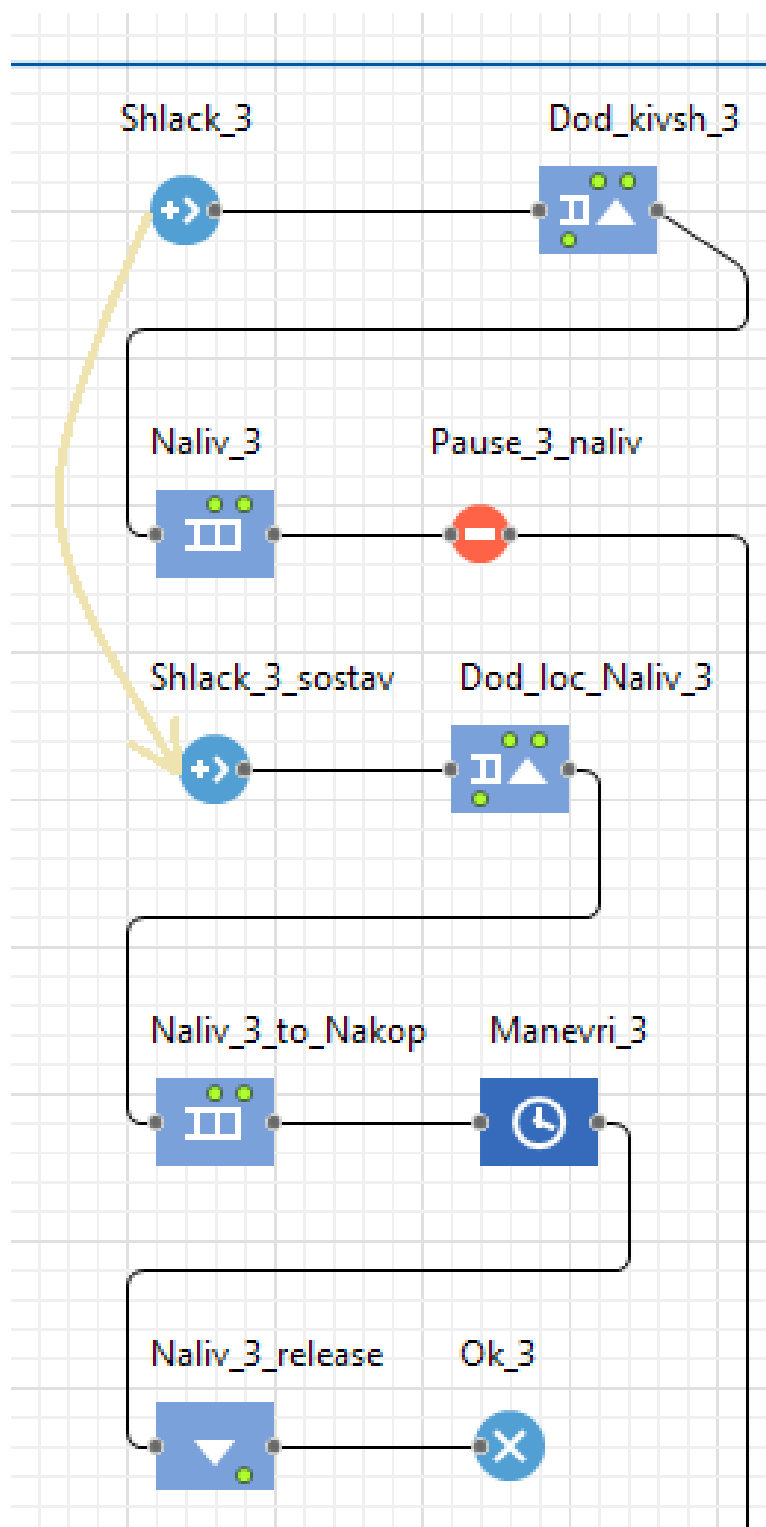


Рисунок 2.16 – Транспортне обслуговування доменної печі №3

Так само на рисунку 2.17 відображено процес обслуговування доменної печі №4.

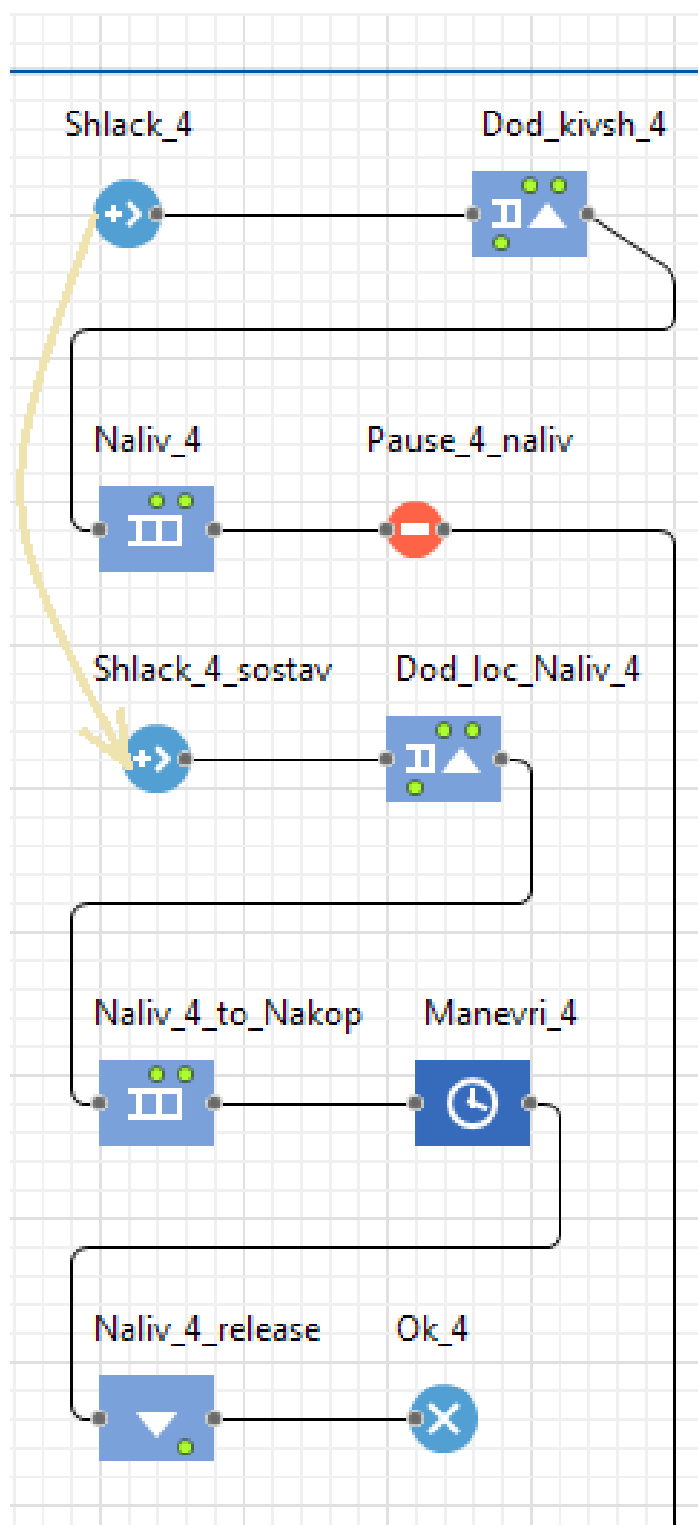


Рисунок 2.17 – Транспортне обслуговування доменної печі №4

Загальний вигляд частини програми, що відображає процеси обслуговування усіх печей, показаний на рисунку 2.18.

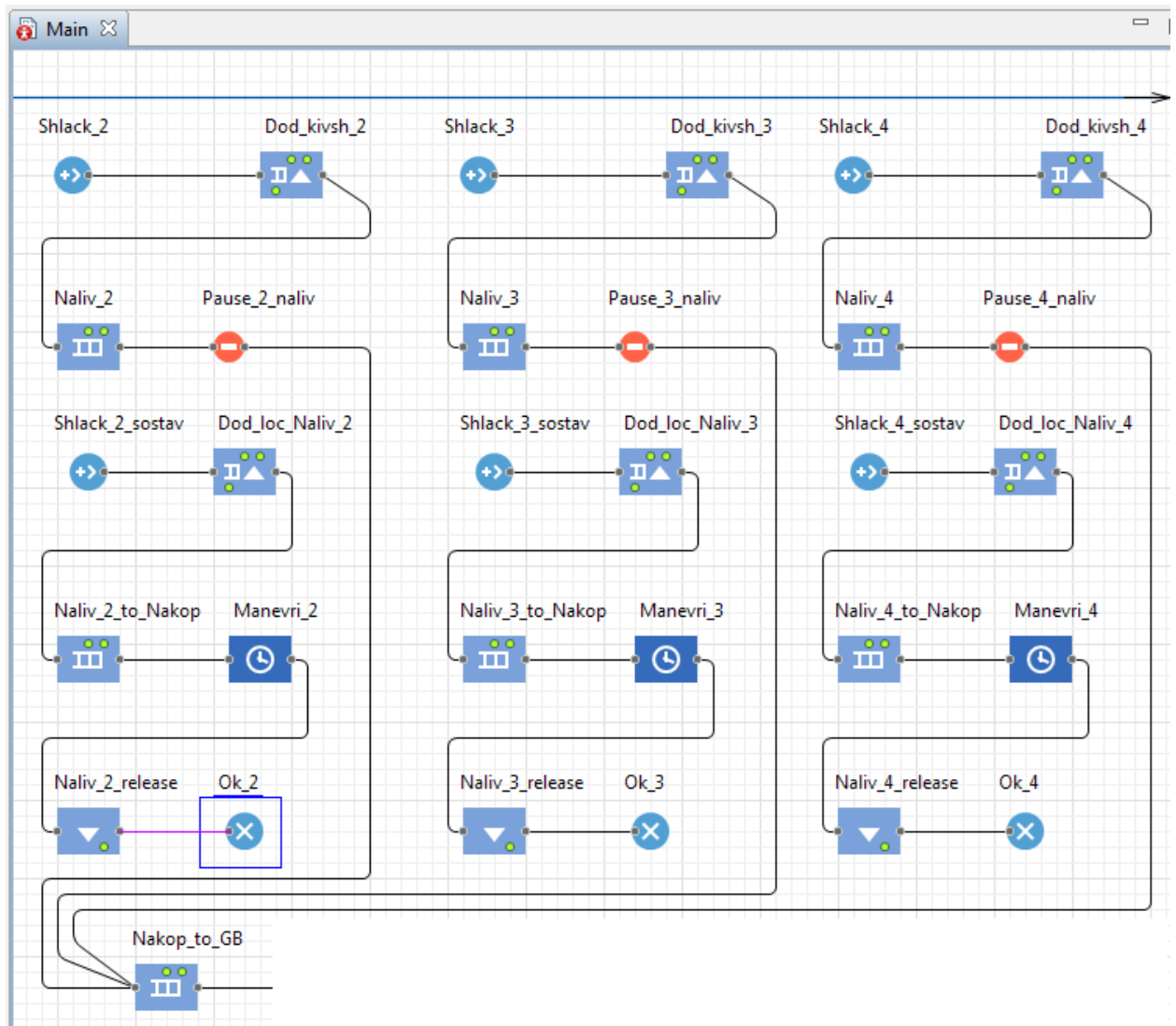


Рисунок 2.18 – Процеси обслуговування усіх печей

2.2.2 Створення блоку доставки

Як бачимо, усі ланцюги обслуговування з'єднуються у підсумку до черги, яка імітує процес накопичення та формування составів призначенням до гранбасейну (рисунок 2.19).

