

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 РІЗНИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
ВИВАНТАЖЕННЯ КОТУНІВ НА БУНКЕРНІЙ ЕСТАКАДІ ДОМЕННОГО  
ЦЕХУ НА ПРИКЛАДІ ПАТ «ЗАПОРІЖСТАЛЬ»

Виконав: студент ІІ курсу, групи Т-813м

Спеціальності 275 «Транспортні технології

(за видами)»

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

275.02 «Транспортні технології

(на залізничному транспорті)»

\_\_\_\_\_  
Валерій ЛЮТИЙ

(прізвище та ініціали)

Керівник

\_\_\_\_\_  
Олена ОСТРОГЛЯД

(прізвище та ініціали)

Рецензент

\_\_\_\_\_  
Наталія ЄВСЄЄВА

(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 2024 року

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

ЛЮТОГО Валерія Павловича

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Дослідження ефективності різних технологій вивантаження котунів на бункерній естакаді доменного цеху на прикладі ПАТ «Запоріжсталь»

керівник проєкту (роботи) к.т.н. техн. наук, доц. ОСТРОГЛЯД Олена Олександрівна  
(науковий ступінь, вчене звання, ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «26» листопада 2024 року №486

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 16 грудня 2024 р.

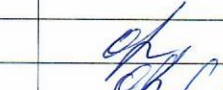
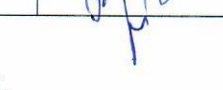
3. Вихідні дані до проєкту (роботи) вантажопотоки відвантаження готової продукції підприємства, існуюча технологія та організація переробки і внутрішньозаводських перевезень вантажів, техніко-економічні показники існуючої технології та організації внутрішньозаводських перевезень

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналітична частина, 2. Розрахункова частина, 2.1 Аналіз інтенсивності надходження составів з котунами на підприємство, 2.2 Розробка моделі ZST\_pellets\_2024 доставки та вантажопереробки котунів в умовах комбінату Запоріжсталь, 2.3 Опис роботи програми ZST\_pellets\_2024 та її результатів, 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 2024 року.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

| № з/п | Назва етапів дипломного проєкту (роботи)                                                         | Строк виконання етапів проєкту (роботи ) | Примітка |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|----------|
| 1     | Аналітична частина                                                                               | 28.10.2024-10.11.2024                    |          |
| 2     | Основна частина                                                                                  | 11.11.2024-15.12.2024                    |          |
| 3     | Економічна частина                                                                               | 16.12.2024-29.12.2024                    |          |
| 4     | Охорона праці                                                                                    | 20.01.2025-26.01.2025                    |          |
| 5     | Оформлення МР, перевірка МР на плагіат, отримання зовнішніх рецензій, захист магістерських робіт | 27.01.2025-05.02.2025                    |          |

Студент(ка)

(підпис)

Валерій ЛЮТИЙ  
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Керівник проєкту (роботи)

(підпис)

Олена ОСТРОГЛЯД  
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

## РЕФЕРАТ

ПЗ : 85 с., 51 рис., 5 табл., 18 джерел.

### ДОМЕННИЙ ЦЕХ, ЗАЛІЗНИЦЯ, КОТУНИ, МАГІСТРАЛЬНИЙ ТРАНСПОРТ, ПРОМИСЛОВИЙ ТРАНСПОРТ, РУДНИЙ ДВІР

Об'єкт дослідження – транспортно-виробнича система перевезень та вантажопереробки котунів в умовах металургійного підприємства.

Мета роботи – удосконалення технології перевезень та вантажопереробки котунів в умовах металургійного підприємства.

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

В магістерській роботі досліджено технологічний процес організації перевезень та вантажопереробки котунів в умовах металургійного підприємства, на прикладі комбінату «Запоріжсталь». На основі імітаційної моделі роботи транспортно-виробничої системи Південного залізничного району визначені показники її функціонування за різними варіантами, виконані техніко-економічні розрахунки та встановлено найбільш ефективний варіант організації робіт.

## ЗМІСТ

|                                                                                                                                                               | с. |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Завдання на проєкт .....                                                                                                                                      | 2  |
| Реферат.....                                                                                                                                                  | 4  |
| Зміст .....                                                                                                                                                   | 5  |
| Вступ .....                                                                                                                                                   | 7  |
| 1 Аналітична частина .....                                                                                                                                    | 9  |
| 1.1 Загальна характеристика котунів та підприємств-виробників<br>даної сировини в Україні .....                                                               | 9  |
| 1.1.1 Аналіз транспортно-виробничої системи Північного ГЗК .....                                                                                              | 10 |
| 1.1.2 Аналіз транспортно-виробничої системи Центрального ГЗК .....                                                                                            | 14 |
| 1.1.3 Аналіз транспортно-виробничої системи<br>Полтавського ГЗК .....                                                                                         | 16 |
| 1.2 Характеристика транспортно-виробничої системи споживання<br>котунів на ПАТ «Запоріжсталь» .....                                                           | 18 |
| 1.3 Підсумковий аналіз та постановка завдань дослідження<br>ефективності різних технологій вивантаження котунів<br>на бункерній естакаді доменного цеху ..... | 26 |
| 2 Основна частина .....                                                                                                                                       | 28 |
| 2.1 Аналіз інтенсивності надходження составів з котунами<br>на підприємство .....                                                                             | 28 |
| 2.2 Розробка моделі ZST_pellets_2024 доставки та<br>вантажопереробки котунів в умовах комбінату Запоріжсталь .....                                            | 29 |
| 2.2.1 Реалізація блоку процесів надходження котунів<br>на підприємство .....                                                                                  | 29 |
| 2.2.2 Реалізація блоку процесів вантажопереробки котунів<br>в умовах Південного залізничного району .....                                                     | 35 |

|                                                                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.2.3 Реалізація блоку процесів використання локомотива<br>при вивантаженні котунів на Південному<br>залізничному районі ..... | 48 |
| 2.3 Опис роботи програми ZST_pellets_2024 та її результатів .....                                                              | 53 |
| 3 Економічна частина .....                                                                                                     | 57 |
| 3.1 Методика встановлення витрат при перевезенні<br>котунів до металургійного підприємства .....                               | 60 |
| 3.2 Вартість витрат за варіантом доставки котунів №1 .....                                                                     | 62 |
| 3.3 Вартість витрат за варіантом доставки котунів №2 .....                                                                     | 63 |
| 3.4 Вартість витрат за варіантом доставки котунів №3 .....                                                                     | 65 |
| 3.5 Аналіз витрат по варіантах доставки котунів .....                                                                          | 66 |
| 4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях .....                                                                      | 69 |
| Висновки .....                                                                                                                 | 70 |
| Перелік посилань .....                                                                                                         | 72 |
| ДОДАТОК А. АНАЛІЗ ПОТЕНЦІЙНИХ НЕБЕЗПЕК .....                                                                                   | 75 |
| ДОДАТОК Б. ЗАХОДИ ПО ЗАБЕЗПЕЧЕННЮ БЕЗПЕКИ .....                                                                                | 76 |
| ДОДАТОК В. ЗАХОДИ З ВИРОБНИЧОЇ САНІТАРІЇ ТА ГІГІЄНИ<br>ПРАЦІ .....                                                             | 78 |
| ДОДАТОК Г. ЗАХОДИ БЕЗПЕКИ У НАДЗВИЧАЙНИХ<br>СИТУАЦІЯХ .....                                                                    | 84 |

## ВСТУП

Сучасні складні умови в Україні через військові дії потребують від підприємств стану підвищеної готовності до зміни та ускладнення логістичних ланцюгів постачання сировини. Зокрема, це є актуальним питанням і для підприємств металургійної галузі, серед яких одним з найбільших є комбінат «Запоріжсталь».

Після повномасштабного вторгнення дане підприємство не здатне отримувати:

- залізну руду високої якості з Запорізького залізрудного комбінату, розташованого у місті Дніпрорудне;
- вапняку для флюсування з донецьких та кримських родовищ;
- вугілля, доменного коксу та іншої сировини та матеріалів від підприємств Донецької області, які раніше були традиційними постачальниками.

В ході виконання магістерської роботи необхідно проаналізувати основні джерела можливого постачання котунів, які, поруч із використанням агломерату, є якісною сировиною для доменного виробництва.

При доставці котунів, як відомо, використовується спеціалізований рухомий склад – окатишевози, які забезпечують швидке вивантаження без використання вантажопідйомних машин.

Необхідно встановити загальний характер транспортно-виробничих зв'язків та технологічний процес організації вивантаження котунів на підприємстві Запоріжсталь.

В основу даного дослідження покладено використання методу імітаційного моделювання, завдяки якому можна врахувати випадковий характер надходження составів з котунами з зовнішньої мережі залізниць до металургійного підприємства.

Значні коливання часу вивантаження составів з котунами та висока вартість користування вагонами обумовлюють необхідність розглянути в якості альтернати можливість використання складу кутунів на рудному дворі. Проте, цей варіант теж має певні додаткові витрати, пов'язані з вантажопереробкою кутунів та використанням вагонів місцевого парку при переміщенні їх зі складу до виробництва – приймальних бункерів доменних печей.

Остаточний висновок щодо способу організації робіт з доставки та вантажопереробки кутунів можна зробити на основі економічного аналізу.

## 1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

### 1.1 Загальна характеристика котунів та підприємств-виробників даної сировини в Україні

Котуни, або залізорудні окатиші являють собою невеликі кульки залізорудної сировини, які використовуються для виробництві чавуну. Процес їх виготовлення передбачає окомкування та спікання залізорудного концентрату [1].

Відпалені окатиші набувають механічну міцність та підвищення чистоти їх хімічного складу. Розмір котунів варіюється від одного до 30 мм.

Котуни широко застосовуються у металургійній і ливарній промисловостях, на хімічних виробництвах тощо.

Котуни, переважно, діляться на два типи: DRI і BF. Гранули BF відрізняються більш високою основністю, у порівнянні з DRI.

Підприємства-виробники котунів в Україні представлені такими потужними комбінатами:

- групи компаній Метінвест – ПівнігЗК (північний гірничо-збагачувальний комбінат), ЦГЗК (центральный гірничо-збагачувальний комбінат);
- Полтавським гірничо-збагачувальним комбінатом Ferrexpo.

Характеристика котунів ПівнігЗК:

- неофлюсовані котуни підвищеної якості, вміст заліза в яких становить 65%;
- неофлюсовані котуни з вмістом заліза 62,5%;

Характеристика продукції ПівнігЗК – неофлюсовані котуни із 65,5% заліза.

Полтавський гірничо-збагачувальний комбінат виробляє котуни з вмістом заліза 65% та 62%.

### 1.1.1 Аналіз транспортно-виробничої системи Північного Зімбабве

Північний Зімбабве – одним з найбільших гірничо-збагачувальних підприємств у Європі з повним циклом підготовки залізорудної сировини [2], яка видобувається на крупному родовищі залізистих кварцитів, запаси якого становлять до 3 млрд тонн, у кар'єрний спосіб.

Гірська маса перетворюється у навалювальний вантаж вибуховим способом, після чого навантажується кар'єрними екскаваторами до самоскидів великої вантажопідйомності – рисунок 1.1.



Рисунок 1.1 – Навантаження сировини на Північний Зімбабве

Виробництво ПівнігЗК котунів у п'ятирічці, яка передуює періоду військового вторгнення в Україну, показано на рисунку 1.2.

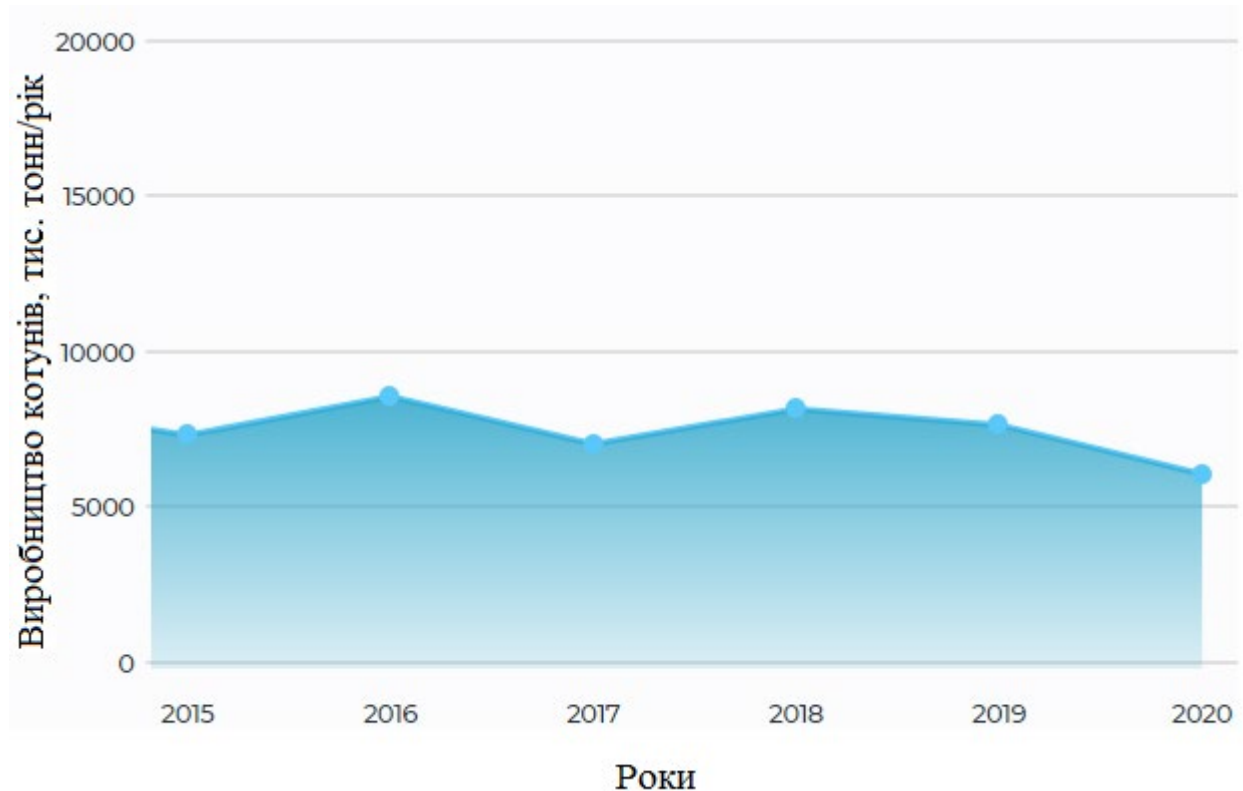


Рисунок 1.2 – Виробництво котунів ПівнігЗК

Виробництво котунів є досить стабільним – виконується у середньому на рівні 7-8 тис. тонн на рік.

Процеси виробництва котунів передбачають широке використання конвеєрного транспорту, який вирізняється найбільшою ефективністю на порівняно незначних відстанях та максимально можливою продуктивністю серед інших видів транспорту [3] – рисунок 1.3.

Крім того, даний вид транспорту якнайбільше прийнятний при організації процесів навантаження до транспортних засобів [3] – рисунок 1.4, через зручність та забезпечення коротких термінів навантаження великих обсягів продукції, що дає можливість відправлення її маршрутними складами.



Рисунок 1.3 – Переміщення котунів конвеєрним транспортом на Північному



Рисунок 1.4 – Завантаження вагонів на Північному

Завантажені котунами вагони формуються у маршрутні состави, як відправляються до металургійних комбінатів, зокрема, – і до ПАТ «Запоріжсталь» – рисунок 1.5.



Рисунок 1.5 – Завантажені котунами залізничні состави

Станції формування маршрутів – Рядова та Терни, розташовані у Кіровоградській та Дніпропетровській областях, відповідно.

Місце розташування Північного ГЗК (м. Кривий Ріг), станцій Терни та Рядова показані на рисунку 1.6.

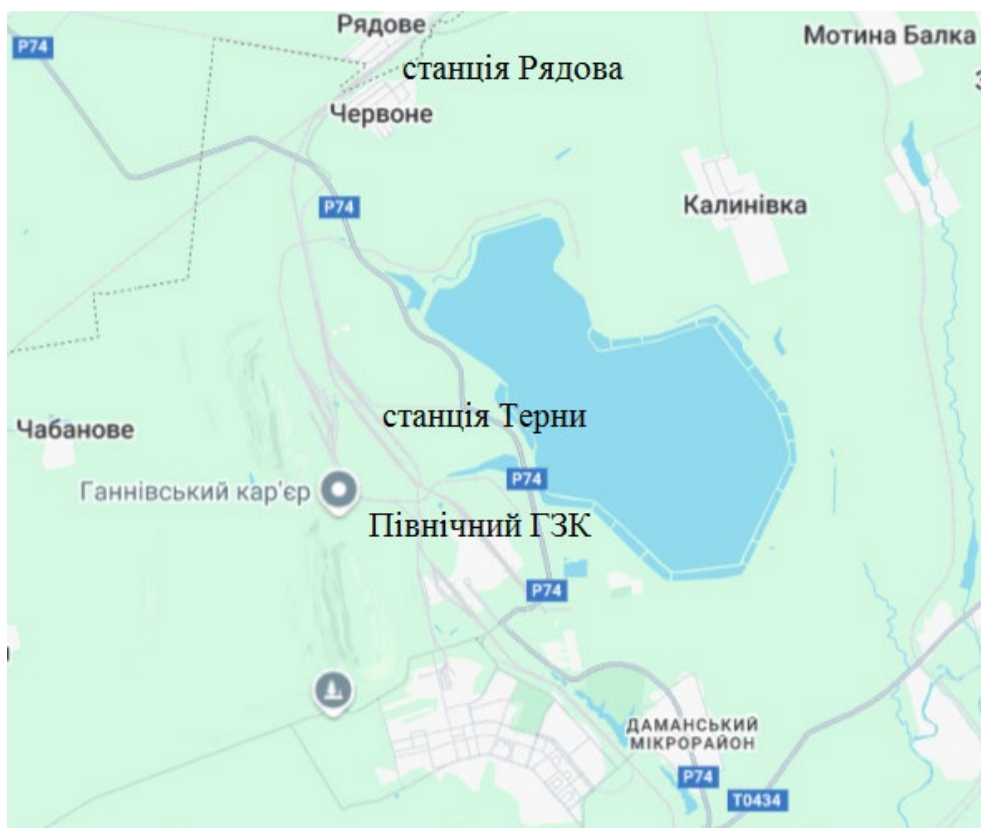


Рисунок 1.6 – Розташування Північного ГЗК, станцій Терни та Рядова

### 1.1.2 Аналіз транспортно-виробничої системи ЦГЗК

Центральний ГЗК (ЦГЗК) є єдиним підприємством в нашій країні, що здійснює відкритий та підземний видобуток залізної руди одночасно [4].

Виробничі потужності ЦГЗК забезпечують виготовлення до 6 млн тонн залізорудного концентрату і до 2,2 млн тонн котунів щорічно.

Окрім використання кар'єрного автотранспорту на доставці сировини до виробництва, на ЦГЗК також використовується залізничний транспорт, який доставляє її у саморозвантажувальних вагонах з боковим вивантаженням – думпкарах. Їх навантаження здійснюється кар'єрними екскаваторами – рисунок 1.7.



Рисунок 1.7 – Навантаження думпкарів на ЦГЗК екскаваторами

Готова продукція зберігається на складі, обладнаному машинами безперервної дії – рисунок 1.8 [4,5].



Рисунок 1.8 – Склад окатишів

У 2017 році підприємство придбало нове обладнання провідних світових компаній, завдяки якому став можливим випуск котунів однорідного розміру і більшої міцності.

Реконструкція передбачала суттєву модернізацію конвеєрного транспорту та встановлення сучасних дозаторів фірми Siemens, пристроїв автоматичного контролю за технологічним процесом тощо.

### **1.1.3 Аналіз транспортно-виробничої системи Полтавського ГЗК**

У Горішніх плавнях розташований найбільший ГЗК України – Полтавський, він є складовою компанії Ferrexpo, а продукція поставляється виключно на міжнародні ринки [6].