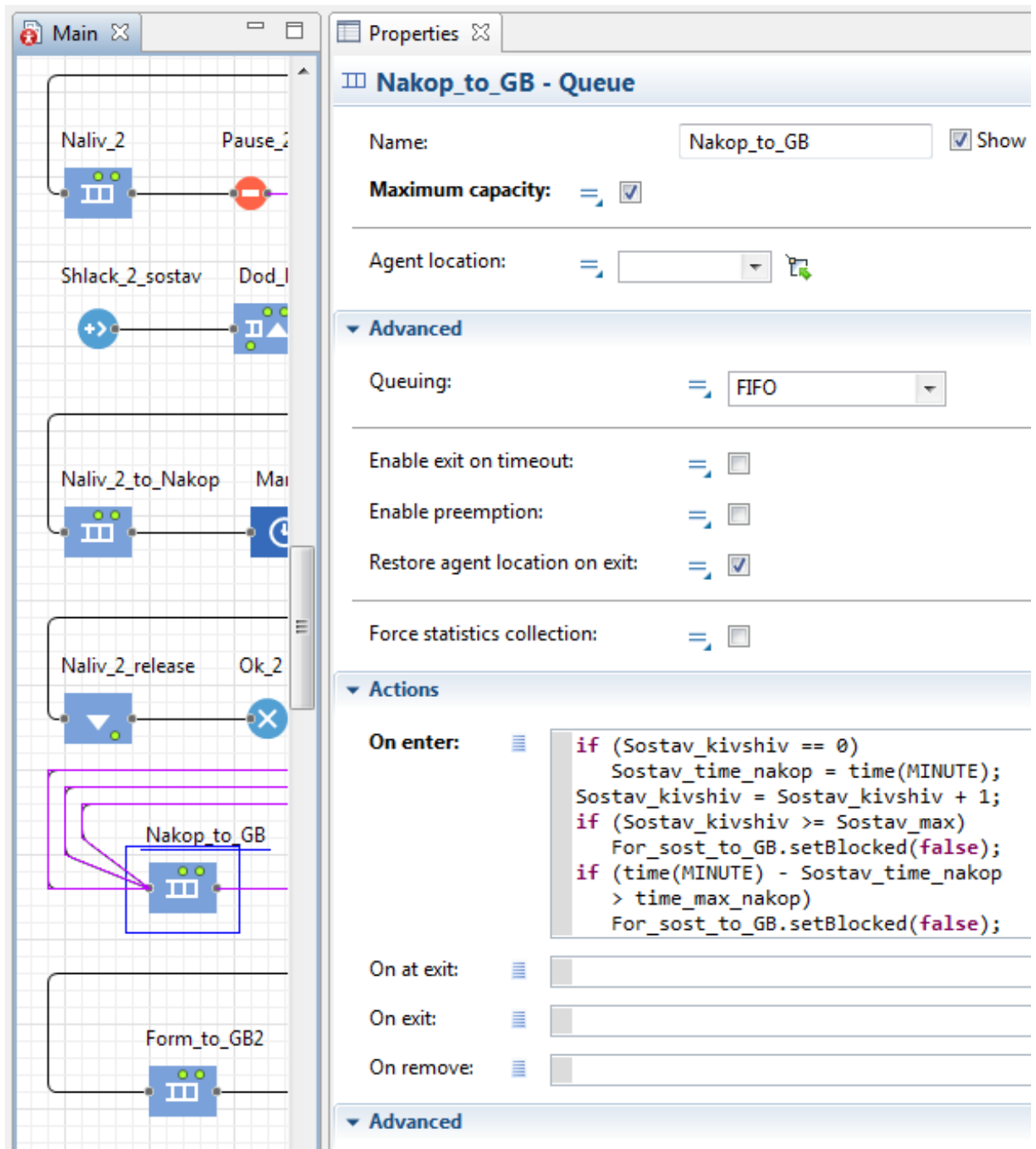


Рисунок 2.19 – Черга, яка імітує процес накопичення та формування
составів призначенням до станції Гранбасейн

Даний елемент передбачає виконання переліку умов, для реалізації
яких використовуються змінні, показані на рисунку 2.20.

 Sostav_kivshiv	кількість ковшів у черзі
 Sostav_max	максимальна кількість ковшів у составі
 Sostav_form	кількість ковшів у составі фактична
 Sostav_time_nakor	фактичний час охолодження
 time_max_nakor	максимально припустимий час охолодження

Рисунок 2.20 – Змінні програми

Перші три змінні типу `int` (цілі числа), інші – типу `double`. Розглянемо умови черги `Nakor_to_GB`.

Перша умова:

```
if (Sostav_kivshiv == 0) Sostav_time_nakor = time(MINUTE);
```

фіксує час потрапляння першої партії ковшів до колії накопичення для того, щоб не допустити їх понаднормативного охолодження з часом простоювання. Функція `time()` надає інформацію про час від початку роботи програми на момент запиту.

З кожним надходження замовлення із ресурсом «ківш» фіксується збільшення змінної `Sostav_kivshiv`:

```
Sostav_kivshiv = Sostav_kivshiv + 1;
```

а, якщо значення цієї змінної сягає значення максимально встановленого розміру составу, виконується умова розблокування елементу `For_sost_to_GB`, який блокує рух замовлень:

```
if (Sostav_kivshiv >= Sostav_max) For_sost_to_GB.setBlocked(false);
```

Так само виконується розблокування при виконанні умови граничного терміну простою ковшів в очікуванні:

```
if (time(MINUTE) - Sostav_time_nakop > time_max_nakop)
For_sost_to_GB.setBlocked(false);
```

Елемент For_sost_to_GB також містить код з умовами, що показано на рисунку 2.21.

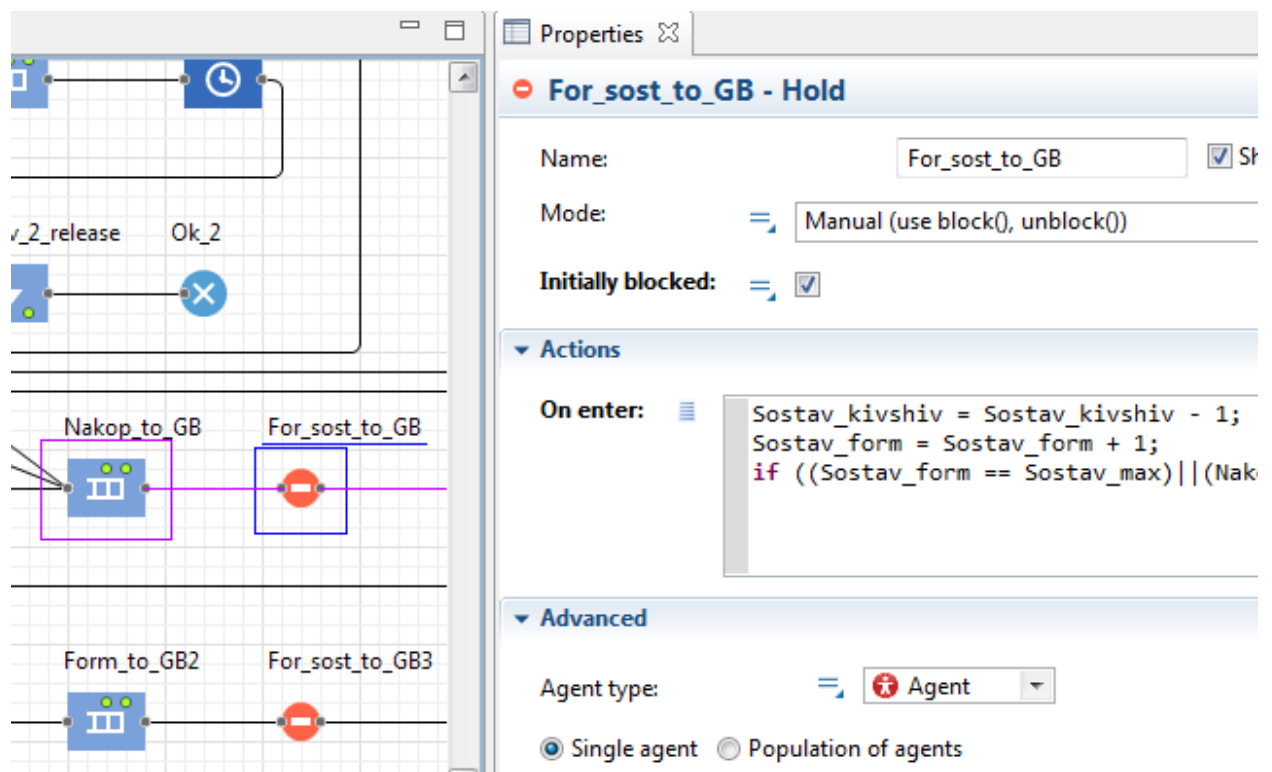


Рисунок 2.21 – Елемент For_sost_to_GB

Даний елемент зменшує параметр Sostav_kivshiv відповідно до переходу замовлень до процесу руху до станцій Гранбасейн:

```
Sostav_kivshiv = Sostav_kivshiv - 1;
```

Відповідно збільшується параметр фактичного розміру составу:

$Sostav_form = Sostav_form + 1;$

Перевіряється відповідність хоча б однієї з вимог – досягнення максимального розміру составу або нормативного часу простою ковшів зі шлаков під накопиченням составу для відправки:

```
if ((Sostav_form == Sostav_max) || (Nakop_to_GB.size() == 0))
{
    Sostav_form = 0;
    For_sost_to_GB.setBlocked(true);
    Shlack_GB.inject(1);
},
```

та у разі виконання методом inject() викликається нове замовлення – состав до відправки на станцію Гранбасейн – Shlack_GB.inject(1).