Проте, доцільно розглянути дане підприємство у якості можливого постачальника, оскільки ситуація у світі є досить мінливою та логістичні потреби і політичні та економічні фактори можуть обумовлювати буд-який розвиток подій.

Даний ГЗК є лідером з виробництва та експорту окатишів, виробляючи кожену другу тонну окатишів на своїх потужностях. Сировина доставляється з Горішньоплавненського та Лавриківського родовищ, запаси її становлять понад один мільярд тонн.

Гірничотransпортний цех ГЗК здійснює перевезення рудної сировини автотранспортом Komatsu, Hitachi, Caterpillar великої вантажопідйомності, яка сягає 220 т. Їх продуктивність за рік сягає 90 млн тонн вантажу.

З нижніх горизонтів кар'єру сировина доставляється до пунктів перевантаження на залізничний транспорту - у 120-тонні думпкери.

Загальна довжина залізничних колій підприємства складає понад 186 кілометрів, у тому числі 87 км – електрифікованих ліній.

Щорічно переміщується понад 50 млн тонн сировини. Її приймає переробний комплекс, що складається зі збагачувальної фабрики та цеху з виробництва котунів.

Потужність фабрики сягає 34 млн тонн на рік, а цеху з виробництва котунів – 10 млн тонн.

Загальний парк локомотивів ГЗК налічує 8 одиниць, з яких 4 – перебувають у робочому парку.

Відвантаження котунів у залізничні вагони також здійснюється з використанням машин безперервної дії – рисунок 1.9 [6].



Рисунок 1.9 – Завантаження котунів на Полтавському ГЗК

Продукція відвантажується на експорт через українські порти, до яких доставляється залізничним транспортом.

## 1.2 Характеристика транспортно-виробничої системи споживання котунів на ПАТ «Запоріжсталь»

Кінцевим пунктом споживання котунів на ПАТ «Запоріжсталь» є доменні печі, які виробляють рідкий чавун та шлак. Ця сировина є одним з кількох компонентів, які разом складають шихту, яка засипається до печей зверху за допомогою скіпових візків.

Завантаження скіпів здійснюється під бункерами доменного цеху. Саме до цих бункерів і доставляються котуни [7].

Над бункерами розташований парк «Бункери» залізничної станції Аглофабрика (рисунок 1.10) Південного залізничного району. Оскільки керування виробничими процесами здійснюється працівниками доменного цеху, ними ж здійснюється загальне керування технологічними процесами вивантаження сировини. Тобто вони завчасно вказують найменування вантажу, кількість та час його подавання працівниками залізничного управління. А останні, в свою чергу, завчасно інформують доменний цех щодо надходження вантажів до входної станції Східна, у тому числі – про підходи составів до неї.

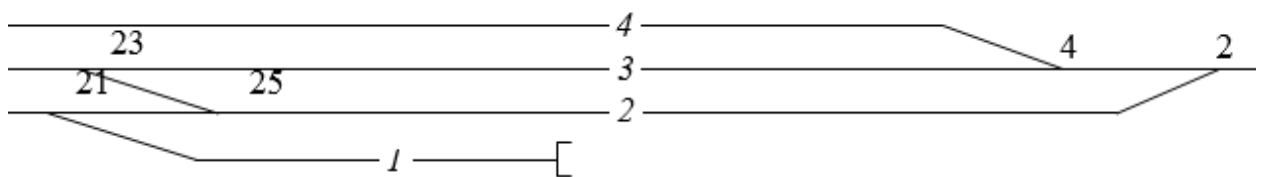


Рисунок 1.10 – Парк «Бункери»

В парку «Бункери» виконуються такі основні види робіт:

- вивантаження вугільного концентрату з автоматичних хоперів по 1-й і 2-й коліях бункерної естакади;

- вивантаження вугільного концентрату з піввагонів по 1-й колії бункерної естакади;
- вивантаження коксу з коксовозів і піввагонів по 2-й колії бункерної естакади;
- вивантаження окатишів з автоматичних хоперів, піввагонів по 2-й і 4-й консольній колії бункерної естакади;
- вивантаження металодобавлень з хоперів гачкового типу місцевого парку по 2-й і 3-й колії бункерної естакади;
- вивантаження агломерату по 3-й колії бункерної естакади;
- вивантаження браку агломерату по 4-й консольній колії бункерної естакади;
- вивантаження металодобавлень по 3-й колії парку з автоматичних хоперів;
- навантаження металодобавлень, окатишів, вугільного концентрату на 4-й консольній колії;
- інші роботи, передбачені затвердженими по комбінату заходами на час проведення ремонтних робіт об'єктів.

Четверта колія парку «Бункери» має особливості, на відміну від інших, оскільки вантажі на ній розвантажуються не до бункерів, а безпосередно висипаються з вагонів крізь решітки на рудний двір, який є відкритим складом, що обслуговується рудно-козловими перевантажувачами.

На рисунку 1.11 наочно показаний достатньо інтенсивний процес транспортного сервісу парку «Бункери»:

- по колії 1 забезпечується подача вугілля;
- на колію 3 рухається состав із агломератом власного виробництва від аглофабрики агломераційного цеху;
- на колії 4 виконується розвантаження вапняка.

Штабель вапняку є першим штабелем вантажів рудного двору зі сторони заїзду до парку «Бункери».



Рисунок 1.11 – Організація робіт в західній частині парку «Бункери»

Вивантаження котунів здійснюється у протилежній частині рудного двору по колії 4 або по колії 2 – у місцях, які вказує бригадир бункерів.

Враховуючи, що на колії 2 також можуть вивантажуватись інші вантажі, зокрема, доменний кокс та металодобавлення, задача організації вивантаження котунів є достатньо складною.

У випадку вивантаження на 4 колію, з часом, постане завдання перебазування котунів звідси до 2-ї колії бункерів, для чого необхідно буде задіяти вагони місцевого парку комбінату.

Крім того, час надходження котунів на станцію Східну характеризується певною невизначеністю через випадкові фактори доставки составу до підприємства. Через це, та вказані вище технологічні особливості вивантаження, кількість вагонів з котунами на підприємстві має значні коливання, що показано на рисунку 1.12.

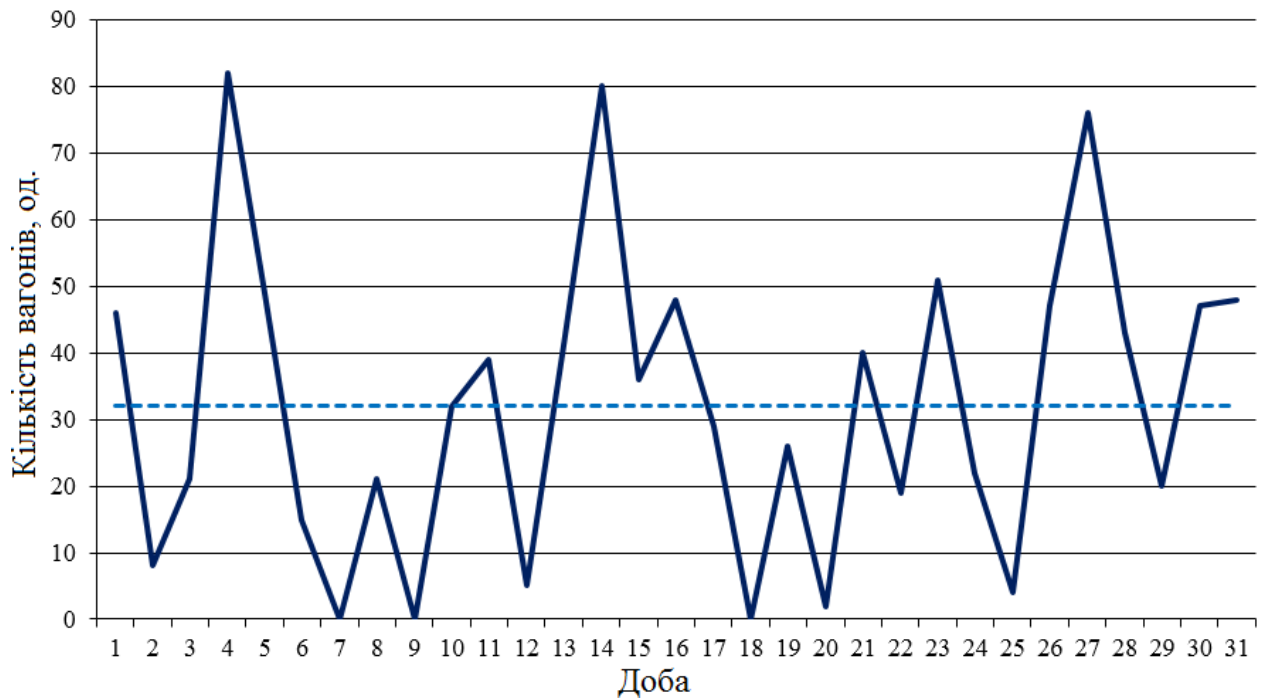


Рисунок 1.12 – Кількість вагонів з котунами на підприємстві на кінець звітної доби протягом місяця

Пунктирною лінією показане середнє значення залишку вагонів з котунами на кінець доби.

Відповідно, тривалість вивантаження вагонів з котунами також носить випадковий характер, що демонструє діаграма щільності ймовірності часу вивантаження составів з цим вантажем на підприємстві – рисунок 1.13.

Мінімальний та максимальний термін вивантаження можуть відрізнитись у три рази між собою.

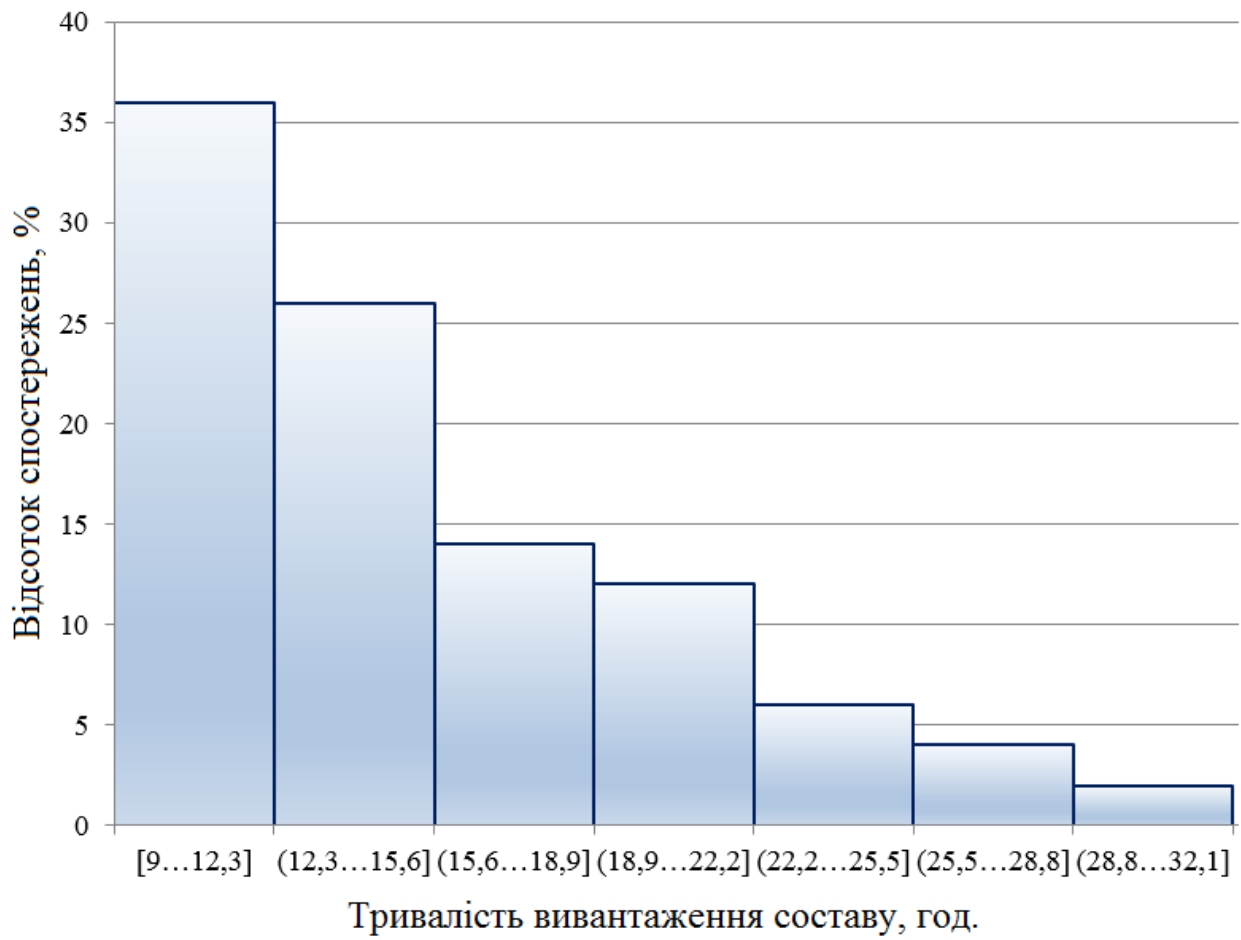


Рисунок 1.13 – Діаграма щільності ймовірності часу вивантаження составів з котунами на підприємстві

Параметр кількості хоперів з котунами у маршрутних складах, відповідно до проаналізованої вибірки у 50 значень, має такі статистичні характеристики:

- мінімально 39 хоперів;
- максимально 60 хоперів;
- середня кількість 50 хоперів;
- стандартне відхил. 6,23 хопери.

Діаграма розподілу щільності ймовірності даної випадкової величини показана на рисунку 1.14.

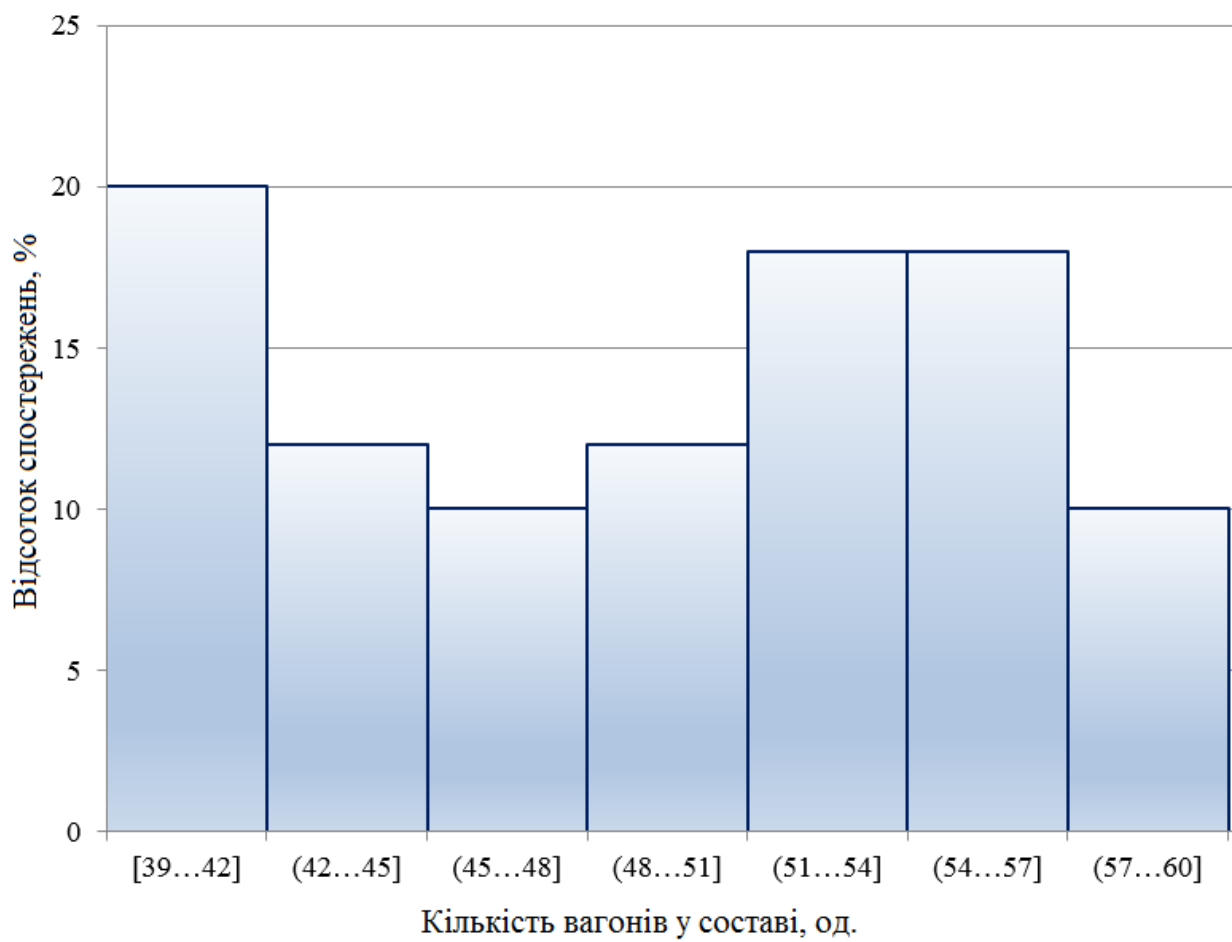


Рисунок 1.14 – Аналіз розподілу кількості хоперів у составах з котунами

Характеристика колійного розвитку парку «Бункери» наведена у таблиці 1.1 [7].

Таблиця 1.1 – Характеристика колійного розвитку парку «Бункери»

| Колія | Функціональне<br>призначення колії                | СП, що<br>обмежують<br>колію |      | Кори-<br>сна дов-<br>жина | Міст-<br>кість,<br>вагонів |
|-------|---------------------------------------------------|------------------------------|------|---------------------------|----------------------------|
|       |                                                   | від                          | до   |                           |                            |
| 1П    | Вивантаження<br>вагонів (вугільний<br>концентрат) | 21                           | упор | 185 м                     | 12                         |

Кінець таблиці 1.1

| Колія | Функціональне<br>призначення колії                          | СП, що<br>обмежують<br>колію |    | Кори-<br>сна дов-<br>жина | Міст-<br>кість,<br>вагонів |
|-------|-------------------------------------------------------------|------------------------------|----|---------------------------|----------------------------|
|       |                                                             | від                          | до |                           |                            |
| 2 П   | Вивантаження<br>вагонів (кокс, котуни,<br>металодобавлення) | 25                           | 2  | 590 м                     | 37                         |
| 3 П   | Вивантаження<br>вагонів (агломерат)                         | 23                           | 4  | 660 м                     | 41                         |
| 4 П   | Вивантаження<br>вагонів (вапняк, котуни)                    | 15                           | 4  | 720 м                     | 45                         |
| 1 АП  | Приймання і відправлення<br>поїздів                         | 5                            | 21 | 187 м                     | 12                         |

Для доставки котунів розроблений спеціалізований рухомий склад – окатишевози.

Основні експлуатаційні характеристики сучасних моделей окатишовозів [8]:

- вантажопідйомність 70,5 т;
- місткість кузова 45,0 м<sup>3</sup>;
- тара вагону 23,5 т;
- база вагону 7 780 мм;
- довжина по осях автозчеплень 12 м;
- кількість розвантажувальних люків 2;

- міжремонтний пробіг 210 тис. км;
- термін служби 15 років.

Загальний вигляд вагону-окатишевозу виробництва Крюківського вагонобудівного заводу показаний на рисунку 1.15.



Рисунок 1.15 – Вагон для перевезення котунів

Завдяки меншій довжині окатишевозу у порівнянні з напіввагоном, прийняття маршрутних составів станціями Східна та Південна [9-12], які є складовими маршруту просування вантажопотоку до станції Аглофабрика, значно спрощується через відповідну місткість паркових колій.

Навіть у зимовий період до камер розмороження вміщується більша кількість хоперів-окатишовозів (17 одиниць), ніж традиційних для металургійної галузі піввагонів (15 одиниць).

### **1.3 Підсумковий аналіз та постановка завдань дослідження ефективності різних технологій вивантаження котунів на бункерній естакаді доменного цеху**

В сучасних умовах військових дій в Україні необхідно бути готовим до зміни та ускладнення логістичних ланцюгів постачання сировини.

Це також не є виключенням для підприємств металургійної галузі, зокрема і – комбінату «Запоріжсталь».

Вже на даний час підприємство не здатне отримувати:

- залізну руду високої якості з Запорізького залізорудного комбінату у м. Дніпрорудне;
- вапняку для флюсування з донецьких та кримських родовищ;
- вугілля, коксу та ін. сировини від підприємств Донецької області, які раніше були традиційними постачальниками.

В ході аналітичного аналізу встановлені основні джерела можливого постачання котунів:

- компанії групи Метінвест – ПівНГЗК (північний гірничо-збагачувальний комбінат), ЦГЗК (центральный гірничо-збагачувальний комбінат);
- Полтавський гірничо-збагачувальним комбінатом компанії Ferrexpo.

Проаналізовані технології виробництва та відвантаження, потужності даних підприємств.

Встановлений загальний характер транспортно-виробничих зв'язків та технологічний процес організації вивантаження котунів на підприємстві Запоріжсталь.

В ході роботи планується розробити імітаційну модель, що враховує стохастичний характер надходження составів з котунами на підприємство, вплив різних технологічних процесів з метою визначення раціональної стратегії управління процесами доставки та вивантаження котунів в доменному цеху комбінату Запоріжсталь.

## 2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

### 2.1 Аналіз інтенсивності надходження составів з котунами на підприємство

На основі даних минулорічних періодів надходження котунів зі станцій Рядова та Терни виконаємо статистичний аналіз інтервалів прибуття до споживача [13].

На рисунку 2.1 показана діаграма щільності ймовірності інтервалів надходження котунів зі станцій Рядова та Терни.

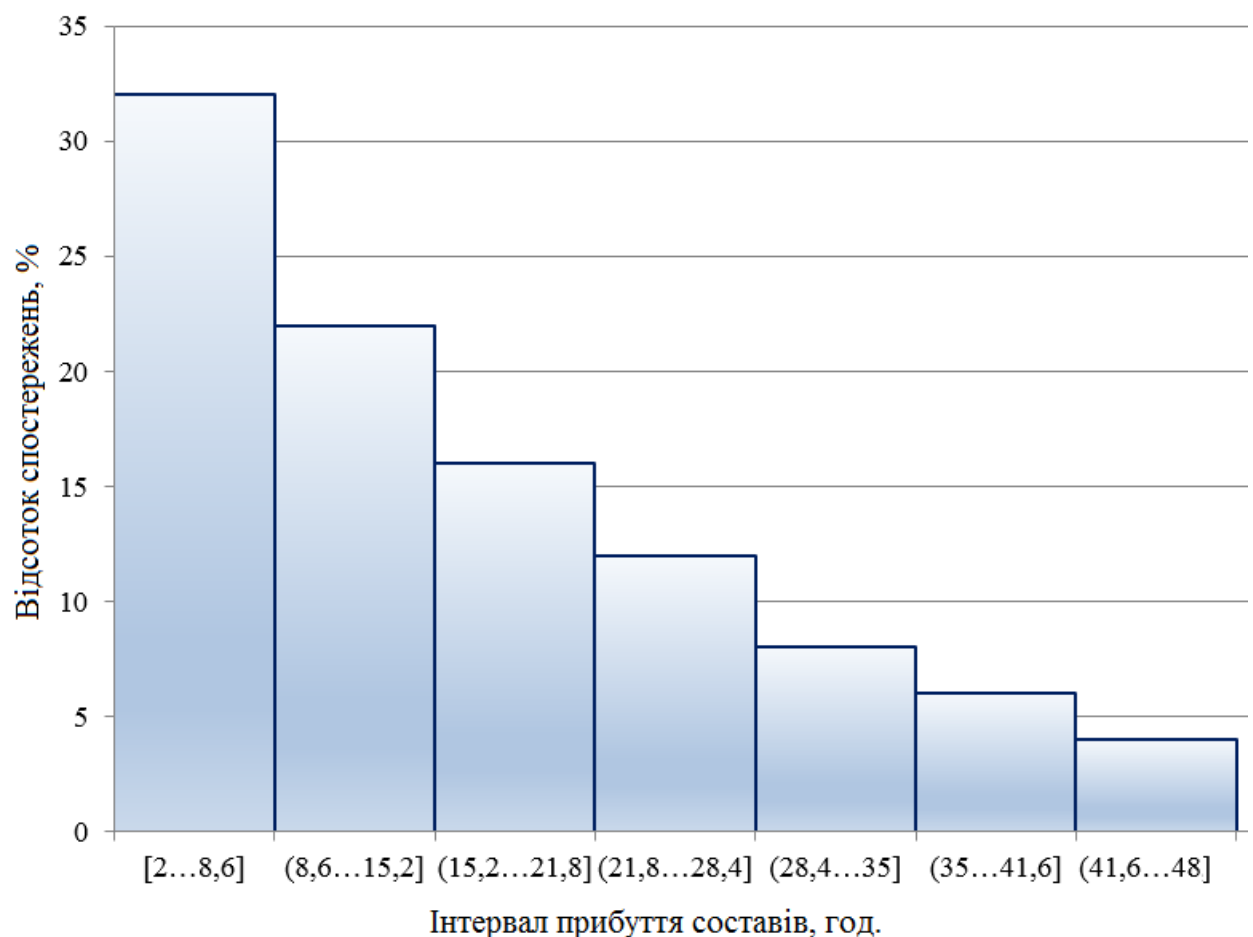


Рисунок 2.1 – Діаграма щільності ймовірності інтервалів надходження котунів зі станцій Рядова та Терни

Характеристики вибірки інтервалів надходження котунів зі станцій Рядова та Терни:

- мінімальний час: 2 год.;
- максимальний інтервал: 48 год.;
- середній інтервал часу: 24 год.;
- стандартне відхилення: 11,5 год.

Визначаємо, що за формою даний розподіл можна трактувати, як експоненціальний.

## 2.2 Розробка моделі ZST\_pellets\_2024 доставки та вантажопереробки котунів в умовах комбінату Запоріжсталь

### 2.2.1 Реалізація блоку процесів надходження котунів на підприємство

Блок процесів надходження котунів на підприємство показаний на рисунку 2.2.

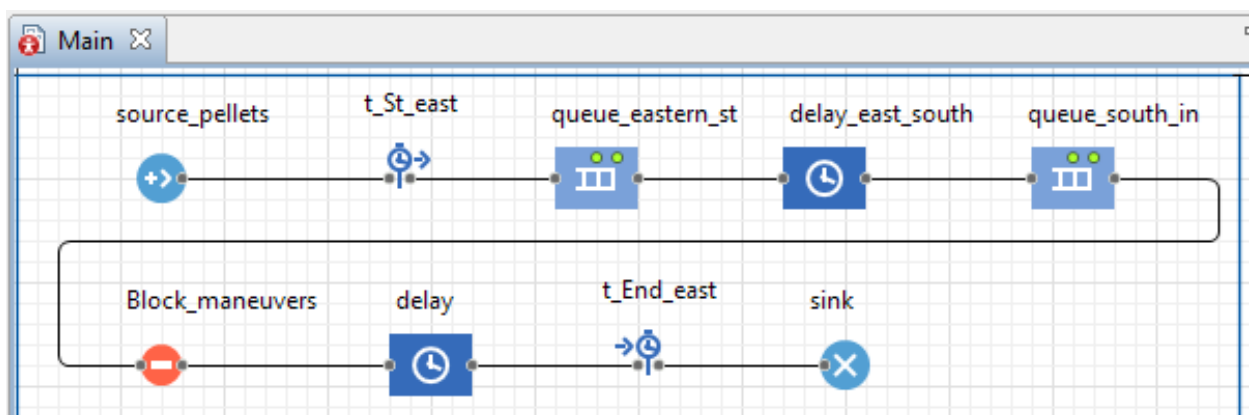


Рисунок 2.2 – Блок процесів надходження котунів на підприємство

У першому елементі `source_pellets` використовуємо отримані у підрозділі 2.1 результати статистичного аналізу надходження котунів зі станцій Рядової та Тернів – рисунок 2.3.

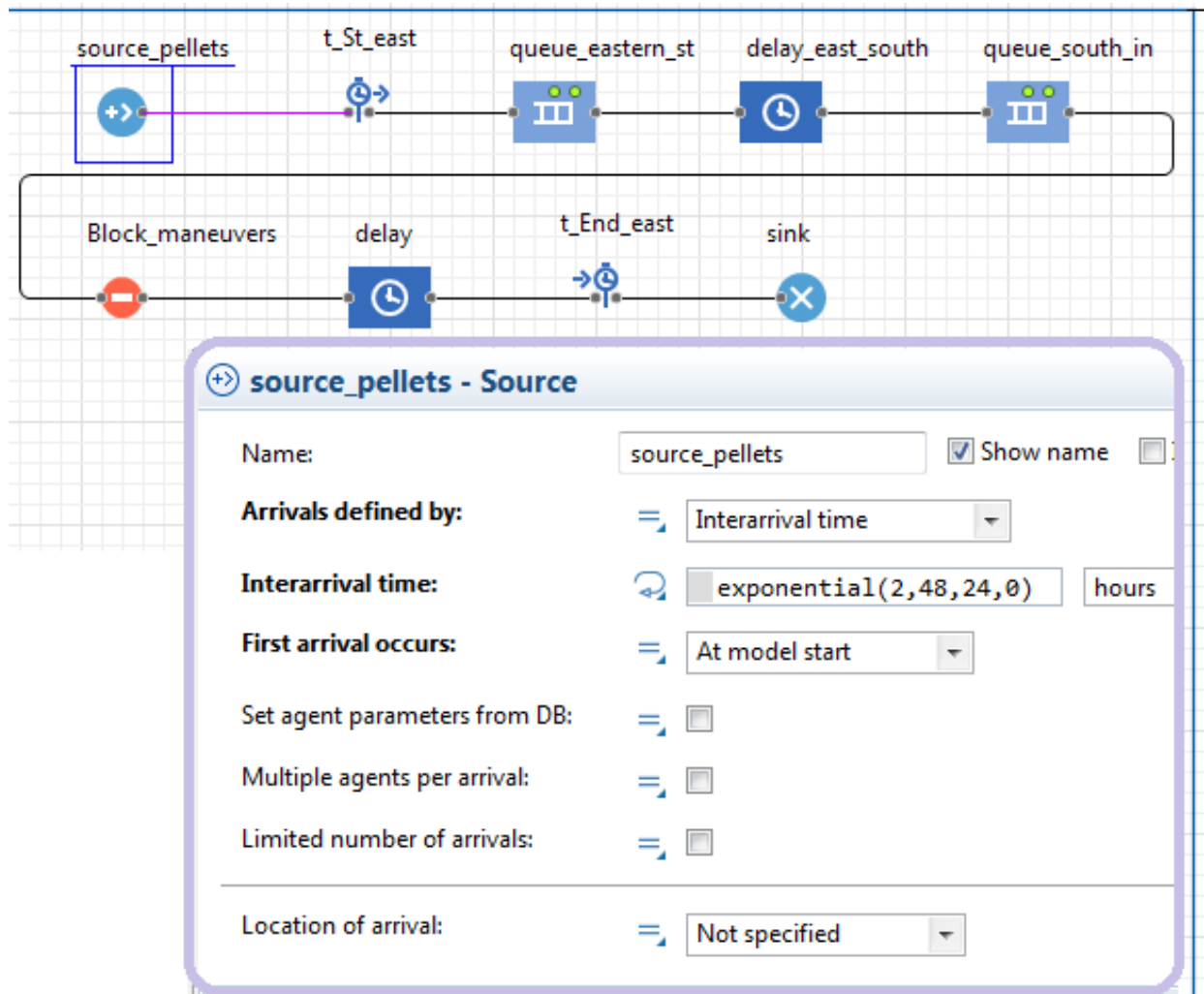


Рисунок 2.3 – Елемент `source_pellets`

Починаючи зі старту моделі `ZST_pellets_2024` через інтервали часу, які визначаються виразом:

`exponential(2,48,24,0),`

генеруються замовлення – хоперні состави з котунами.

Елемент `t_St_east` початку вимірювання часу входу замовлень розміщуємо наступним за `source_pellets` – рисунок 2.4.

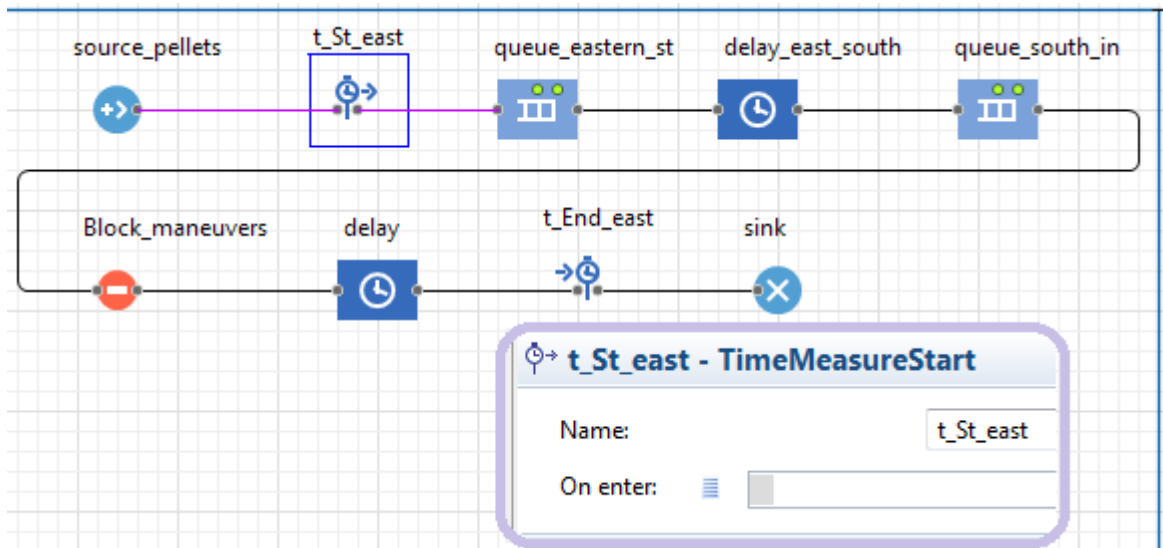


Рисунок 2.4 – Елемент `t_St_east`

Після елементу `t_St_east` розміщуємо чергу `queue_eastern_st`, що імітує перебування составів з котунами на коліях до відправлення на підприємство – рисунок 2.5.

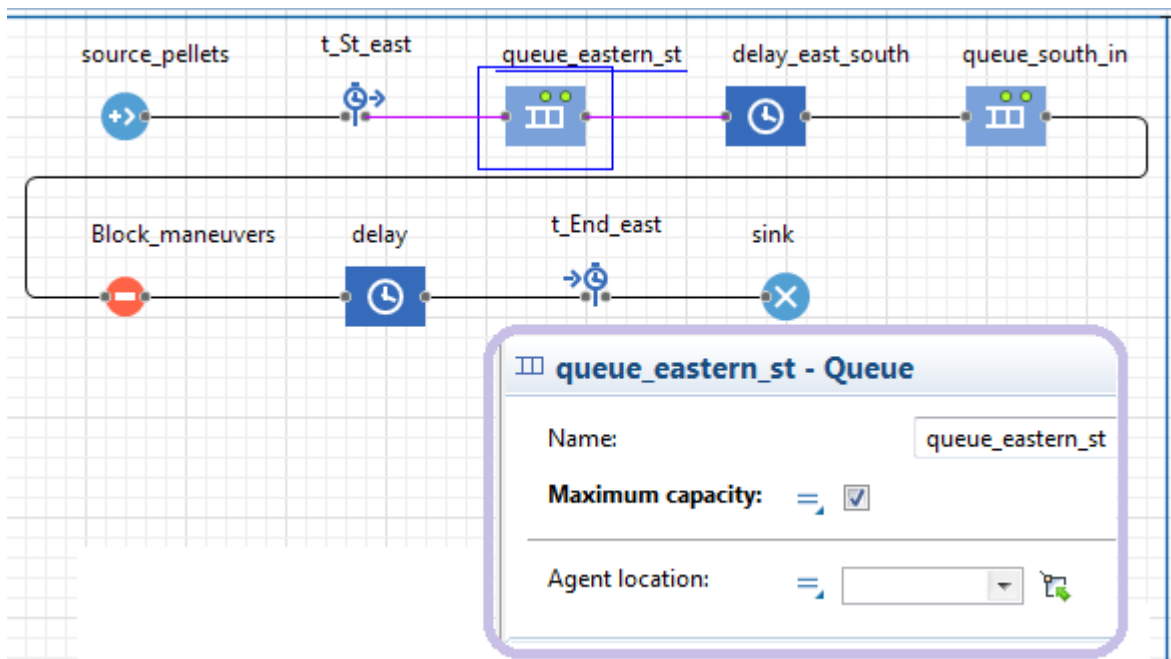


Рисунок 2.5 – Черга `queue_eastern_st`

Елемент `delay_east_south` виконує затримку просування замовлення, що відповідає часу доставки котунів до станції Південна – рисунок 2.6.

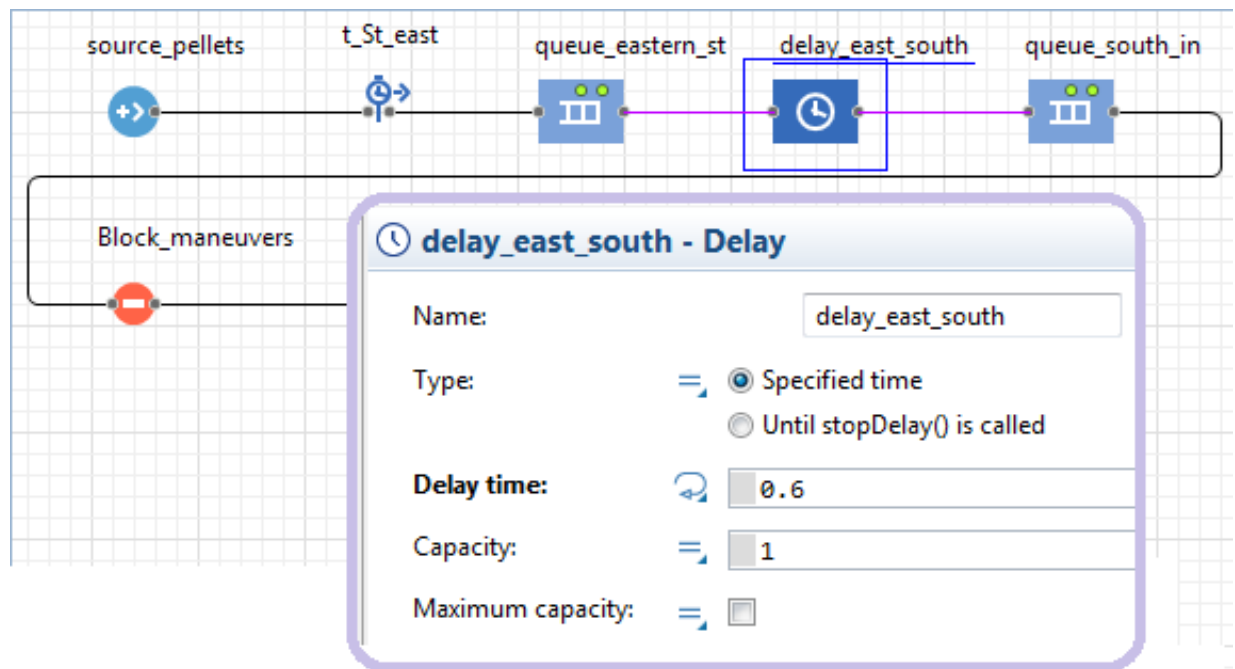


Рисунок 2.6 – Елемент `delay_east_south`

Після `delay_east_south` состав потрапляє на перегін перед вхідним сигналом – замовлення знаходиться у черзі `queue_south_in`, що показана на рисунку 2.7.