Таким чином, ланцюг просування вантажу (рисунок 2.22) супроводжується ланцюгом просування составів (рисунок 2.23).

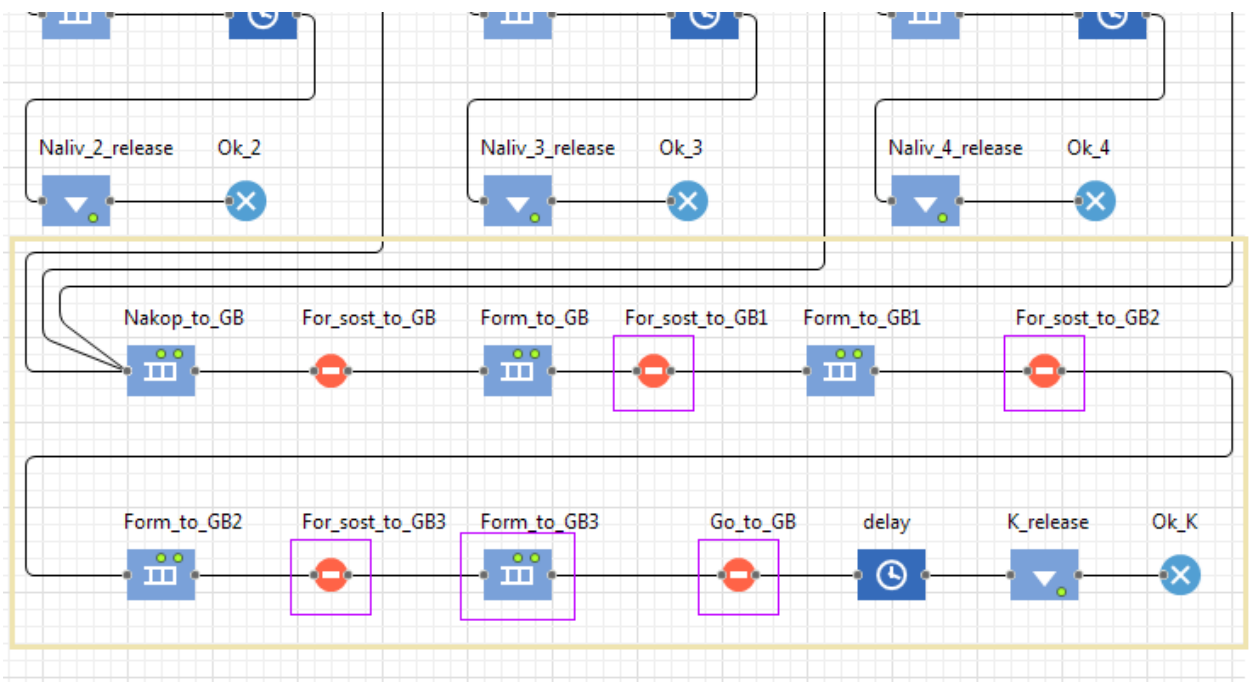


Рисунок 2.22 – Ланцюг просування вантажу

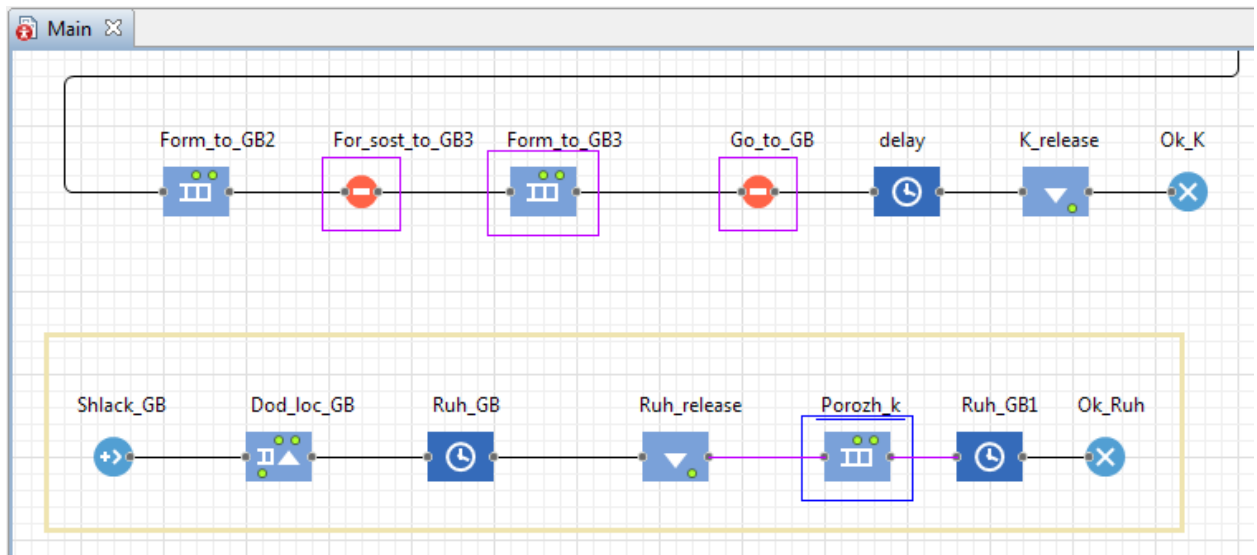


Рисунок 2.23 – Ланцюг руху составів поїздів

Виклик замовлень-поїздів виконується методом `inject()` – рисунок 2.24.

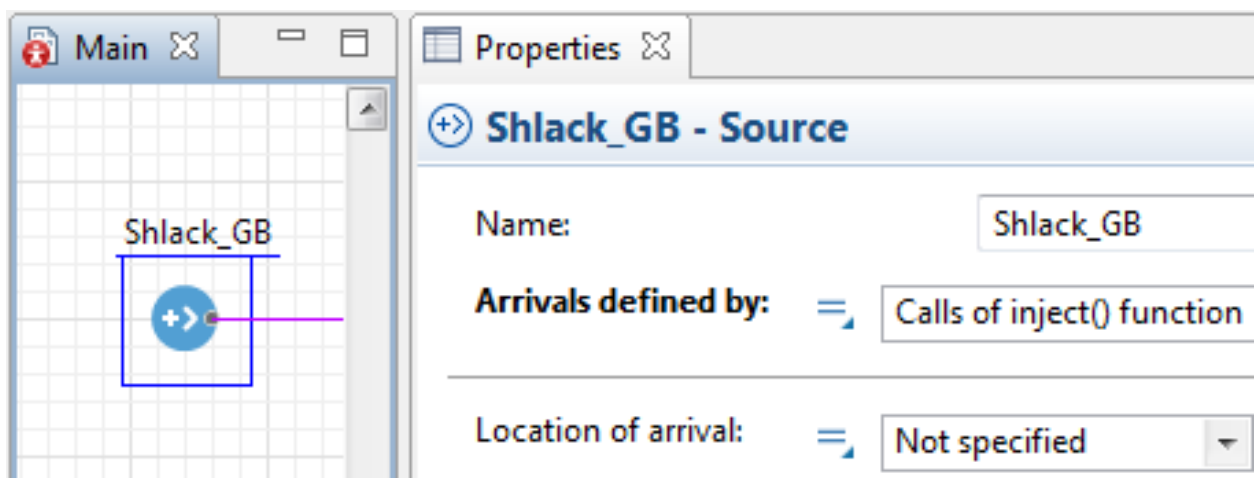


Рисунок 2.24 – Виклик замовлень-поїздів

Замовлення викликають ресурс-тепловоз `Resorce_L` задля подальшого переміщення – рисунок 2.25.

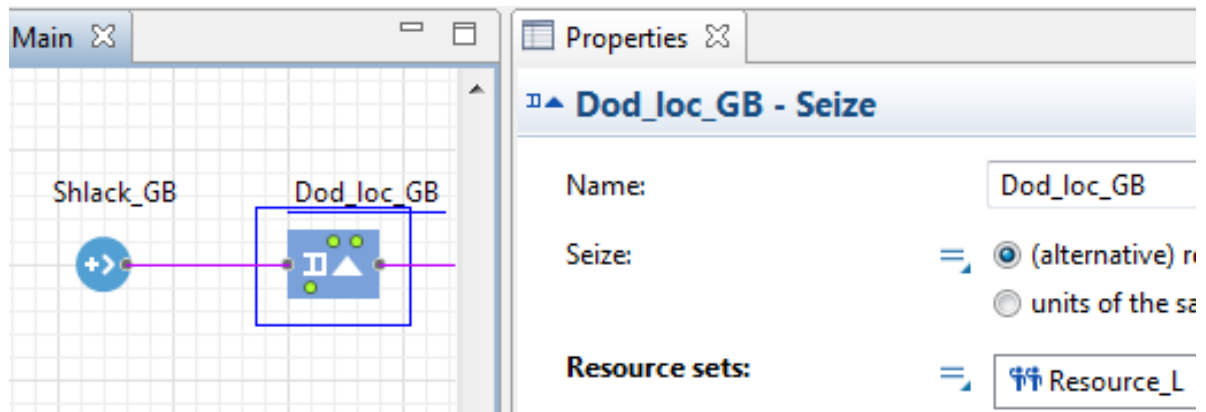


Рисунок 2.25 – Приєднання ресурсів-тепловозів Resource_L

Наступний об'єкт Ruh_GB здійснює затримку відповідно до розрахунків попереднього розділу (рисунок 2.26). Місткість цього елементу становить три состави максимально:

- один состав в процесі руху до станції Гранбасейн;
- один в процесі розвантаження на гранбасейні;
- один – в процесі вибивки ковшів на станції Шлакова.