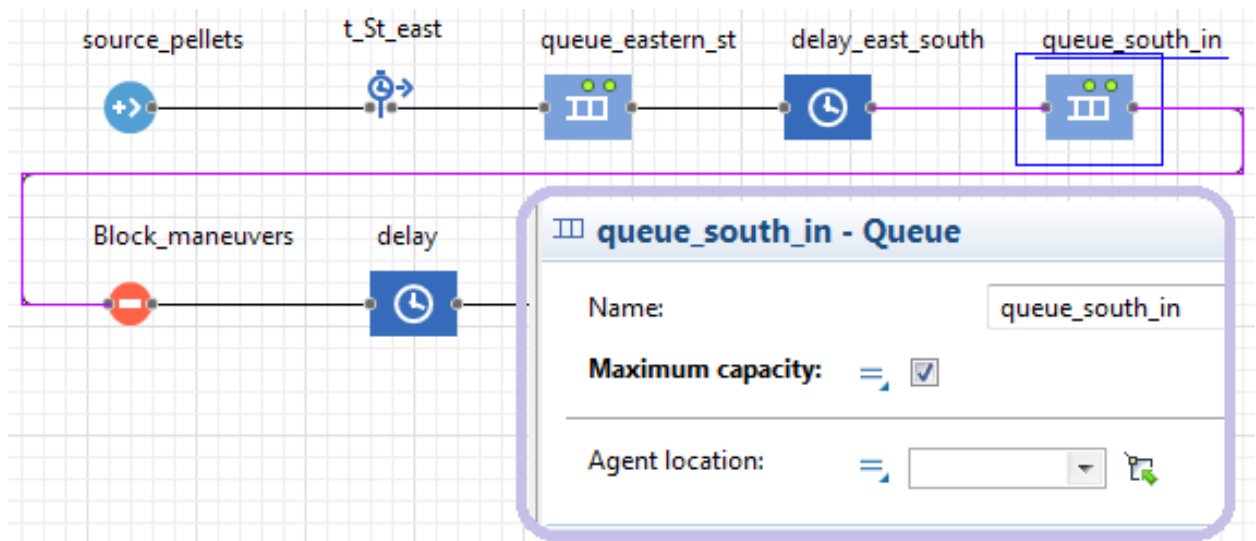


Рисунок 2.7 – Черга `queue_south_in`

У випадку проведення маневрів з формування составу-подачі котунів до фронту вивантаження на станції Аглофабрика, замовлення-поїзд блокується на перегоні перед входним сигналом Південної елементом Block\_maneuvers – рисунок 2.8.

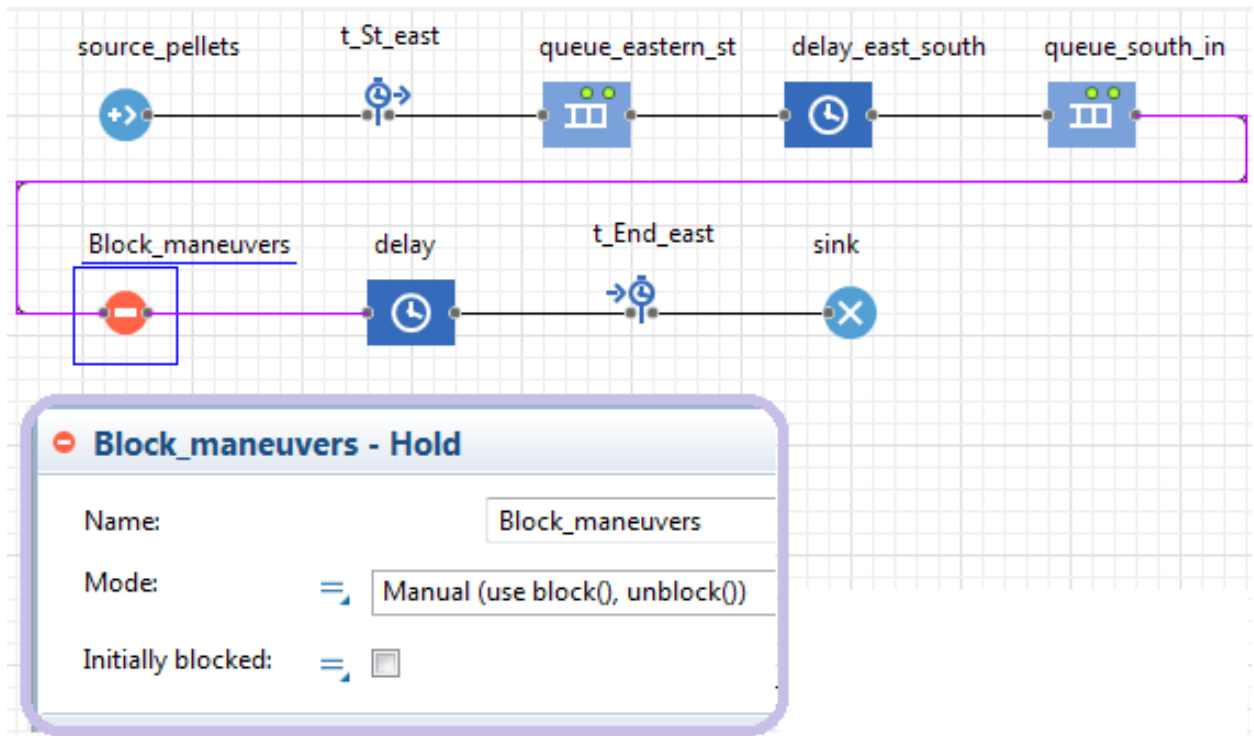


Рисунок 2.8 – Елемент Block\_maneuvers

Керування елементом Block\_maneuvers здійснюється з останнього блоку програми ZST\_pellets\_2024 імітації роботи локомотиву з перевезення котунів в Південному районі.

Елемент delay виконує затримку з імітації руху составу по східній горловині Південної станції – рисунок 2.9.

Після нього вимірюється проміжок часу просування замовлень між елементами t\_End\_east та t\_St\_east.

Цей процес реалізується в елементі t\_End\_east, який показаний на рисунку 2.10.

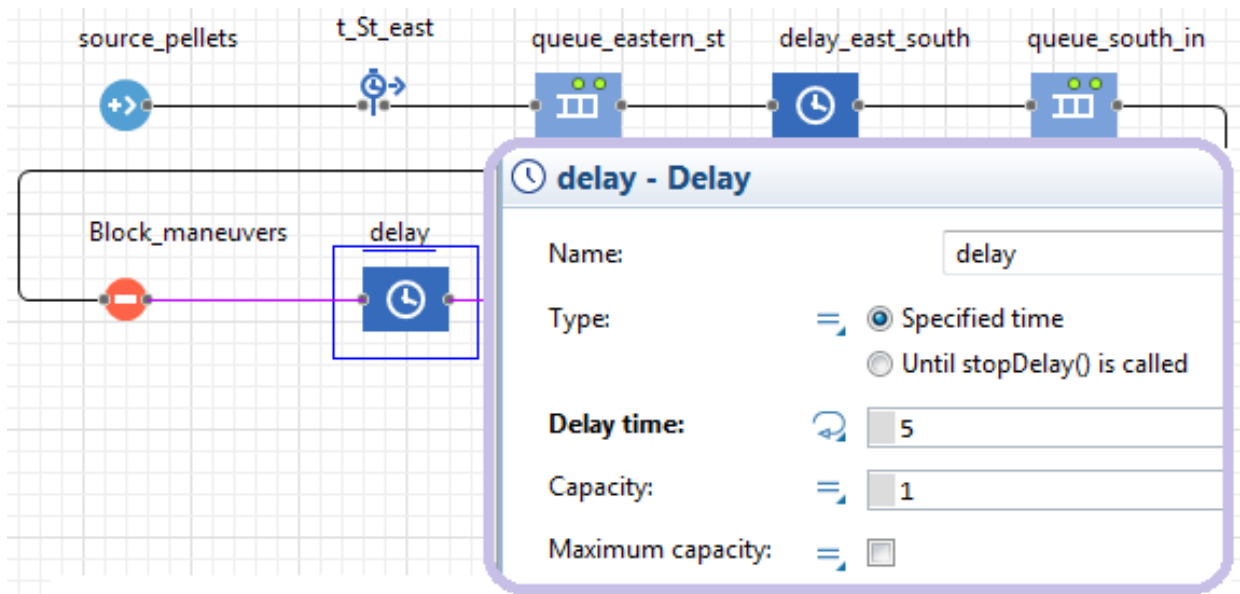


Рисунок 2.9 – Елемент delay

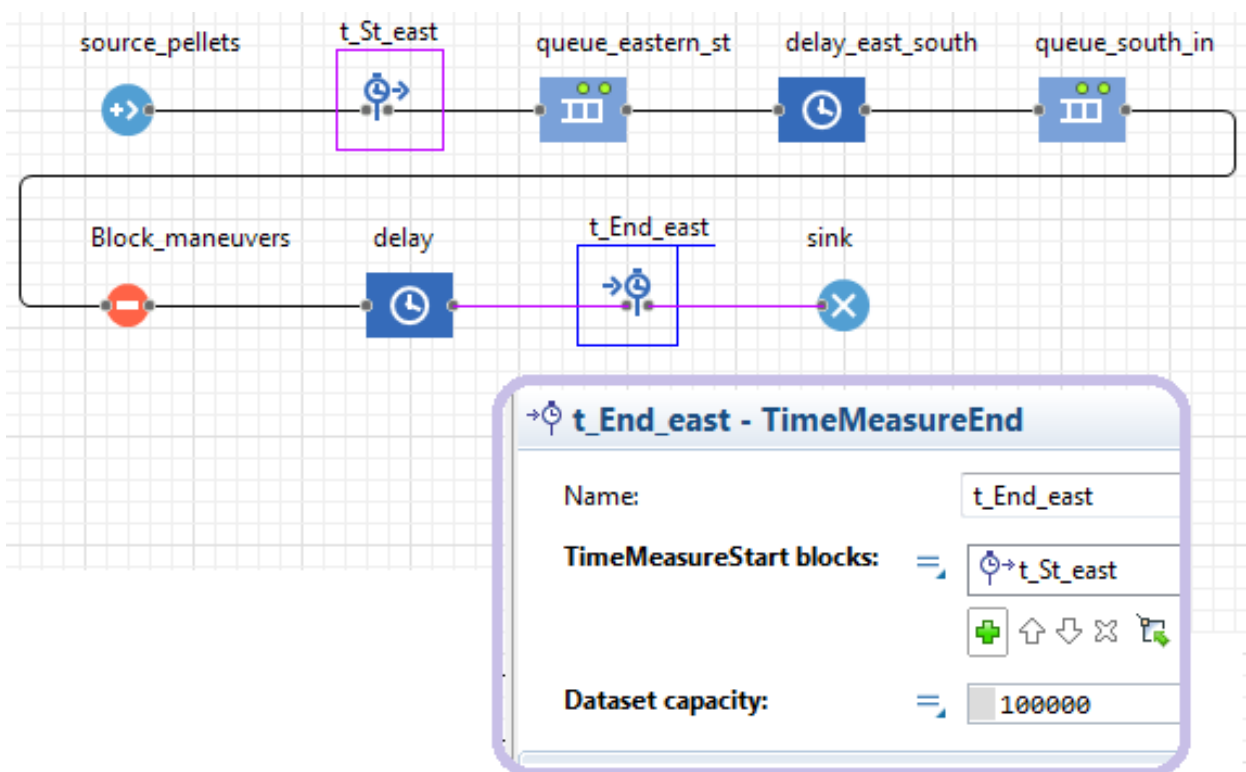


Рисунок 2.10 – Елемент t\_End\_east

Завершує блок процесів надходження котунів на підприємство елемент sink – рисунок 2.11.

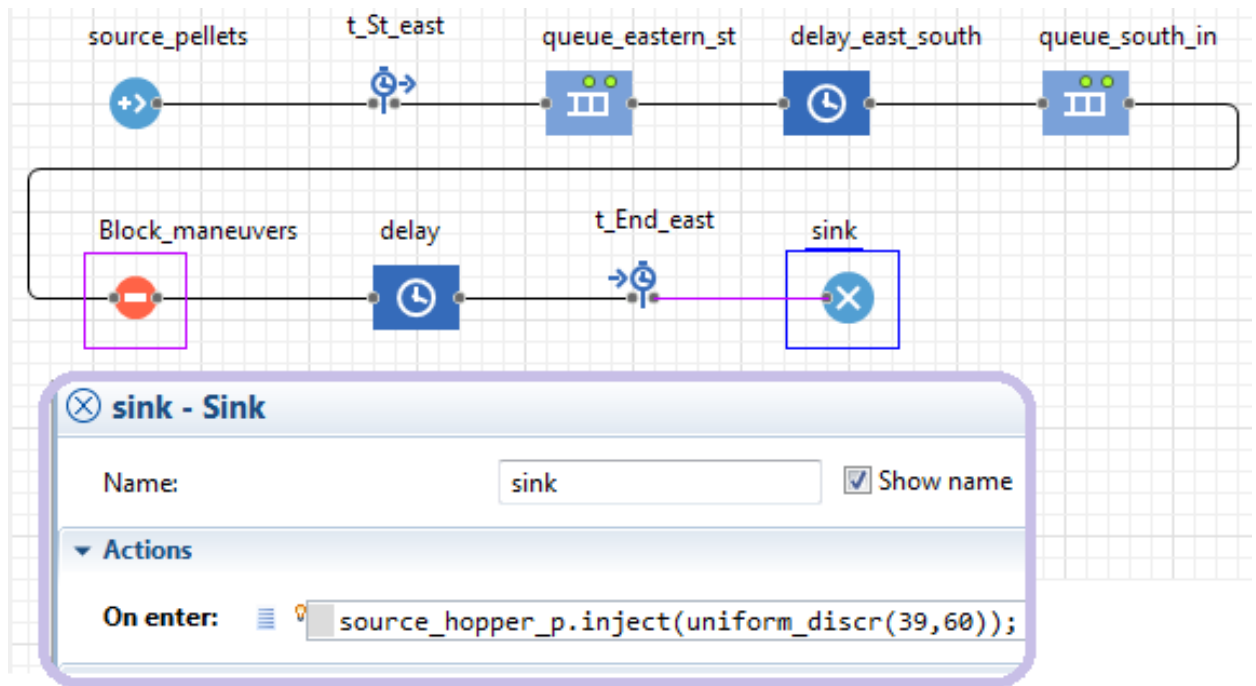


Рисунок 2.11 – Елемент sink

Через використання коду в елементі sink:

```
source_hopper_p.inject(uniform_discr(39,60));
```

в наступному блоці процесів вантажопереробки котунів в умовах Південного залізничного району викликаються замовлення, що імітують окремі вагони з цим вантажем.

### 2.2.2 Реалізація блоку процесів вантажопереробки котунів в умовах Південного залізничного району

Блок процесів вантажопереробки котунів в умовах Південного залізничного району показаний на рисунку 2.12.

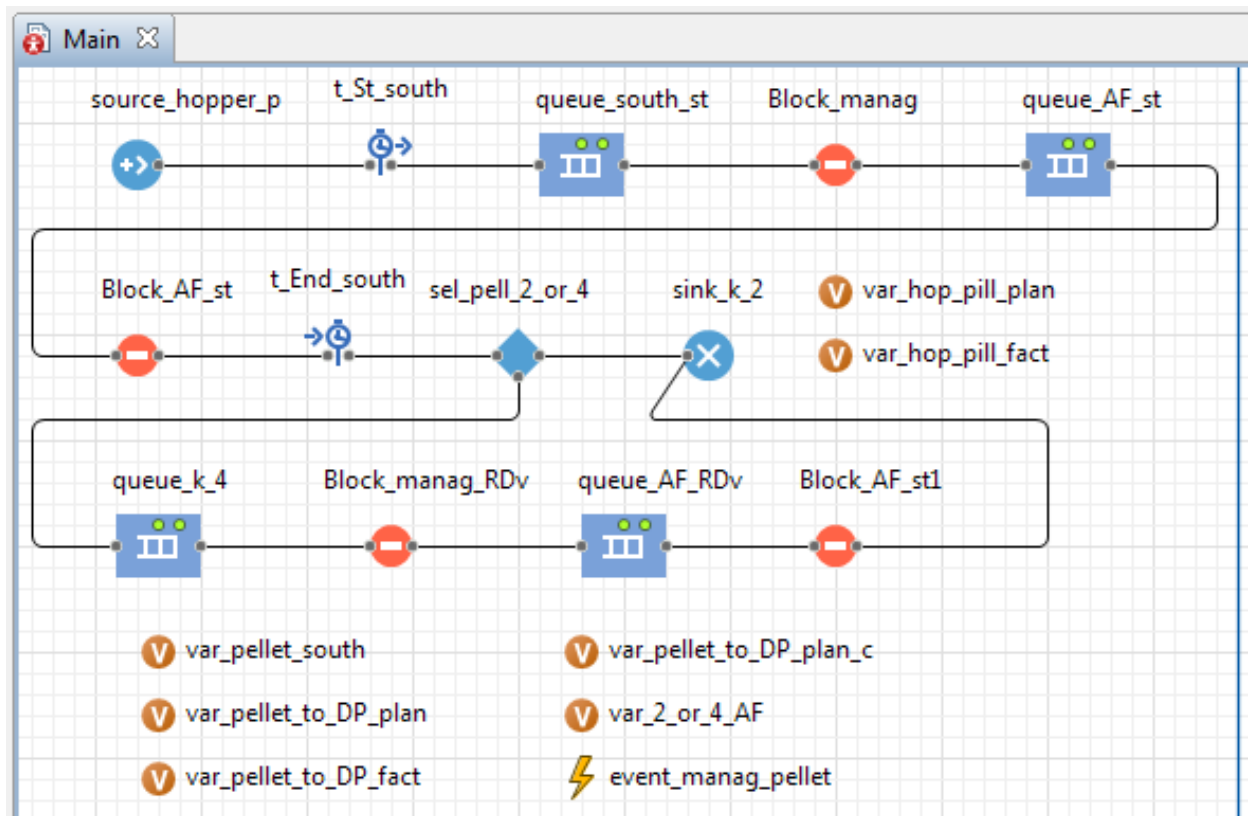


Рисунок 2.12 – Блок процесів вантажопереробки котунів в умовах Південного залізничного району

Елемент `source_hopper_p` передає замовлення-хопери з котунами до елементу `t_St_south` – рисунки 2.13 та 2.14.

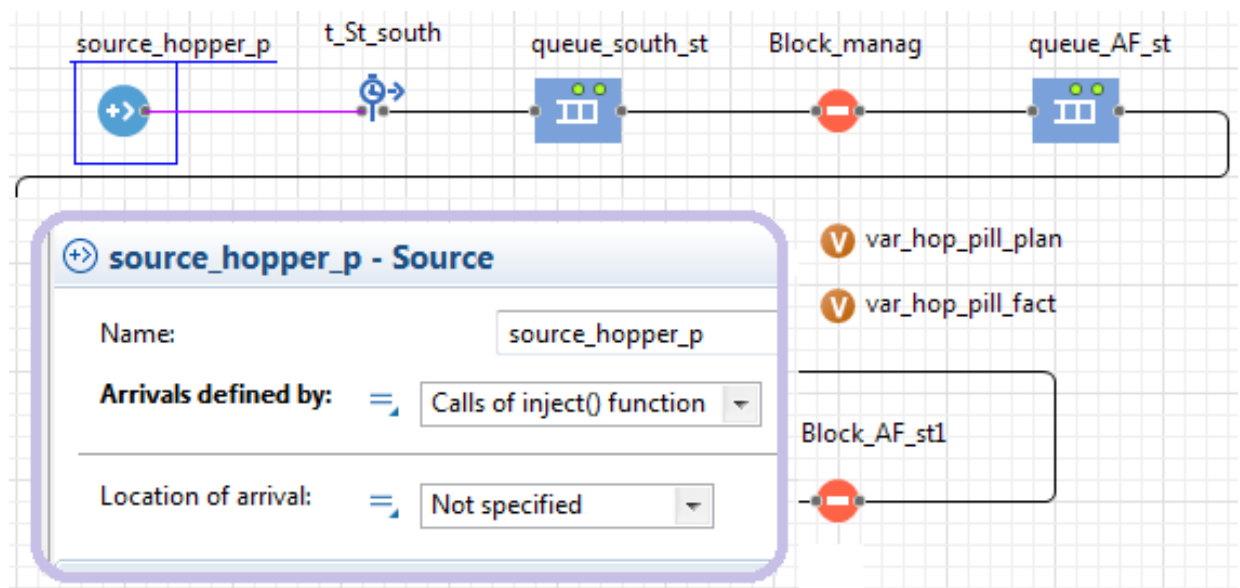
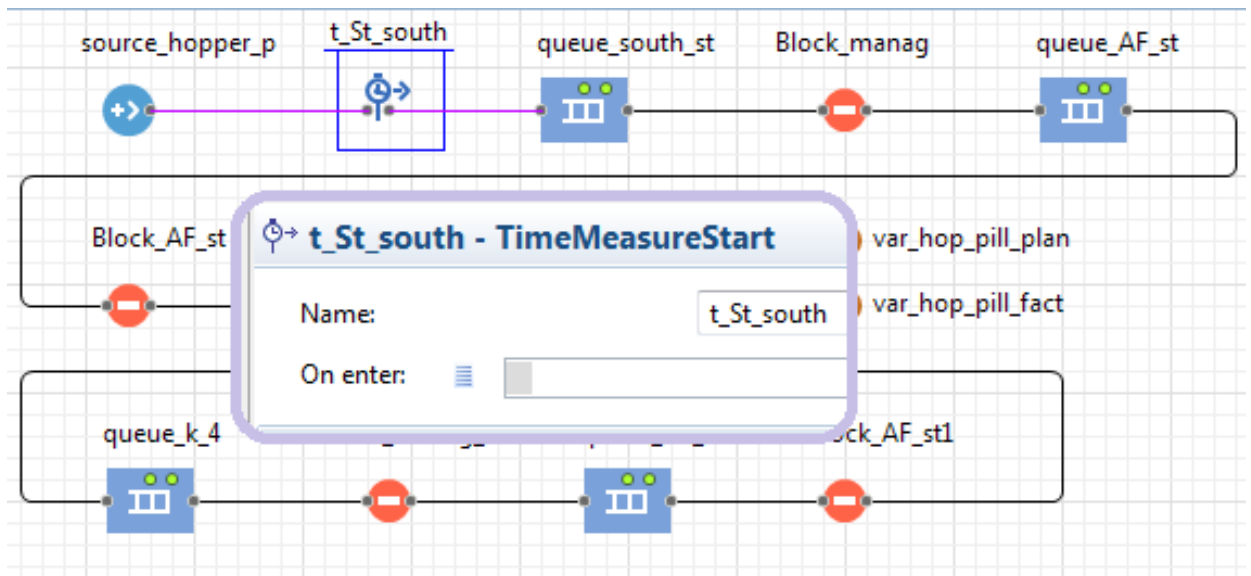
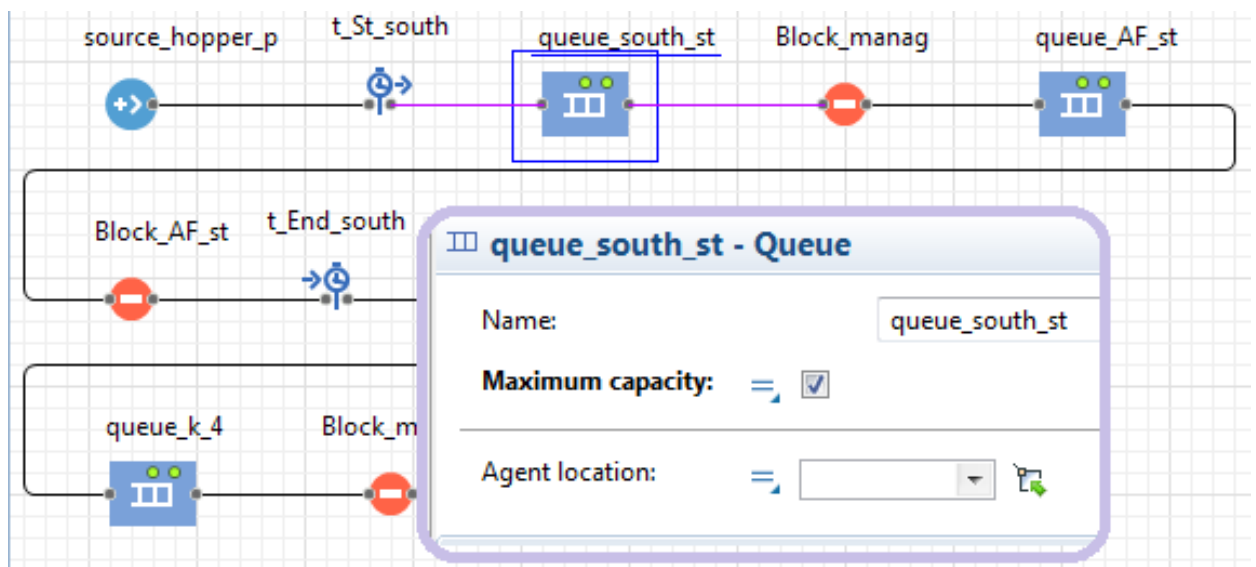


Рисунок 2.13 – Елемент `source_hopper_p`

Рисунок 2.14 – Елемент **t\_St\_south**

Елемент-черга **queue\_south\_st** (рисунок 2.15) імітує перебування вагонів на коліях Південної станції в очікуванні розблокування виходу з неї елементом **Block\_manag** – рисунок 2.16.

Вихід через елемент **Block\_manag** означає процес формування подачі вагонів з котунами для подавання її до вивантаження на бункери станції Аглофабрика.

Рисунок 2.15 – Елемент-черга **queue\_south\_st**

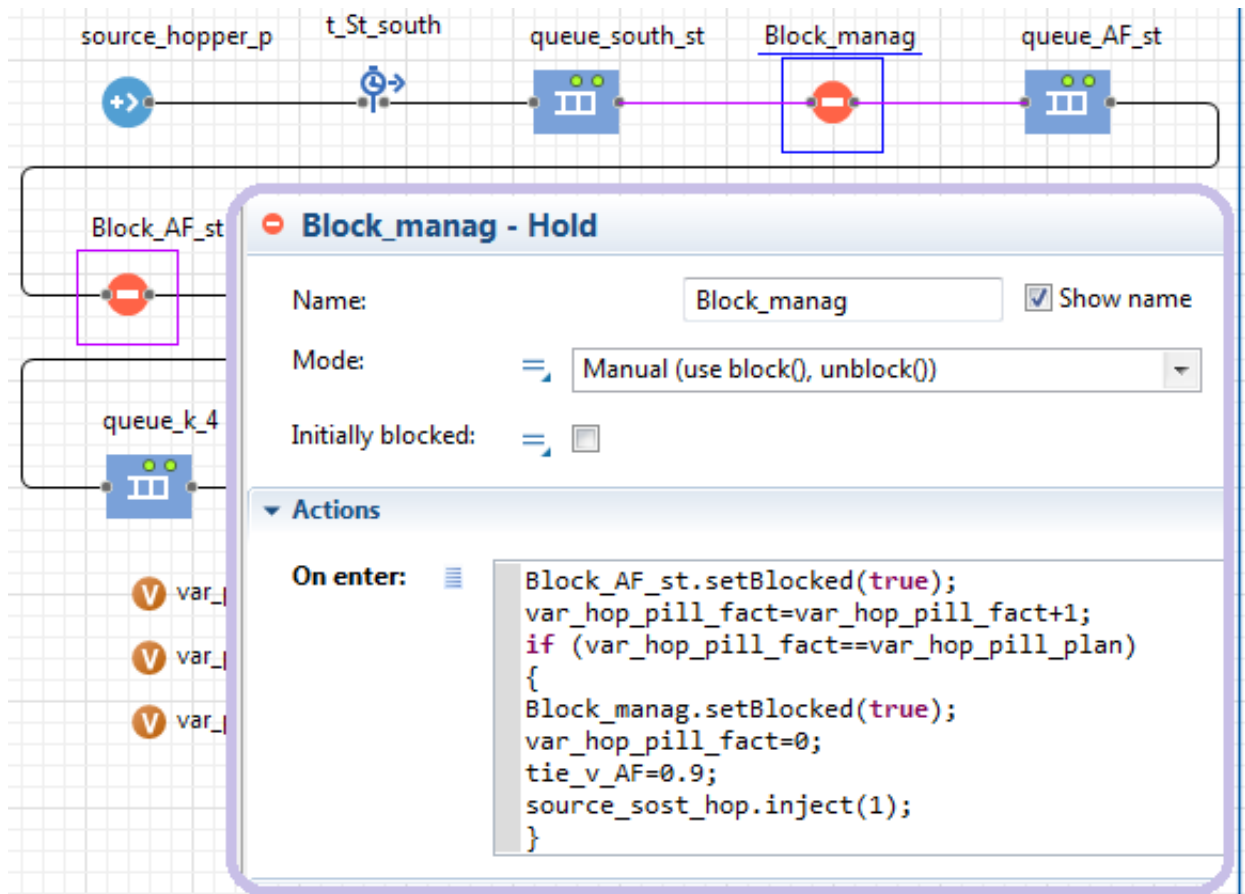


Рисунок 2.16 – Елемент Block\_manag

Елемент Block\_manag містить код:

```
Block_AF_st.setBlocked(true);
var_hop_pill_fact=var_hop_pill_fact+1;
if (var_hop_pill_fact==var_hop_pill_plan)
{
Block_manag.setBlocked(true);
var_hop_pill_fact=0;
tie_v_AF=0.9;
source_sost_hop.inject(1);
}
```

який забезпечує пропуск кількості вагонів, які не перевищують встановлений ТРА [11] розмір подачі var\_hop\_pill\_plan – 9 вагонів.

Керується елемент Block\_manag елементом event\_manag\_pellet – рисунок 2.17.

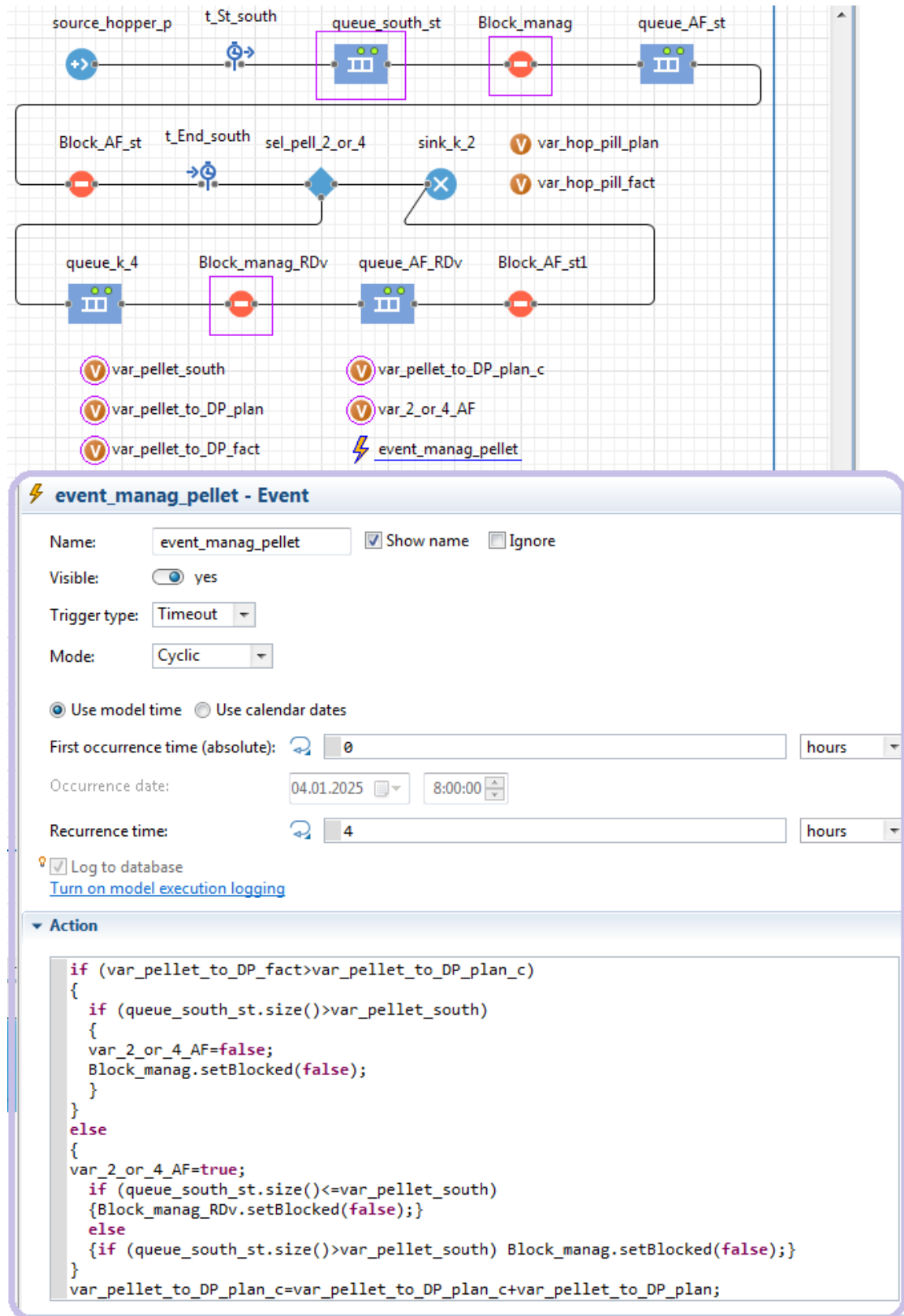


Рисунок 2.17 – Элемент event\_manag\_pellet

Даний елемент з періодичністю 4 години виконує код:

```

if (var_pellet_to_DP_fact>var_pellet_to_DP_plan_c)
{
    if (queue_south_st.size()>var_pellet_south)
    {
        var_2_or_4_AF=false;
        Block_manag.setBlocked(false);
    }
}
else
{
    var_2_or_4_AF=true;
    if (queue_south_st.size()<=var_pellet_south)
    {Block_manag_RDv.setBlocked(false);}
    else
    {if (queue_south_st.size()>var_pellet_south)
Block_manag.setBlocked(false);}
}
    var_pellet_to_DP_plan_c=var_pellet_to_DP_plan_c+var_pellet_to_DP_plan
;

```

завдяки якому встановлюється, чи перевищують обсяги вивантаження до приймальних бункерів доменних печей плановий показник, та, в залежності від цього, через блокування/розблокування елементів-блокаторів, замовлення спрямовуються до 2-ї колії парку бункери або на склад котунів на рудному дворі – через вивантаження на 4-й колії.

При цьому дотримується встановлений дослідником обсяг зберігання котунів у вагонах на парку станції Південній – змінна var\_pellet\_south.

По закінченні формування подачі, в елементі Block\_manag викликається замовлення для процедури опису роботи локомотива в останньому блоці програми ZST\_pellets\_2024, який буде розглянутий у наступному підрозділі.

В елементі queue\_AF\_st зберігається чергова подача котунів до закінчення обробки попередньої подачі – рисунок 2.18.

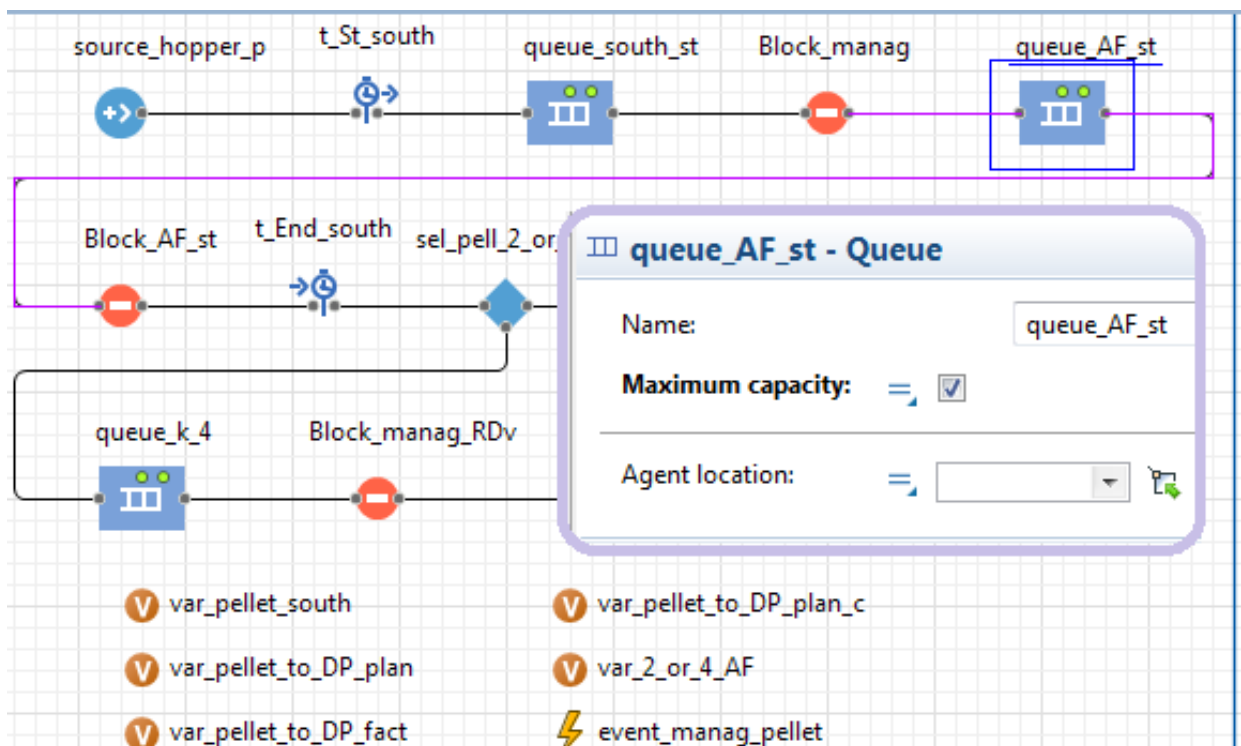


Рисунок 2.18 – Елемент queue\_AF\_st

В цій черзі замовлення блокуються елементом Block\_AF\_st – рисунок 2.19. Розблокування відбувається останнім елементом блоку управління локомотивом, при його звільненні від попередньої маневрової та поїзної роботи.

Після цього фіксується час закінчення користування вагонами в системі вивантаження Південного залізничного району, що здійснює елемент `t_End_south` – рисунок 2.20.