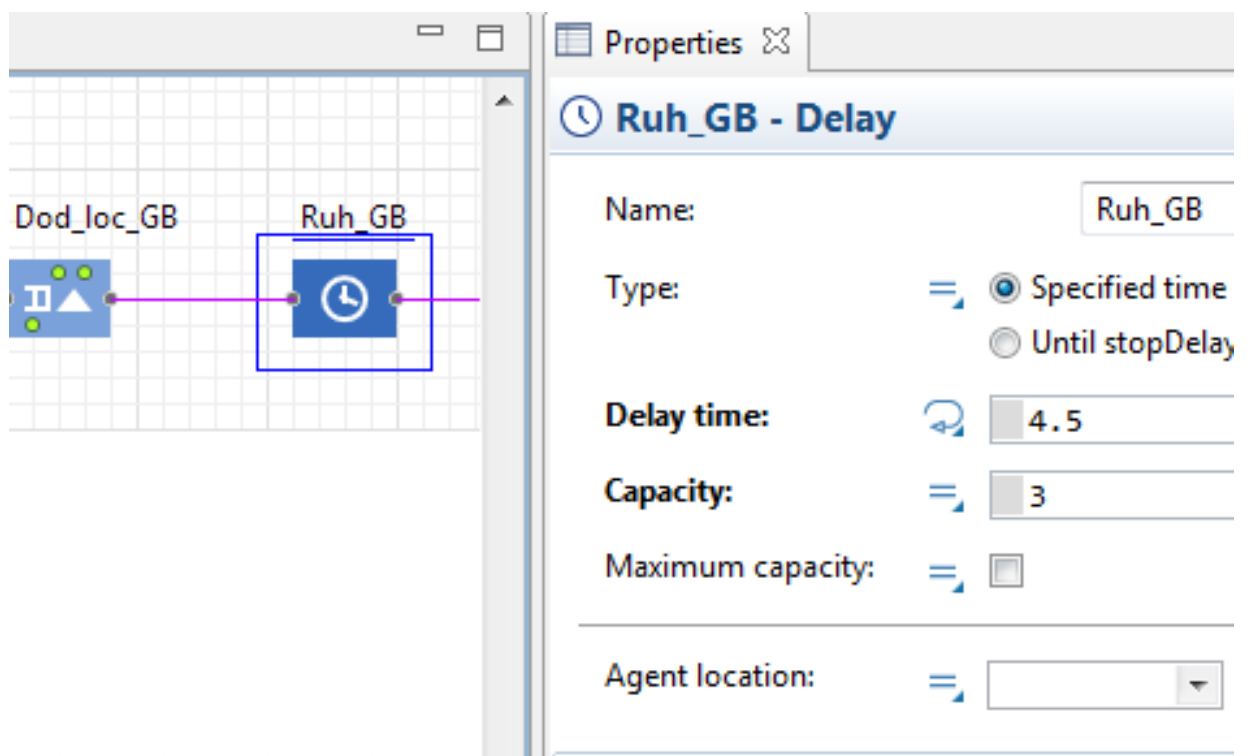


Рисунок 2.26 – Об'єкт Ruh_GB

Після доставки – ресурс тепловоз вивільняється, що показано на рисунку 2.27.

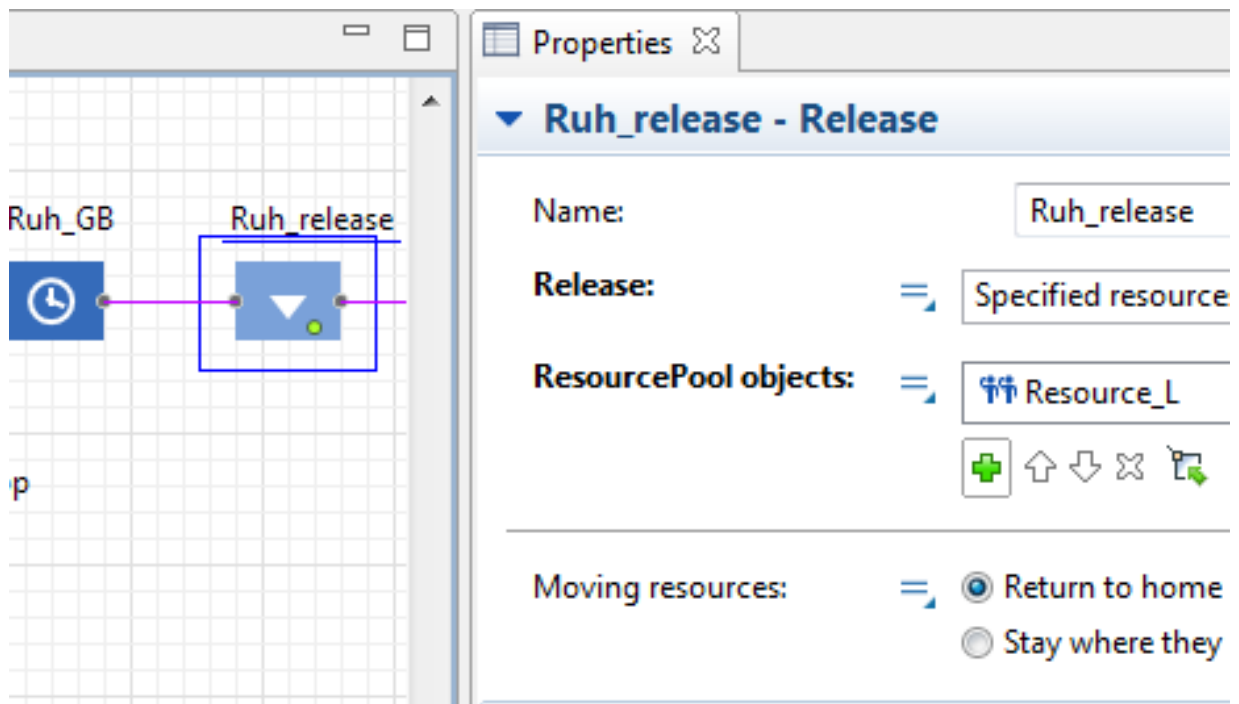


Рисунок 2.27 – Вивільнення ресурсу Resource_L

Після цього виникає необхідність виконати ряд процедур, які передбачає елемент Porozh_k (рисунку 2.28).

Ці процедури дозволяють від’єднати в іншому (основному) ланцюгові програми пакети з вантажем один від одного, послідовно звільняючи черги їх накопичення (до наявності замовлень у останній черзі - `Form_to_GB3.size() == 0`):

```
Go_to_GB.setBlocked(false);
if (Form_to_GB3.size() == 0) {
  For_sost_to_GB3.setBlocked(false);
  For_sost_to_GB2.setBlocked(false);
  For_sost_to_GB1.setBlocked(false); }
if (Form_to_GB3.size() == 0) {
```

```

For_sost_to_GB3.setBlocked(false);
For_sost_to_GB2.setBlocked(false);
For_sost_to_GB1.setBlocked(false); }
if (Form_to_GB3.size() == 0) {
For_sost_to_GB3.setBlocked(false);
For_sost_to_GB2.setBlocked(false);
For_sost_to_GB1.setBlocked(false); }.

```

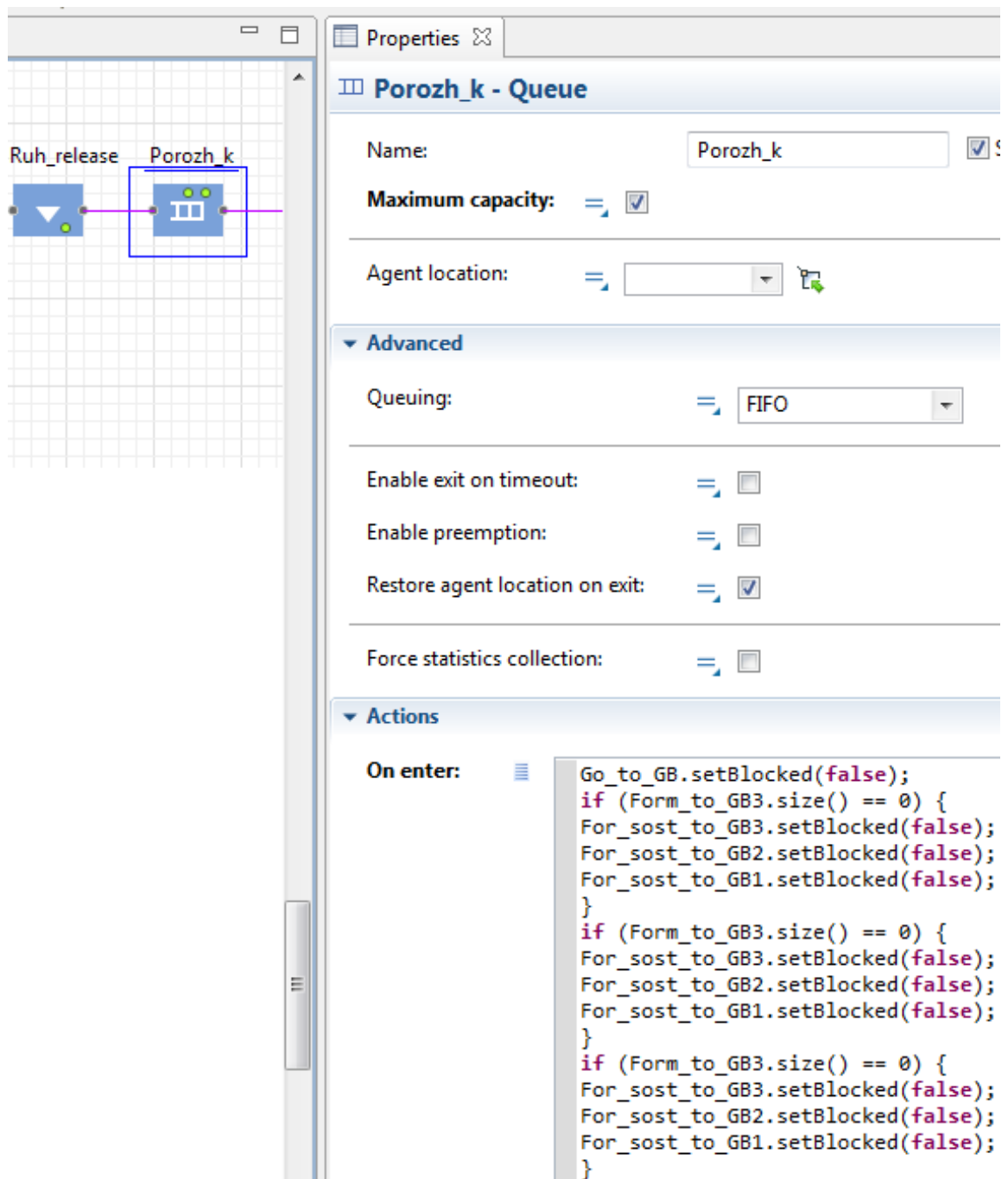


Рисунок 2.28 – Элемент Porozh_k

Відповідні елементи блокуються у наступному об'єкті Ruh_GB1, після чого замовлення-поїзди знищуються елементом Ok_Ruh, що показано на рисунку 2.29.