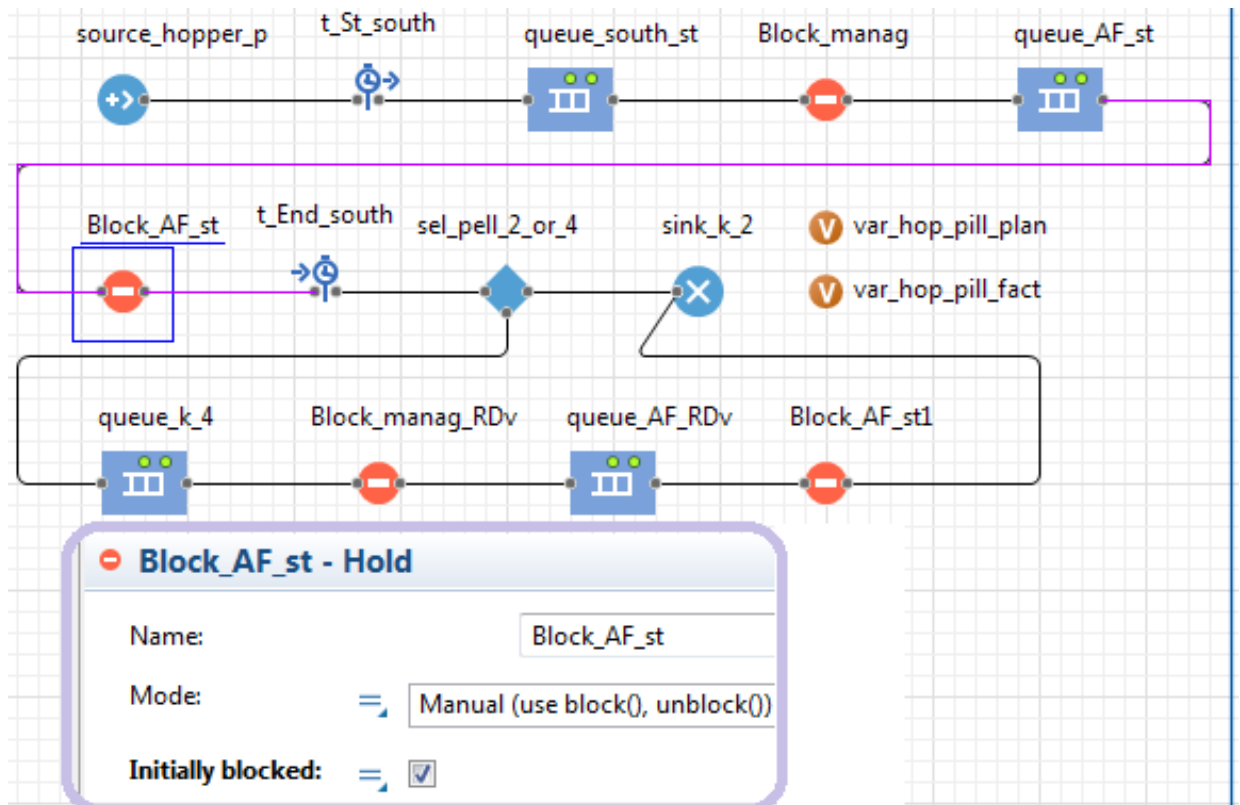


Рисунок 2.19 – Элемент Block\_AF\_st

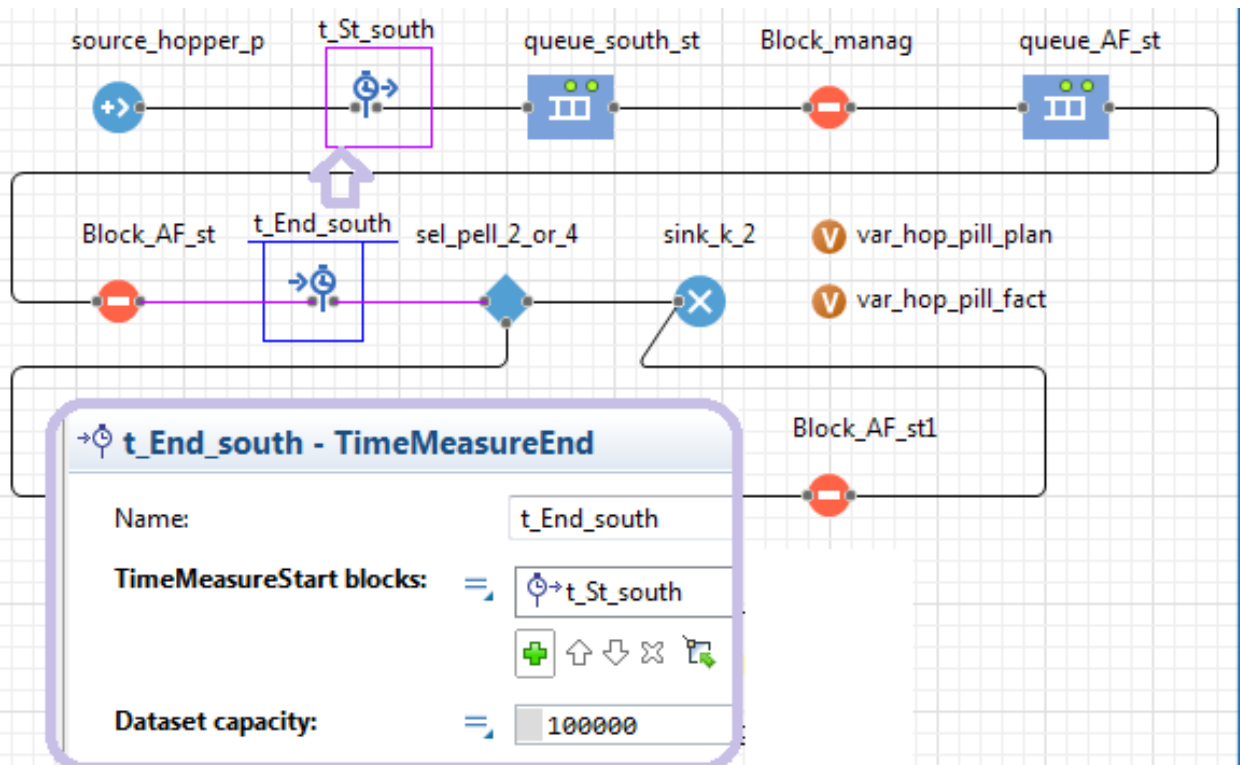


Рисунок 2.20 – Элемент t\_End\_south

Елемент `sel_pell_2_or_4` в залежності від значення змінної `var_2_or_4_AF` логічного типу спрямовує потік замовлень:

- при `var_2_or_4_AF = true` – до приймальних бункерів колії 2 доменного цеху;
- при `var_2_or_4_AF = false` – на відкритий склад котунів рудного двору – колія 4;

керування здійснює вище описаний елемент `event_manag_pellet`, що показано на рисунку 2.21.

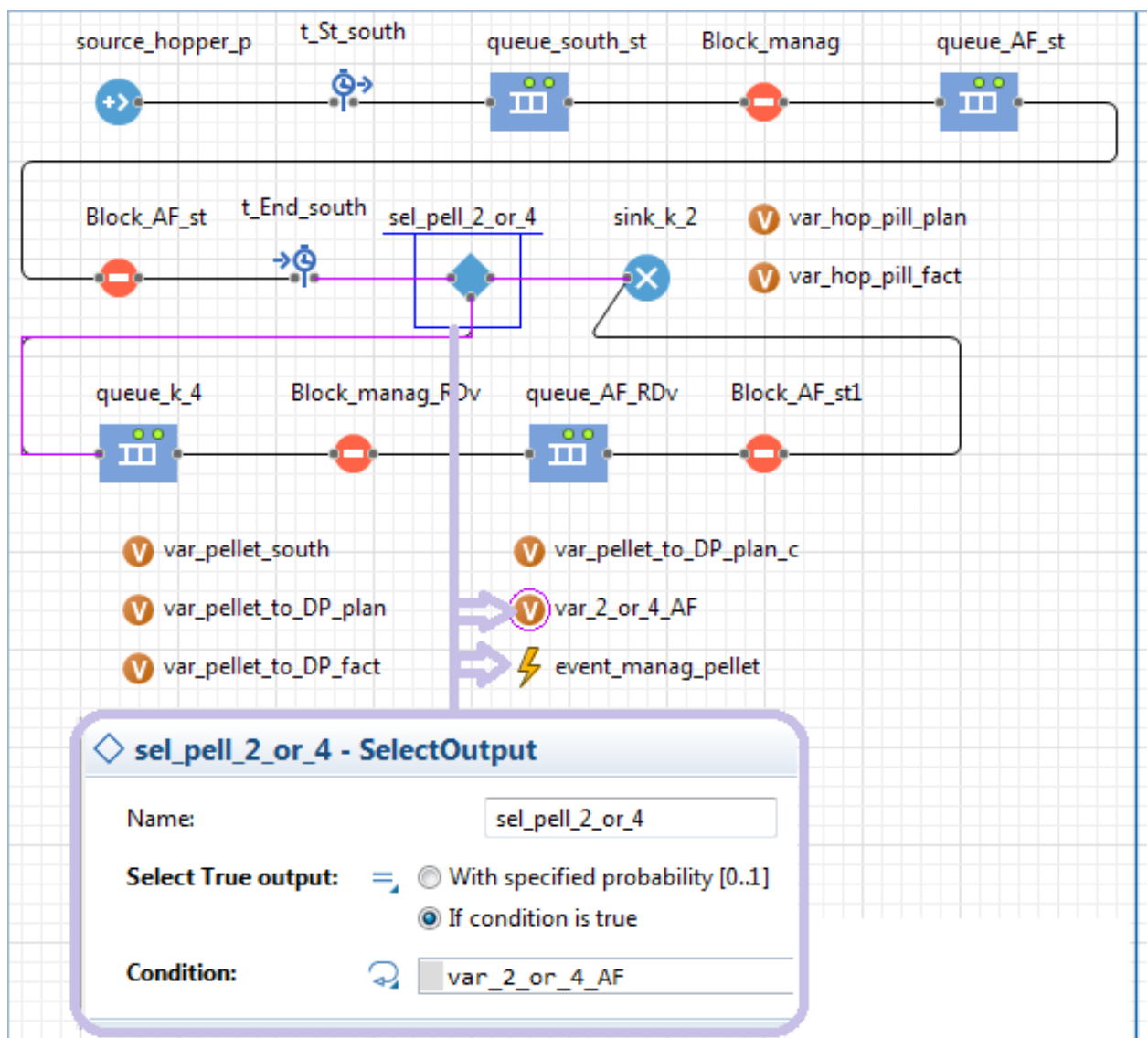


Рисунок 2.21 – Елемент `sel_pell_2_or_4`

У випадку спрямування котунів на склад, замовлення потрапляють до черги queue\_k\_4 – рисунок 2.22.

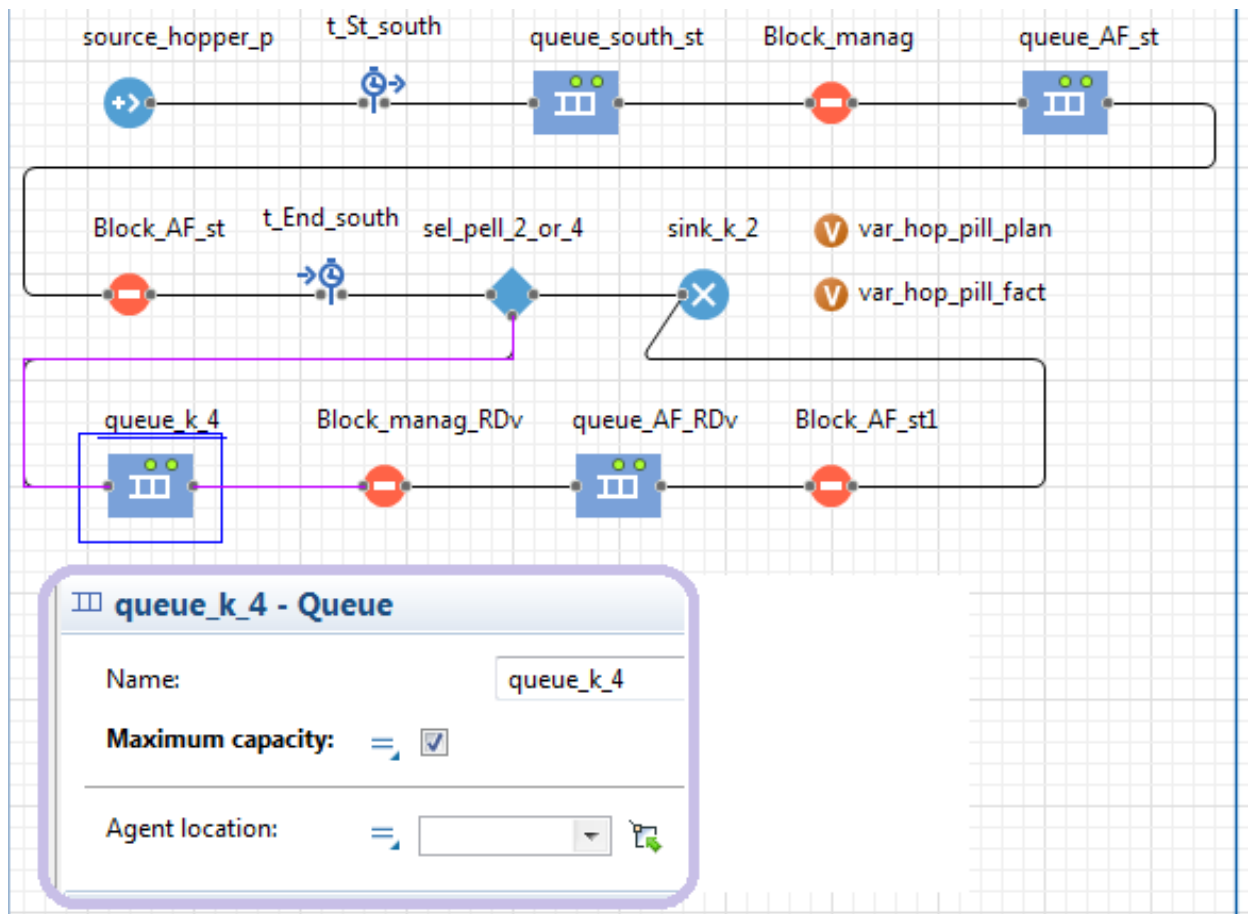


Рисунок 2.22 – Черга queue\_k\_4

Там вони блокуються елементом Block\_manag\_RDv (рисунок 2.23), аналогічно вивантаженню хоперів у бункери.

Елемент Block\_manag\_RDv містить програмний код:

```
Block_AF_st1.setBlocked(true);
var_hop_pill_fact=var_hop_pill_fact+1;
if (var_hop_pill_fact==var_hop_pill_plan)
{
Block_manag_RDv.setBlocked(true);
```

```

var_hop_pill_fact=0;
tie_v_AF=2;
source_sost_hop.inject(1);
},

```

який формує потрібну кількість хоперів у подачі та корегує час вивантаження – змінна tie\_v\_AF.

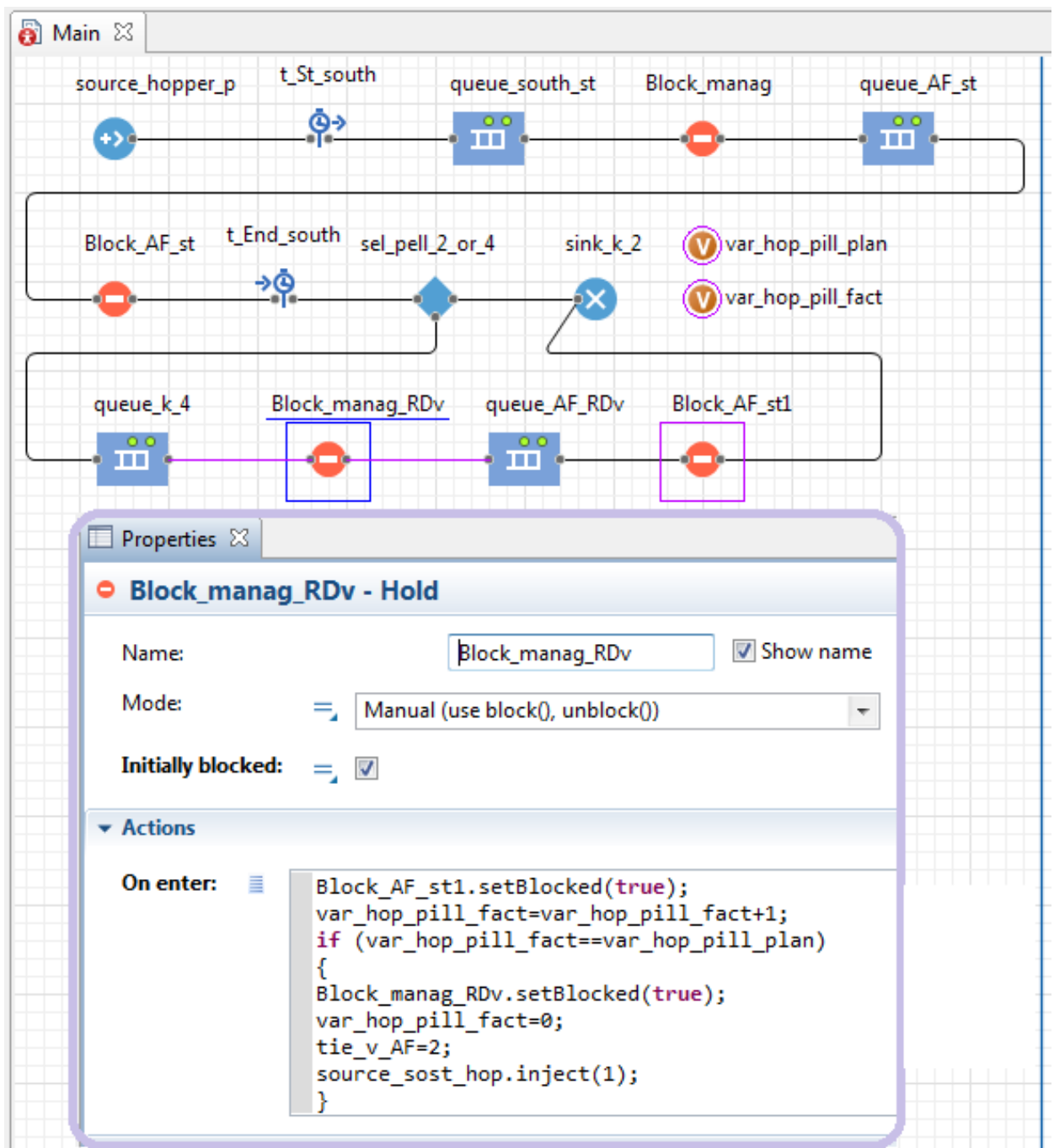


Рисунок 2.23 – Елемент Block\_manag\_RDv

Далі, замовлення перебувають у черзі queue\_AF\_RDv (рисунок 2.24) до розблокування її елементом Block\_AF\_st1 (рисунок 2.25), чим імітується процес доставки та вивантаження котунів – так зване перебезування, який складається з:

- постановки хоперів місцевого парку під навантаження на бункерній естакаді;
- навантаження вагонів котунами зі складу на рудному дворі рудно-козловими перевантажувачами;
- переміщення вагонів на вантажний фронт та їх вивантаження до приймальних бункерів.

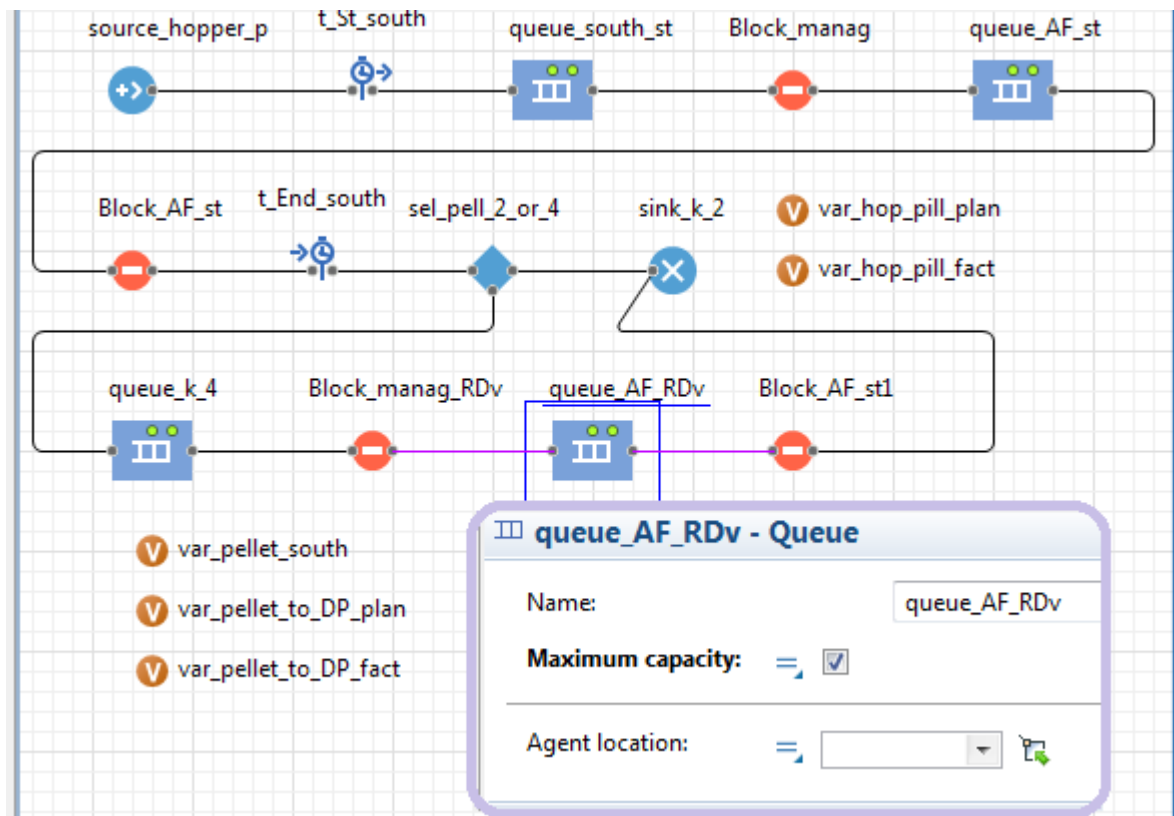


Рисунок 2.24 – Черга queue\_AF\_RDv

Після цього котуни вважаються прийнятими у виробництво, відповідно замовлення знищуються елементом sink\_k\_2 – рисунок 2.26.

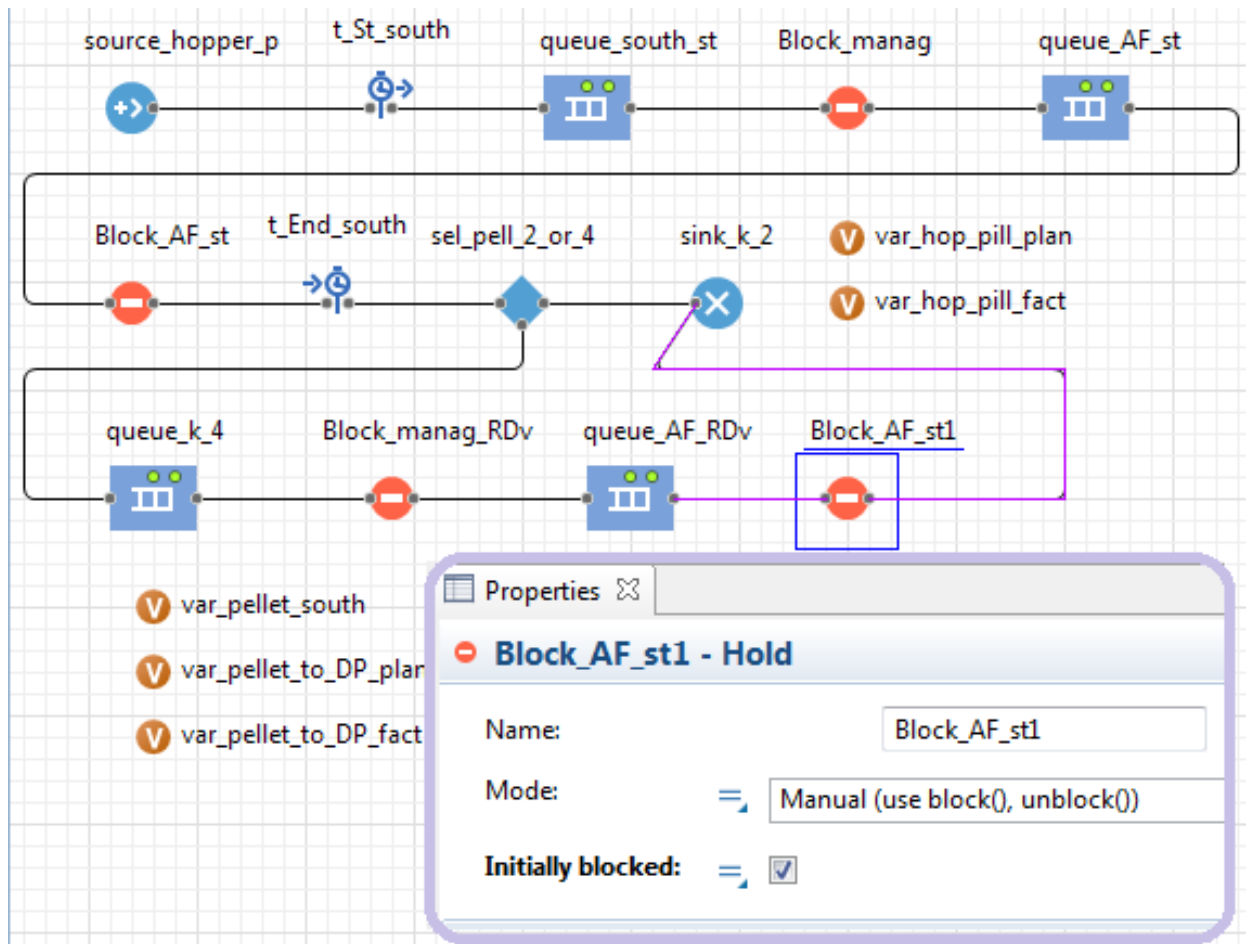


Рисунок 2.25 – Элемент Block\_AF\_st1

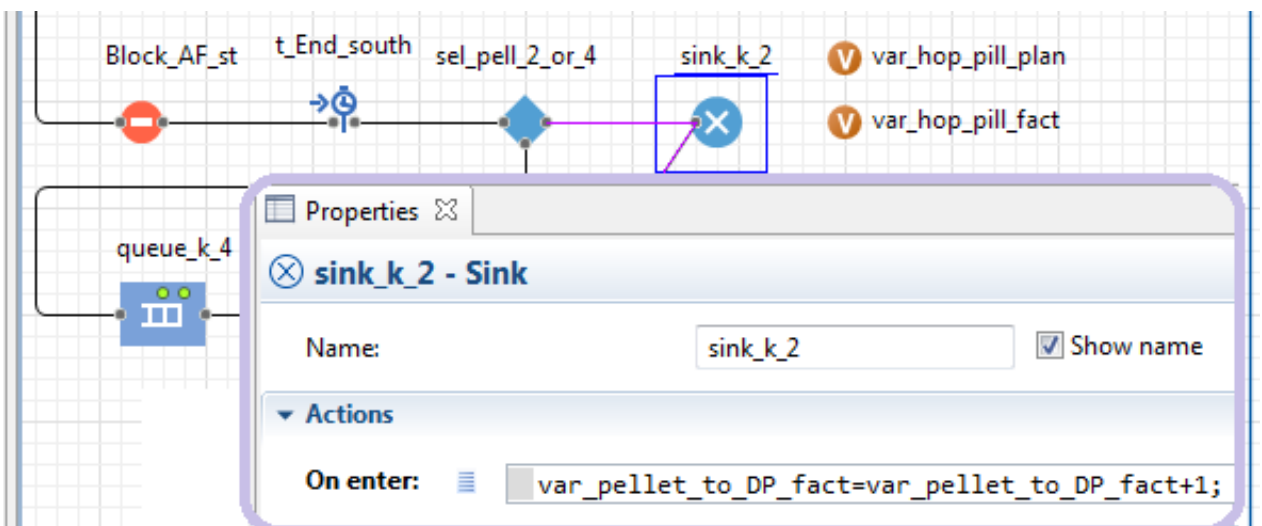


Рисунок 2.26 – Элемент sink\_k\_2

При знищенні замовлень виконується код:

```
var_pellet_to_DP_fact=var_pellet_to_DP_fact+1;
```

який збільшує значення змінної `var_pellet_to_DP_fact` обліку кількості котунів, що надійшли у виробництво доменного цеху.

### 2.2.3 Реалізація блоку процесів використання локомотива при вивантаженні котунів на Південному залізничному районі

Блок процесів використання локомотива при вивантаженні котунів на Південному залізничному районі показаний на рисунку 2.27.

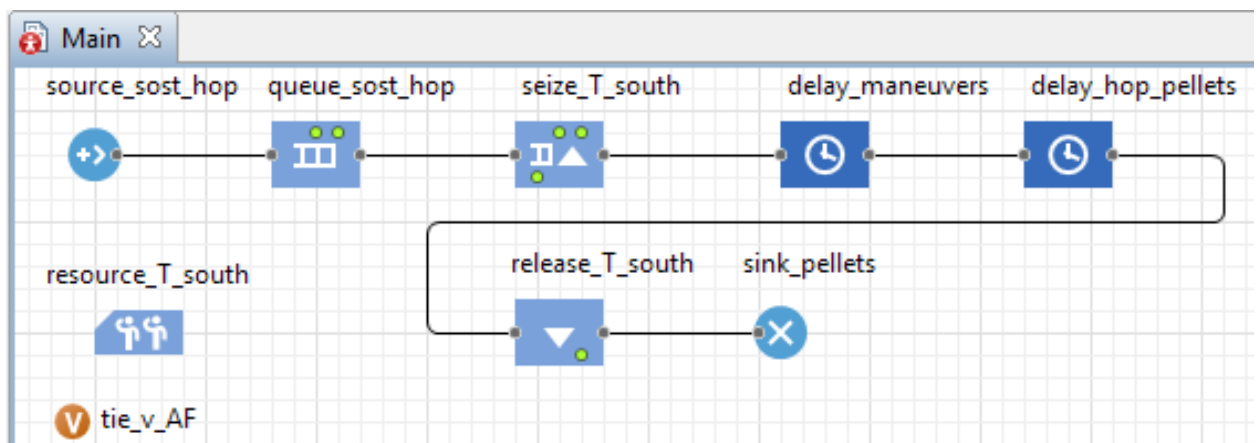
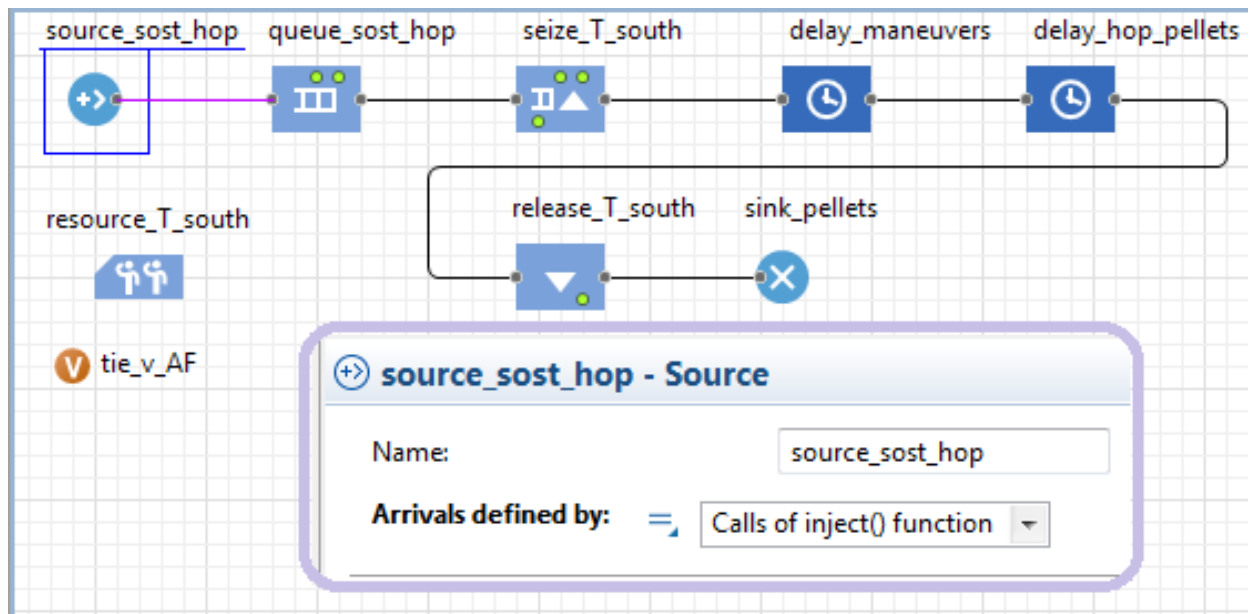
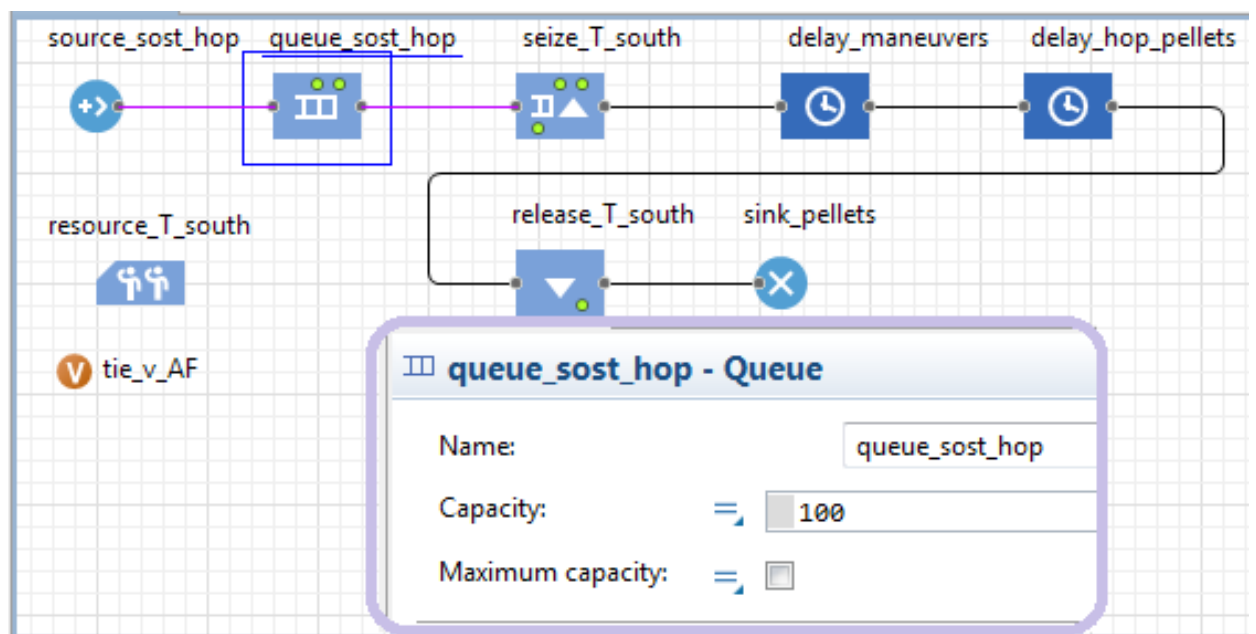


Рисунок 2.27 – Блок процесів використання локомотива при вивантаженні котунів на Південному залізничному районі

Елемент `source_sost_hop` (рисунок 2.28) викликає появу замовлення-составу, яке зберігається у черзі `queue_sost_hop` (рисунок 2.29) в очікуванні приєднання ресурсу для подальшого переміщення по блоку.

Рисунок 2.28 – Елемент `source_sost_hop`Рисунок 2.29 – Елемент `queue_sost_hop`

Елемент приєднання ресурсів `seize_T_south` працює у зв'язку з пулом ресурсів `resource_T_south`, до якого повертаються та зберігаються там зазначені ресурси (в нашому випадку – один локомотив).

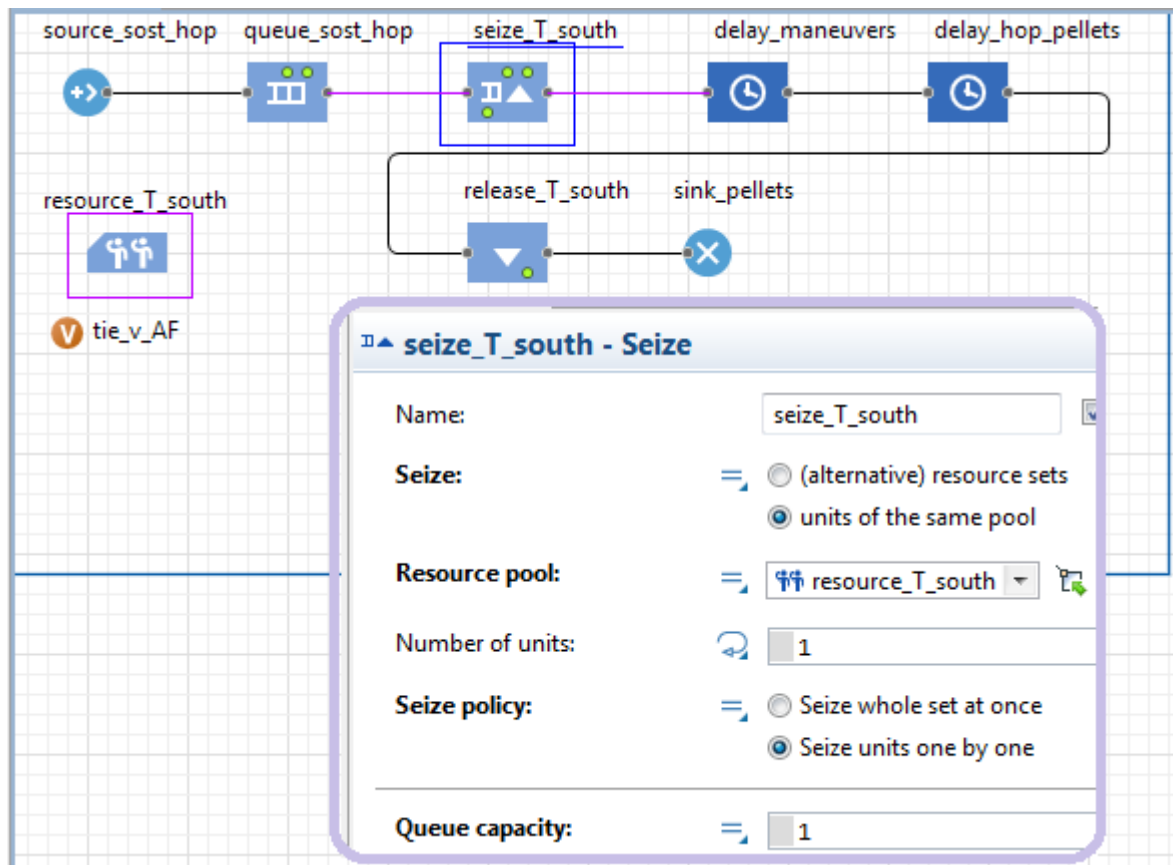


Рисунок 2.30 – Елемент приєднання ресурсів seize\_T\_south

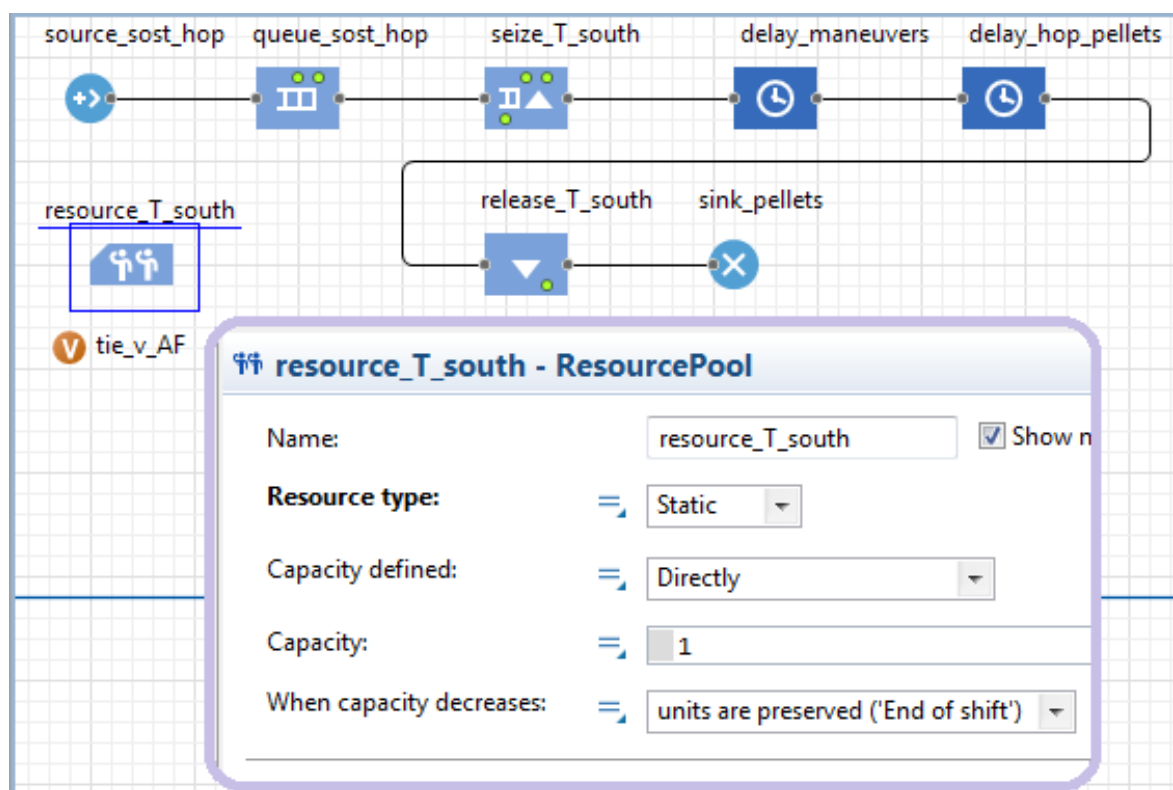


Рисунок 2.31 – Пул ресурсів resource\_T\_south

Елемент `delay_manuevers` виконує затримку, що імітує маневри з виходом до колій горловини станції Південна при підготовці подачі – рисунок 2.32.