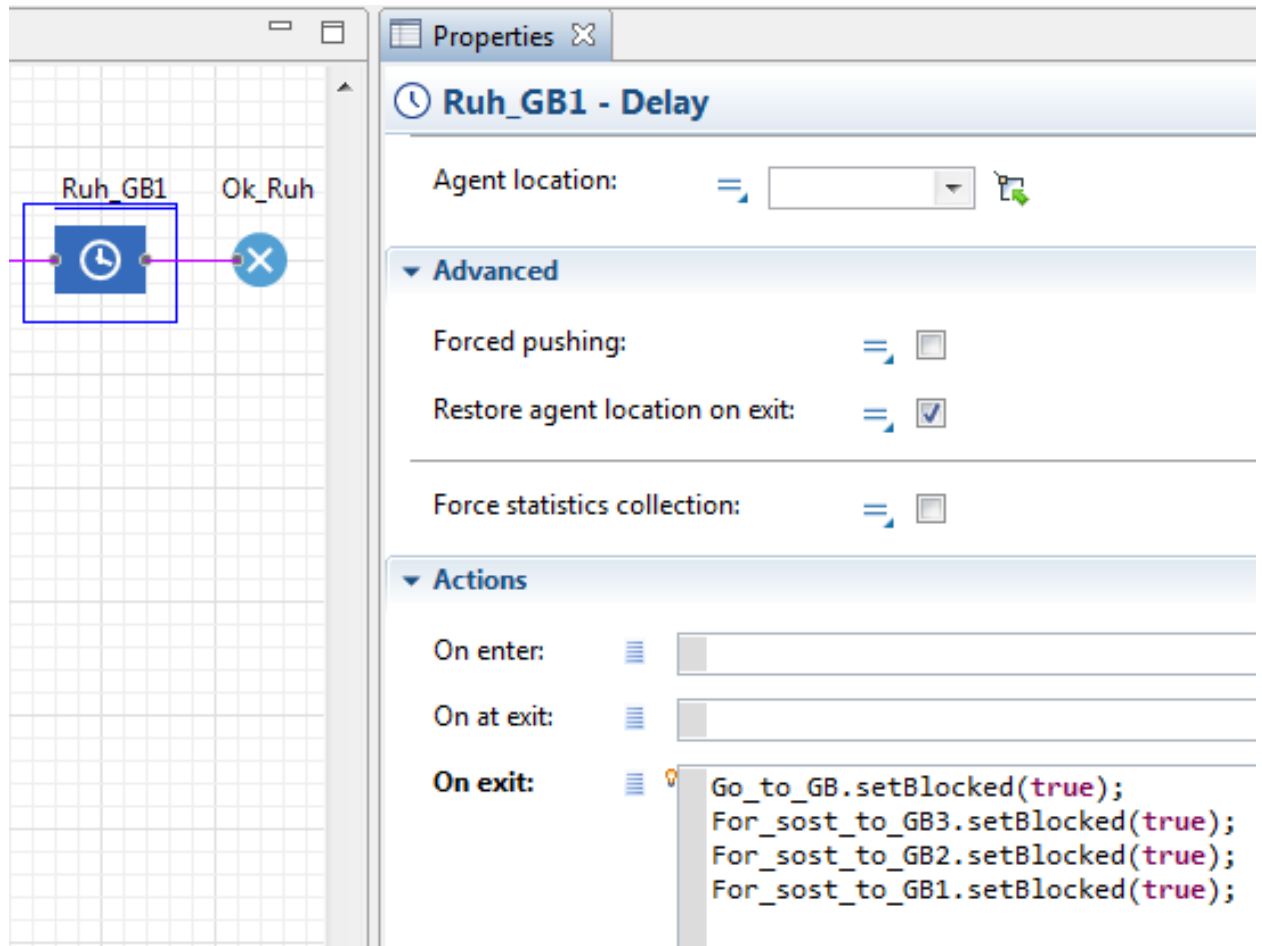


Рисунок 2.29 – Об'єкт Ruh_GB1

Кожен блок елементів ланцюга проходження вантажу (рисунок 2.30) складається двох елементів, завдяки умовам, прописаним в них відбувається розділення проходження партій вантажу по трьох ділянках.

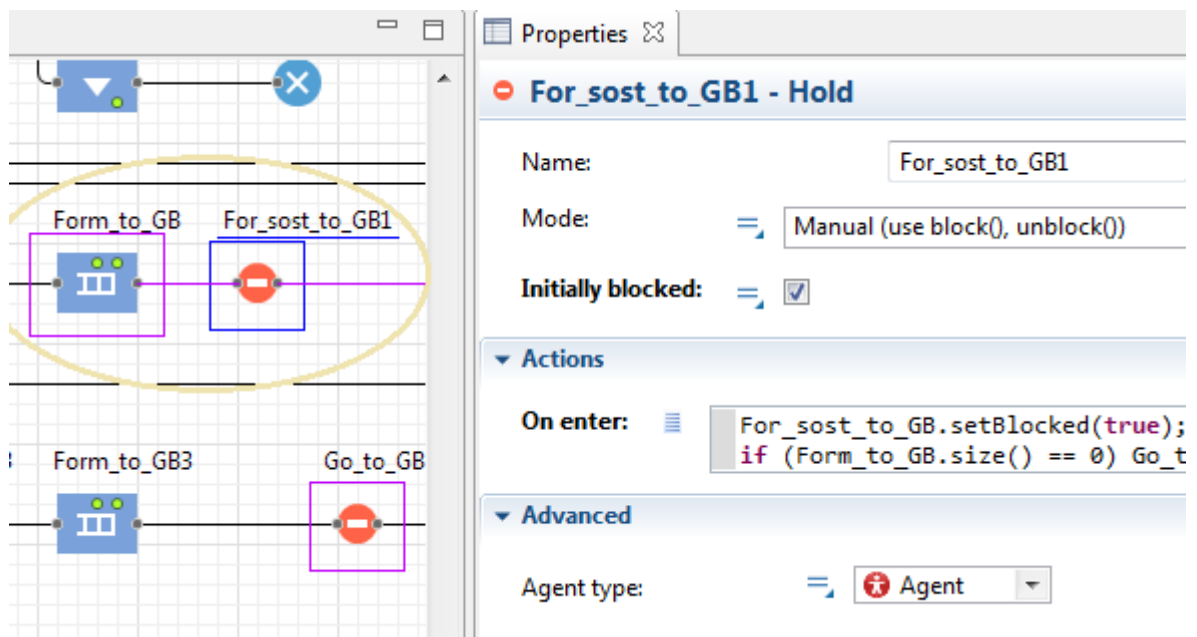


Рисунок 2.30 – Блок елементів ланцюга проходження вантажу

Зупинка програми здійснюється через місячний термін моделювання транспортних процесів (рисунок 2.31).

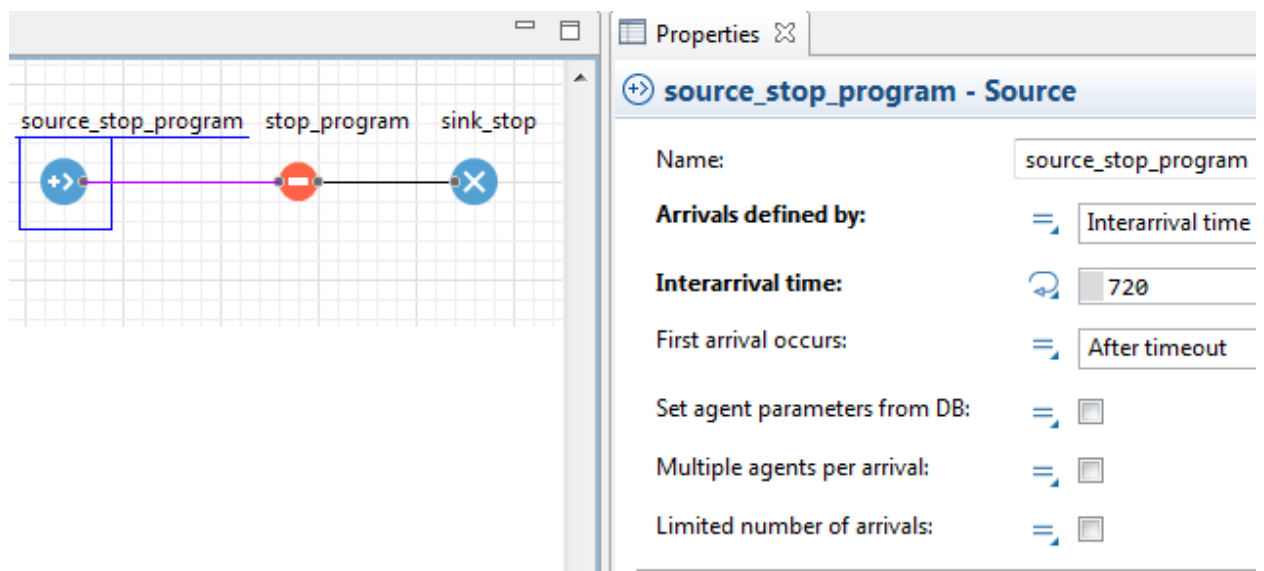


Рисунок 2.31 – Блок зупинки програми

2.3 Експерименти на моделі

Традиційною була встановлена норма у 10 ковшів при доставці гарячого шлаку, що, зокрема, було обумовлено нещасним випадком у 80-ті роки минулого сторіччя. Але тягові характеристики рухомого складу дозволяють здійснювати переміщення составів більшої ваги.

Виконано експерименти зі змінням розміру составу:

- 10 ковшів;
- 11 ковшів;
- 12 ковшів.

Крім того, у якості змінного параметру використовувалась максимальна нормативна тривалість очікування ковшами моменту завершення накопичення составу:

- 60 хвилин;
- 90 хвилин.

За результатами моделювання отримані наступні результати, представлені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Результати моделювання

Номер експерименту	Кількість тепловозів, од.	Кількість шлаковозів, од.	Максимальний розмір составу поїзду, од.	Термін очікування відправки ковшів, хв.
1	4	41	10	60
2	4	28	11	60
3	3	32	12	60

Кінець таблиці 2.1

Номер експери-менту	Кількість тепловозів, од.	Кількість шлаковозів, од.	Максимальний розмір составу поїзду, од.	Термін очікування відправки ковшів, хв.
4	4	35	10	90
5	3	38	11	90
6	3	30	12	90

Через розрахунок економічних показників кожного з варіантів визначимо найбільш ефективний варіант.

3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

В роботі аналізується функціонування транспортної системи доставки гарячого шлаку до пунктів вантажопереробки на прикладі комбінату «Запоріжсталь».

Головною метою є аналіз залежності технологічних та економічних показників від параметрів:

- кількість ковшів у составі;
- максимальна нормативна тривалість очікування ковшами моменту завершення накопичення составу.

Перший параметр обмежується тяговими характеристиками тепловозів із урахуванням наявності ухилів перегінних колій. Для подолання найбільшого з них між станціями Ковшева та Шлакова використовується тепловоз-штовхач, тож є можливість розглянути зміну цього параметру за варіантами:

- 10 ковшів у составі;
- 11 ковшів у составі;
- 12 ковшів у составі.

Другим параметром є максимальна нормативна тривалість очікування ковшами моменту завершення накопичення составу, який використовується разом із першим. Тобто, у випадку, якщо під накопиченням знаходиться менша, ніж нормативно встановлена кількість ковшів, але їх час очікування відправлення перевищує нормативний, частка шлаку, що твердіє через тривале охолодження, збільшується. Це призводить до втрат у виробництві граншлаку.

Виконані в основній частині експерименти на імітаційній моделі дозволили визначити показники при різних комбінаціях значень вищевказаних параметрів.

3.1 Вихідні дані для економічних розрахунків

Вихідні дані для економічних розрахунків представлені у вигляді таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Дані для економічних розрахунків

Номер експерименту	Кількість тепло-возів, од.	Кількість шлако-возів, од.	Максимальний розмір складу поїзду, од.	Нормативний термін очікування відправки ковшів, хв.	Втрати виробництва граншлаку на рік, тис. т
1	4	41	10	60	0
2	4	28	11	60	0
3	3	32	12	60	0
4	4	35	10	90	80
5	3	38	11	90	90
6	3	30	12	90	100

У таблиці 3.2 наведені вартісні вихідні показники, необхідні для розрахунків.

Вартість втрати гранульованого шлаку приведена у вигляді різниці між ринковою вартістю гранульованого шлаку та доменного шлаку.

Таблиця 3.2 – Вартісні показники

Номер з/п	Показник	Вартість	Од. виміру
1	Собівартість локомотиво-години використання тепловозів	1021	грн/год.
2	Собівартість вагоно- години використання шлаковозів	38,28	грн/год.
3	Вартість втрати гранульованого шлаку	120	грн/т

3.2 Економічні показники за варіантами

Вартість витрат [13,14] складається з собівартості утримання шлаковозів, використання тепловозів ТГМ-4 та вартості технологічних втрат гранульованого шлаку:

$$C_i = C_{шв_i} + C_{тгм_i} + C_{вшл_i}, \quad (3.1)$$

- де $C_{\text{шв}_i}$ – собівартість утримання шлаковозів, грн/рік;
 $C_{\text{тгм}_i}$ – собівартість утримання тепловозів ТГМ-4, грн/рік;
 $C_{\text{вшл}}$ – вартість технологічних втрат гранульованого шлаку, грн/рік.

Формула для визначення показнику $C_{\text{шв}_i}$:

$$C_{\text{шв}_i} = 8760 N_{\text{шл}_i} c_{\text{шв}_i}, \quad (3.2)$$

- де $N_{\text{шв}_i}$ – кількість шлаковозів за i -м варіантом, од.;
 $c_{\text{шв}_i}$ – собівартість години утримання шлаковозу, грн/год.

Формула для визначення показнику $C_{\text{тгм}_i}$:

$$C_{\text{тгм}_i} = 8760 N_{\text{тгм}_i} c_{\text{тгм}_i}, \quad (3.3)$$

- де $N_{\text{тгм}_i}$ – кількість тепловозів за i -м варіантом, од.;
 $c_{\text{тгм}_i}$ – собівартість години використання тепловозу ТГМ-4, грн/год.

Формула для визначення показнику $C_{\text{вшл}_i}$:

$$C_{\text{вшл}_i} = Q_{\text{вшл}_i} c_{\text{вшл}_i}, \quad (3.4)$$

- де $Q_{\text{вшл}_i}$ – обсяг втрат граншлаку за i -м варіантом, т/рік;
 $c_{\text{вшл}_i}$ – вартість втрат граншлаку за i -м варіантом, грн/т.

Виконаємо розрахунки за кожним варіантом транспортування гарячого шлаку.

3.2.1 Варіант першого експерименту

Виконаємо розрахунки за формулами розділу 3.2.

Витрати $C_{\text{ШВ}_1}$ за (3.2):

$$C_{\text{ШВ}_1} = 8760 \cdot 41 \cdot 38,28 = 13748644,8 \text{ грн/рік.}$$

Витрати $C_{\text{ТГМ}_1}$ за (3.3):

$$C_{\text{ТГМ}_1} = 8760 \cdot 4 \cdot 1021 = 35775840 \text{ грн/рік.}$$

Витрати $C_{\text{ВШЛ}_1}$ за (3.4):

$$C_{\text{ВШЛ}_1} = 0 \cdot 120 = 0 \text{ грн/рік.}$$

Загальні витрати C_1 за (3.1):

$$C_1 = 13748644,8 + 35775840 + 0 = 49524484,8 \text{ грн/рік.}$$

3.2.2 Варіант другого експерименту

Виконаємо розрахунки для другого експерименту.

Витрати $C_{\text{ШВ}_2}$ за (3.2):

$$C_{\text{ШВ}_2} = 8760 \cdot 28 \cdot 38,28 = 9389318,4 \text{ грн/рік.}$$

Витрати $C_{\text{ТГМ}_2}$ за (3.3):

$$C_{\text{ТГМ}_2} = 8760 \cdot 4 \cdot 1021 = 35775840 \text{ грн/рік.}$$

Витрати $C_{\text{ВШЛ}_2}$ за (3.4):

$$C_{\text{ВШЛ}_2} = 0 \cdot 120 = 0 \text{ грн/рік.}$$

Загальні витрати C_2 за (3.1):

$$C_2 = 9389318,4 + 35775840 + 0 = 45165158,4 \text{ грн/рік.}$$

3.2.3 Варіант третього експерименту

Виконаємо розрахунки для третього експерименту.

Витрати $C_{\text{ШВ}_3}$ за (3.2):

$$C_{\text{ШВ}_3} = 8760 \cdot 32 \cdot 38,28 = 10730649,6 \text{ грн/рік.}$$

Витрати $C_{\text{ТГМ}_3}$ за (3.3):

$$C_{\text{ТГМ}_3} = 8760 \cdot 3 \cdot 1021 = 26831880 \text{ грн/рік.}$$

Витрати $C_{\text{ВШЛ}_3}$ за (3.4):

$$C_{\text{ВШЛ}_3} = 0 \cdot 120 = 0 \text{ грн/рік.}$$

Загальні витрати C_3 за (3.1):

$$C_3 = 10730649,6 + 26831880 + 0 = 37562529,6 \text{ грн/рік.}$$

3.2.4 Варіант четвертого експерименту

Виконаємо розрахунки для четвертого експерименту.

Витрати $C_{\text{ШВ}_4}$ за (3.2):

$$C_{\text{ШВ}_4} = 8760 \cdot 35 \cdot 38,28 = 11736648 \text{ грн/рік.}$$

Витрати $C_{\text{ТГМ}_4}$ за (3.3):

$$C_{\text{ТГМ}_4} = 8760 \cdot 4 \cdot 1021 = 35775840 \text{ грн/рік.}$$

Витрати $C_{\text{ВШЛ}_4}$ за (3.4):

$$C_{\text{ВШЛ}_4} = 80000 \cdot 120 = 9600000 \text{ грн/рік.}$$

Загальні витрати C_4 за (3.1):

$$C_4 = 11736648 + 35775840 + 9600000 = 57112488 \text{ грн/рік.}$$

3.2.5 Варіант п'ятого експерименту

Виконаємо розрахунки для п'ятого експерименту.

Витрати $C_{\text{ШВ}_5}$ за (3.2):

$$C_{\text{ШВ}_5} = 8760 \cdot 38 \cdot 38,28 = 12742646,4 \text{ грн/рік.}$$

Витрати $C_{\text{ТГМ}_5}$ за (3.3):

$$C_{\text{ТГМ}_5} = 8760 \cdot 3 \cdot 1021 = 26831880 \text{ грн/рік.}$$

Витрати $C_{\text{ВШЛ}_5}$ за (3.4):

$$C_{\text{ВШЛ}_5} = 90000 \cdot 120 = 10800000 \text{ грн/рік.}$$

Загальні витрати C_5 за (3.1):

$$C_5 = 12742646,4 + 26831880 + 10800000 = 50374526,4 \text{ грн/рік.}$$

3.2.6 Варіант шостого експерименту

Виконаємо розрахунки для шостого експерименту.

Витрати $C_{\text{ШВ}_6}$ за (3.2):

$$C_{\text{ШВ}_6} = 8760 \cdot 30 \cdot 38,28 = 10059984 \text{ грн/рік.}$$

Витрати $C_{\text{ТГМ}_6}$ за (3.3):

$$C_{\text{ТГМ}_6} = 8760 \cdot 3 \cdot 1021 = 26831880 \text{ грн/рік.}$$

Витрати $C_{\text{ВШЛ}_6}$ за (3.4):

$$C_{\text{ВШЛ}_6} = 100000 \cdot 120 = 12000000 \text{ грн/рік.}$$

Загальні витрати C_6 за (3.1):

$$C_6 = 10059984 + 26831880 + 12000000 = 48891864 \text{ грн/рік.}$$

3.3 Визначення найбільш економічного варіанту

Результати розрахунків розділу 3.2 зведемо до таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Економічний аналіз ефективності варіантів, млн грн/рік

№ з/п	Показник	Варіант					
		1	2	3	4	5	6
1	Вартість утримання шлаковозних ковшів	13,75	9,39	10,73	11,74	12,74	10,06
2	Вартість використання тепловозів	35,78	35,78	26,83	35,78	26,83	26,83

Кінець таблиці 3.3

№ з/п	Показник	Варіант					
		1	2	3	4	5	6
3	Вартість втрат гранульованого шлаку	0	0	0	9,6	10,8	12
4	Загальні витрати	49,52	45,17	37,56	57,11	50,37	48,89

З аналізу таблиці робимо висновок щодо найбільшої економічної ефективності варіанту №3.

Економічний ефект у порівнянні з базовим – першим варіантом становить:

$$49524484,8 - 37562529,6 = 11961955,2 \text{ грн/рік} = 11,96 \text{ млн грн/рік}$$

за рахунок впровадження організаційних рішень.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

За проектом «Дослідження ефективності узгодження параметрів транспортно-виробничої системи перевезення рідкого шлаку на прикладі ПАТ «Запоріжсталь» проаналізовано потенційні небезпеки, що можуть вплинути на дослідника та робітників під час перевезення рідкого шлаку в ківшах, які доставляються в цех шлакопереробки, де даний матеріал перетворюється у шлаковий щебінь, гранульований шлак, іноді – у шлакову пемзу, мінеральну вату і інші матеріали.

Шлак, непридатний для переробки, а також відходи шлакопереробки транспортують у відвал.

Технологічні перевезення є складовою частиною виробничого процесу і регламентуються графіками роботи промислових агрегатів, установок і окремих виробництв.

Об'єм перевезень рідкого чавуна, шлаку, злитків, агломератів і інших технологічних вантажів на металургійних заводах становить приблизно 40% від всього об'єму перевезень.

В додатку А представлений аналіз небезпек, які є потенційними [15].

В додатку Б представлені заходи по усуненню загальних небезпек та небезпек виробничої санітарії і гігієни праці.

В додатку В показані розрахунки досліджень шкідливих факторів виробничого середовища, значення яких заміряні в лабораторії дослідника з ПК [16].

Розглянуті також питання з цивільного захисту [17].

4.1 Аналіз потенційних небезпек

Даними небезпеками можна вважати:

- при розливу шлаку у ковши, діє висока температура на організм робітників й дослідника. При вдиханні можливе опіки дихальних шляхів. При розбризкуванні шлаку можливо попадання на робітників, що призведе до опіку;
- з причин зменшення вантажопотоку, є небезпека наїзду на робітників шлаковозами;
- при заповненні шлаком ковшів, можливий пролив металу на колії. Це може у подальшому призвести до сходження чавуновозів з колії;
- пожежі можуть виникнути від попадання рідкого шлаку на горючі матеріали та від не виконання елементарних вимог протипожежної безпеки;
- інші небезпеки, які вказані в Додатку А.

4.2 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях

4.2.1 Заходи з пожежної безпеки

Для запобігання пожежі на кранах необхідно слідкувати за ізоляцією кабелів, забезпечити захист від їх пошкодження. На крані повинен знаходитися вогнегасник ВВК-5.

Відповідно нормативам по пожежній безпеці, в приміщенні де розташовані ПК, на кожні 20 кв.м повинен бути один вогнегасник. Для гасіння електрообладнання, до яких відноситься і ПК, застосовується

вогнегасник порошковий. Тому для кімнати, де розташований ПК, з площею 46 м² треба розмістити вогнегасник ВВП-5 в кількості 3 шт.

4.2.2 Заходи з цивільного захисту

Норми та правила укриття населення у захисних спорудах цивільного захисту. Згідно статті 32, Кодексу цивільного захисту України №34-35 від 2013р.:

До захисних споруд цивільного захисту належать:

а) сховище - герметична споруда для захисту людей, в якій протягом певного часу створюються умови, що виключають вплив на них небезпечних факторів, які виникають внаслідок надзвичайної ситуації, воєнних (бойових) дій та терористичних актів;

б) протирадіаційне укриття - негерметична споруда для захисту людей, в якій створюються умови, що виключають вплив на них іонізуючого опромінення у разі радіоактивного забруднення місцевості;

в) швидкострокована захисна споруда цивільного захисту - захисна споруда, що зводиться із спеціальних конструкцій за короткий час для захисту людей від дії засобів ураження в особливий період.

Для захисту людей від деяких факторів небезпеки, що виникають внаслідок надзвичайних ситуацій у мирний час, та дії засобів ураження в особливий період також використовуються споруди подвійного призначення та найпростіші укриття.

Споруда подвійного призначення - це наземна або підземна споруда, що може бути використана за основним функціональним призначенням і для захисту населення.

Найпростіше укриття - це фортифікаційна споруда, цокольне або підвальне приміщення, що знижує комбіноване ураження людей від небезпечних наслідків надзвичайних ситуацій, а також від дії засобів ураження в особливий період.

Порядок створення, утримання фонду захисних споруд ЦЗ та ведення його обліку визначається Кабінетом Міністрів України.

Проектування, будівництво, пристосування і розміщення захисних споруд та об'єктів подвійного призначення здійснюються згідно з нормами, які розробляються відповідно до Закону України №6577 «Про будівельні норми» від 12.06.2017.

Утримання захисних споруд цивільного захисту у готовності до використання за призначенням здійснюється суб'єктами господарювання, на балансі яких вони перебувають (у тому числі споруд, що не увійшли до їх статутних капіталів у процесі приватизації (корпоратизації), за рахунок власних коштів.

ВИСНОВКИ

В роботі аналізуються процеси функціонування транспортної системи доставки гарячого шлаку до пунктів вантажопереробки на прикладі підприємства «Запоріжсталь».

Головною метою поставлена задача визначення залежності основних технологічних та економічних показників роботи від наступних параметрів:

- кількість ковшів у складі;
- максимальна нормативна тривалість очікування ковшами моменту завершення накопичення складу.

Перший параметр обмежується тяговими характеристиками тепловозів із урахуванням наявності ухилів перегінних колій. Для подолання найбільшого з них між станціями Ковшева та Шлакова використовується тепловоз-штовхач, тож є можливість розглянути зміну цього параметру за варіантами:

- 10 ковшів у складі;
- 11 ковшів у складі;
- 12 ковшів у складі.

Другим параметром є максимальна нормативна тривалість очікування ковшами моменту завершення накопичення складу, який використовується разом із першим. Тобто, у випадку, якщо під накопиченням знаходиться менша, ніж нормативно встановлена кількість ковшів, але їх час очікування відправлення перевищує нормативний, частка шлаку, що твердіє через тривале охолодження, збільшується. Це призводить до втрат у виробництві граншлаку.

Виконані в основній частині експерименти на імітаційній моделі дозволили визначити показники при різних комбінаціях значень вищевказаних параметрів.

За економічними показниками проаналізовані шість варіантів організації робіт, витрати за якими склали:

1 - 49,52 млн грн./рік;

2 - 45,17 млн грн./рік;

3 - 37,56 млн грн./рік;

4 - 57,11 млн грн./рік;

5 - 50,37 млн грн./рік;

6 - 48,89 млн грн./рік.

Найбільш економічним є варіант №3, його ефективність у порівнянні з базовим – першим варіантом становить 11,96 млн грн/рік.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Офіційний сайт ПАТ «Запоріжсталь»: «Про підприємство». URL : <https://zaporizhstal.com/> (дата звернення: 02.10.2023).
2. «Запоріжсталь» вводить в експлуатацію доменну піч №2. GMK CENTER. URL : <https://gmk.center/ua/news/zaporizhstal-vvudit-v-ekspluataciju-domennu-pich-2/> (дата звернення: 02.10.2023).
3. GMK CENTER : «Запоріжсталь». URL : <https://gmk.center/ua/manufacturer/zaporizhstal/> (дата звернення: 02.10.2023).
4. Доменна піч №3 ПАТ Запоріжсталь [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Навчальне відео, 2023. – Режим доступу: <https://www.youtube.com/watch?v=NTJRgrxcNBw> (дата звернення 05.10.2023) – 3D модель доменної печі №3 ПАТ «Запоріжсталь».
5. GMK CENTER [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Київ : Бізнес-центр Horizon Office Towers, 2023. – Режим доступу: <https://gmk.center/ua/news/zaporizhstal-pochala-kapremont-domЕННОЇ-pechi-4/> (дата звернення 10.10.2023) – «Запоріжсталь» почала капремонт доменної печі №4»
6. Офіційний сайт Запорізької облради ПМГУ [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Запоріжжя : Запорізька облрада ПМГУ, 2023. – Режим доступу: <http://zp-ok-pmgu.com/%D1%81%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%86%D0%B0-1.html> (дата звернення 10.10.2023) – «Екскурсія на виробництво».
7. GMK CENTER : Застосування шлаків у ремонті доріг допоможе звільнити регіон від відвалів. URL : <https://gmk.center/ua/opinion/zastosuvannya-shlakiv-u-remonti-dorig-dopomozhe-zvilniti-region-vid-vidvaliv/> (дата звернення 10.10.2023).

8. Міжцехова інструкція по взаємодії працівників доменного, мартеновського, агломераційного цехів, цеху водопостачання, цеху шлакопереробки, ТЕЦ, ВВО з працівниками Доменного залізничного району ЦЕ УЗТ при обслуговуванні залізничними перевезеннями. – Запоріжжя: ПАТ «Запоріжсталь», 2019. – 42с.

9. Технічно-розпорядчий акт станції Ковшева. – Запоріжжя: ПАТ «Запоріжсталь», 2021. – 28с.

10. ТОВ «МАГМА» : офіційний сайт (дата звернення: 11.09.2023)
<https://magma.ua/uk/oborudovanye/shlakovoz-shn-s-16-2/>

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

12. 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.

13. Економіка залізничного транспорту [Текст]: 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 с.

14. 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.

15. 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.

16. 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, 2018. 44 с.

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

ДОДАТОК А

АНАЛІЗ ПОТЕНЦІЙНИХ НЕБЕЗПЕК

Додаткові потенційні небезпеки:

- при навантаженні рідкого шлаку у ковші, можливе проливання його на дослідника, внаслідок знаходження його в небезпечній зоні, що призведе до травмування;
- можливість наїзду залізничного составу на дослідника, який знаходиться близько біля рухомого складу та веде спостереження за транспортно-технологічним процесом при подаванні составу на фронт вивантаження, що призведе до травмування;
- для доставки вантажників до вагонів, застосовується пересувна платформа. В випадку несправності електрообладнання на пересувній платформі, можливе ураження дослідника електричним струмом внаслідок відсутності заземлення платформи;
- при роботі в холодний період, можливе переохолодження дослідника. В теплу пору- перегрів. Все це може призводити до хвороби;
- з-за кантування ківшів не по фронту вивантаження, можливе попадання шлаку на дослідника та інших працівників з-за недостатнього освітлення в темну пору, що може призвести до травмування робітників та дослідника;
- виникнення пожежі на локомотиві з-за короткого замикання електропроводки та через відповідне її перегрівання, може привезти до загибелі робітників. Можливість виникнення пожежі через недотримання Правил з пожежної безпеки;

- 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 травмування рідким шлаком, при вантажних роботах експлуатація та контроль за справним станом конструкції ковша здійснюється згідно НПАОП 0.00-5.06-94 «Типова інструкція для осіб, відповідальних за безпечне проведення робіт з переміщення вантажу».

Для запобігання потрапляння дослідника під рухомий состав на фронтах вивантаження встановлюють огорожувальні пристрої. Ці пристрої створюють фізичну перешкоду між людиною і виробничим фактором, який становить потенційну небезпеку. Працівники обходять рухомий склад на відстані не менш 3 метри від крайнього вагону. Рух у міжколійній зоні здійснюється на відстані від рухомого складу згідно Інструкції з руху поїздів і маневрової роботи на залізничному транспорті промислових підприємств України.

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.

Для виключення випадків ураження електричним струмом при несправності електрообладнання пересувної платформи для доставки вантажників до вагонів (для відкриття люків), які розвантажуються, передбачити заземлення відповідно НПАОП 40.1-1.07-01 «Правила експлуатації електрозахисних засобів».

Заходи з виробничої санітарії та гігієни праці. Для попередження травмування внаслідок недостатнього освітлення в темну пору доби при роботі на пунктах кантування думпкарів забезпечується освітлення шляхом встановлення на щоглах прожекторного освітлення відповідно ДБН В 2.5-28-

2018 «Природне та штучне освітлення». По попередньому розрахунку при нормованій освітленості 10 лк встановлюються прожектори типу ПЗМ-35. Джерело світла – ксенонові лампи ГС220 – 500 (потужність лампи 500 Вт.) Кількість прожекторів для площі освітлення 1032 м² висота підвісу – 12 метрів.

Для запобігання отруєння робітників від пилу мартенівського виробництва передбачено забезпечення засобами індивідуального захисту, а саме респіраторами ШБ-1 «Пелюсток» та захисними окулярами типу ЗН відповідно ДСТУ 7239:2011 «Системи стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту».

ДОДАТОК В

ЗАХОДИ З ВИРОБНИЧОЇ САНІТАРІЇ ТА ГІГІЄНИ ПРАЦІ

На робочому місці дослідника лабораторії обладнаної ПК, були проведені дослідження та виміри показників шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу.

У відповідності до вихідних даних, які заміряються в лабораторії, вносимо наявні фактори умов праці та виробничого середовища що впливають на працівника в процесі трудової діяльності їх фактичне значення та час дії вносимо до стовпчиків 1, 2, 3, таблиці «Результати оцінювання за бальною шкалою».

Відповідно до додатків методичних вказівок [16], 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 1б.

З додатків [16], відповідно до категорії робіт 1б, 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».

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 [16].

Таблиця В.1 Результати оцінювання за бальною шкалою

Фактор (показник)	Виміряні показники $P_{вим}$	Час дії $t_{год.}(хв.)$	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, $t, ^\circ C$	28,3	8	22,9-25,8	4	3.4	4
Освітленість приміщення E , лк	250	8	300	—	3.1	1
Розряд і підрозряд зорових робіт, $Z_{ор}$	Б-1	—	—	—	—	—
Рівень шуму L , дБА	102	5	60	—	3.3	1,88
Загальні енергозатрати організму, Bm	240	8	290	0,83	3.3	3
Стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук)	55000	8	40000	1,38		
Тривалість зосередження уваги (в % від часу зміни)	83	8	75	1,11		
Тривалість робочого дня, $год.$	8	8	8	0,15		

Розрахунковий коефіцієнт $X_{визн}$ при оцінка мікроклімату визначаємо в балах, за формулою 7.1:

$$X_{визн} = \frac{1 \cdot t_1 + 2 \cdot t_2 + 3 \cdot t_3 + 4 \cdot t_4}{T} = \frac{4 \cdot 8}{8} = 4$$

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

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

$$X_{визн} = \frac{P_{вим} \cdot T \cdot K_{знач}}{8 \cdot P_{доп}} = \frac{240 \cdot 8 \cdot 1,0}{8 \cdot 290} = 0,83;$$

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

$$X_{визн} = \frac{P_{вим} \cdot T \cdot K_{знач}}{8 \cdot P_{доп}} = \frac{55000 \cdot 8 \cdot 1,0}{8 \cdot 40000} = 1,38;$$

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

$$X_{визн} = \frac{P_{вим} \cdot T \cdot K_{знач}}{8 \cdot P_{доп}} = \frac{84 \cdot 8 \cdot 1,0}{8 \cdot 75} = 1,11;$$

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

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

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

- для мікроклімату, відповідно до значення розрахункового коефіцієнта $X_{вим} = 4$, з таблиці 7.2 [16] – 3 клас, 4 ступінь (3.4);

- при оцінці освітленості робочої зони приміщення, клас та ступінь шкідливості умов праці визначаємо у відповідності до $P_{вим} = 250$ лк, за додатками Г та табл. Г.1 [16] – 3 клас, 1 ступінь (3.1);

- для гігієнічної оцінки рівня шуму, клас та ступінь шкідливості умов праці визначаємо у відповідності до виміряного значення рівня шуму $P_{вим} = 102$ дБА, за додатками Д та табл. Д.1 [16] – 3 клас, 3 ступінь (3.3);

- клас і ступінь важкості та напруженості праці визначаємо як суму розрахованих балів усіх показників $X_{визн}$ за формулою 7.3 [16]:

$$X_{\text{сум}} = \sum_{i=1}^n X_i = 0,83 + 1,38 + 1,11 + 0,15 = 3,46$$

З таблиці 7.3 [16] за значенням суми розрахованих балів показників $X_{\text{сум}} = 3,46$ – 3 клас, 3 ступінь (3.3).

Оскільки загальна гігієнічна оцінка умов праці за ступенем шкідливості та небезпечності, з урахуванням комбінованої та сумісної дії виробничих факторів, встановлюється за найбільш високим класом та ступенем шкідливості окремих факторів і показників, тому в результаті досліджень, відповідно до розрахунків, встановлено, що умови праці на робочому місці дослідника лабораторії обладнаної ПК належать до 3 класу, 3 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 – $X_{\text{см}} = X_i = 4$;

- при оцінці впливу освітленості, виходимо з того що вона відповідає 3 класу, 1 ступеню умов праці та діє протягом 8 годин, тому коректування не потрібно – $X_{\text{см}} = X_i = 1$;

- для оцінки впливу шуму, виходимо з того, що його рівень відповідає 3 класу, 3 ступеню умов праці та діє протягом 8 годин, тому значення X_i визначаємо за формулою 7.4 [16]:

$$X_i = X_{cm} \cdot \frac{T}{8} = 1 \cdot \frac{3 \cdot 5}{8} = 1,88$$

- 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 [16]:

$$X_{факт} = \sum_{i=1}^n X_i = 4 + 1 + 1,88 + 3 = 9,88$$

Розмір доплати за умовами праці визначаємо в залежності від їх фактичного стану – $X_{факт} = 9,88$, 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 [16]. Розмір доплати до тарифної ставки (окладу) – 20 %.

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, 3 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 1б, тому необхідно

привести ці умови у відповідність до нормативних значень, які відповідають оптимальним параметрам для категорії 1б, а саме:

- мікрокліматичні умови, за інтегральним показником теплового навантаження середовища - ТНС-індексом - 20,2-22,8°C;
- освітленість приміщення для роботи з дисплеями й відповідає розряду зорових робіт Б-1, нормована загальна освітленість якого, на робочих столах – $E = 300 \text{ лк}$;
- рівень шуму в робочій зоні дослідника – 60 дБА;
- загальні енергозатрати організму, до 175 Вт;
- стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук), до 20000;
- тривалість зосередження уваги (в % від часу зміни), до 50%;
- тривалість робочого дня, 6 або 7 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;
- для зниження рівня шуму в робочій зоні інженера-дослідника ЦЗЛ 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 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.

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 [16], у розмірі 20%.