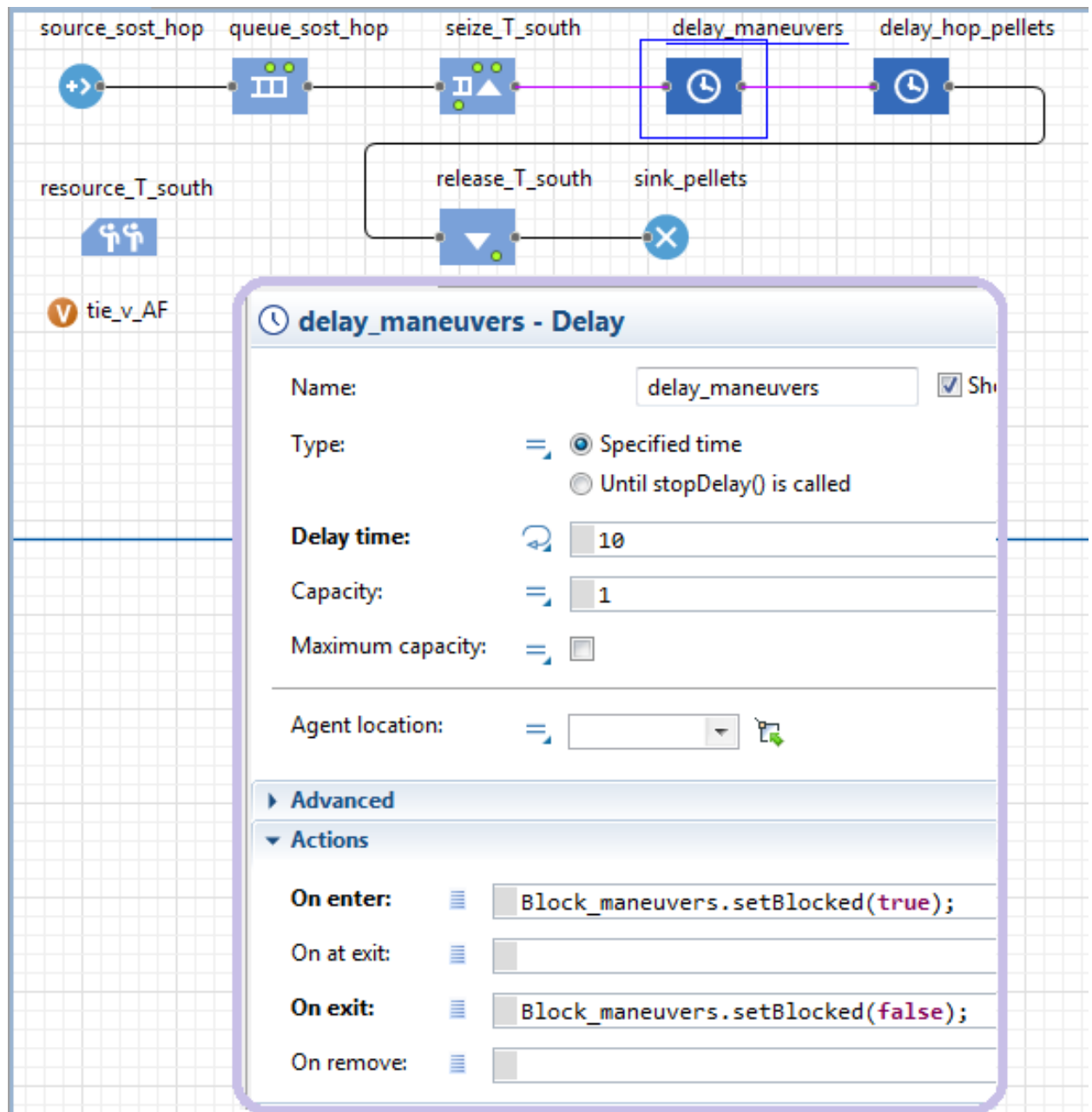


Рисунок 2.32 – Елемент `delay_manuevers`

При цьому блокується на цей час приймання маршрутних составів з котунами на станцію Південна – елемент `Block_manuevers`.

Елемент `delay_hop_pellets` виконує затримку на час, який визначається змінною `tie_v_AF`, в залежності від того, чи вивантажуються магістральні вагони до приймальних бункерів, чи виконується перебазування котунів з рудного двору – рисунок 2.33.

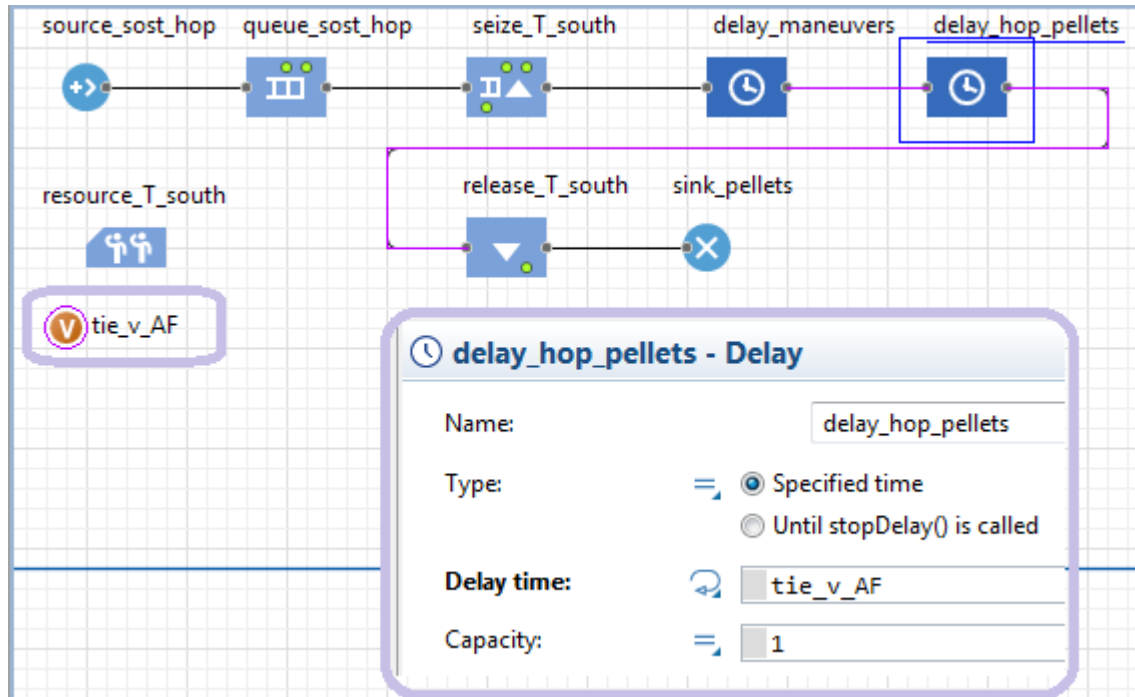


Рисунок 2.33 – Елемент `delay_hop_pellets`

Елемент `release_T_south` звільняє та повертає ресурс-локомотив до пулу ресурсів – рисунок 2.34.

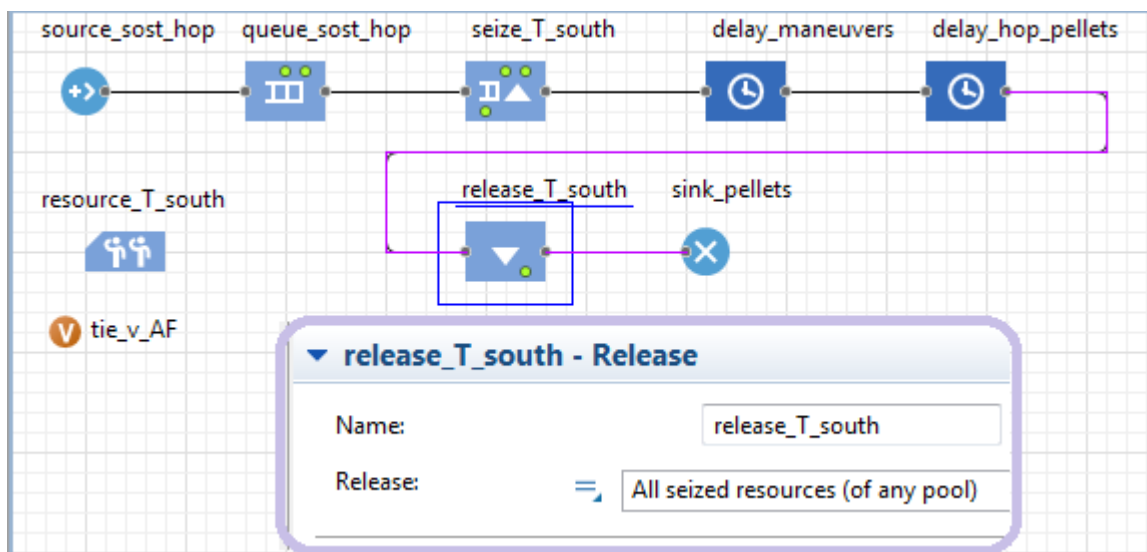


Рисунок 2.34 – Елемент `release_T_south`

Елемент `sink_pellets` знищує замовлення, при цьому розблоковується рух нових подач:

```
Block_AF_st.setBlocked(false);
```

```
Block_AF_st1.setBlocked(false);
```

що показано на рисунку 2.35.

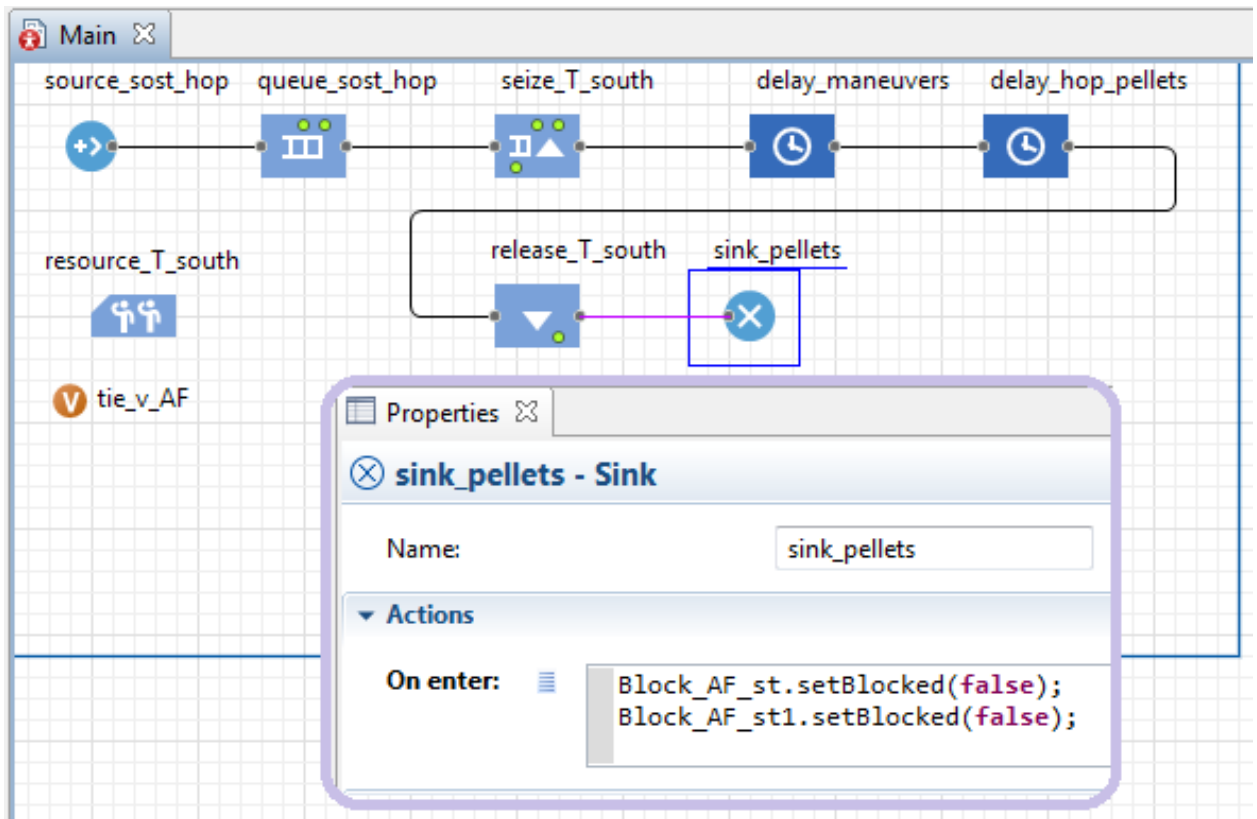


Рисунок 2.35 – Елемент `sink_pellets`

### 2.3 Опис роботи програми `ZST_pellets_2024` та її результатів

При виконанні експериментів зі зміною параметра запасу котунів у хоперах на станції Південній, результати знімаються з показів відповідних елементів на полі програми `ZST_pellets_2024`.

Експеримент зі значенням змінної  $\text{var\_pellet\_south} = 0$ , наведений на рисунку 2.36.

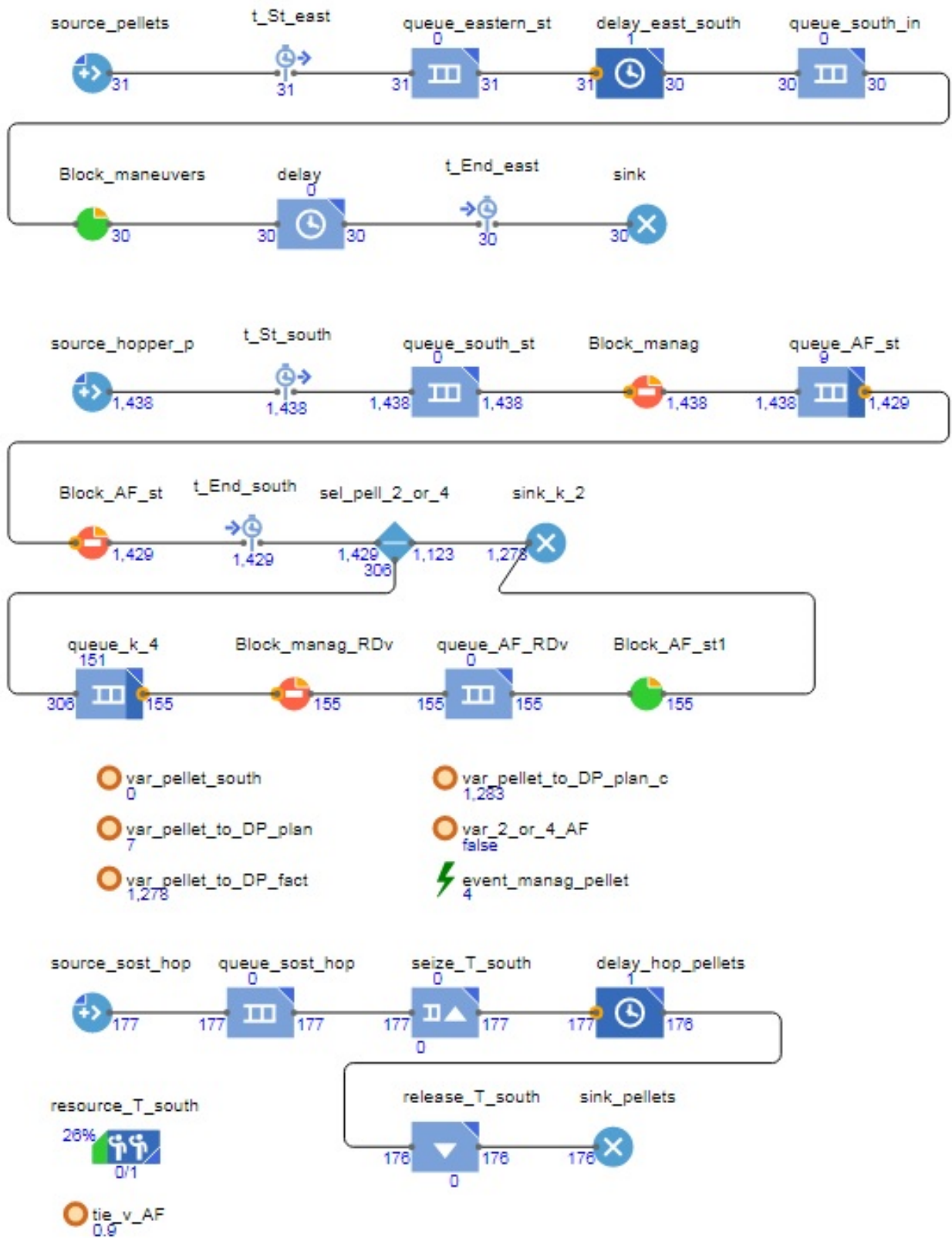


Рисунок 2.36 – Експеримент зі значенням змінної  $\text{var\_pellet\_south} = 0$

У таблиці 2.1 наведені більш деталізовані результати усіх 3-х експериментів.

Таблиця 2.1 – Результати експериментів на моделі ZST\_pellets\_2024, за місяць

| № | Показник                                                                          | Експе-<br>римент 1 | Експе-<br>римент 2 | Експе-<br>римент 3 |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 1 | Кількість вагонів з<br>котунами у запасі на<br>ст. Південна, од.                  | 0                  | 18                 | 36                 |
| 2 | Прийом маршрутів з<br>котунами, од.                                               | 30                 | 30                 | 30                 |
| 3 | Кількість прийнятих<br>вагонів з котунами,<br>од.                                 | 1438               | 1438               | 1438               |
| 4 | Середній час<br>користування одним<br>вагоном на<br>Південному районі,<br>год.    | 10,6               | 20,2               | 29,3               |
| 5 | Час користування<br>вагонами на<br>Південному районі,<br>ваг.-год.                | 15243              | 29048              | 42133              |
| 6 | Кількість вагонів<br>магістрального парку,<br>вивантажених на<br>бункерах ДП, од. | 1123               | 1188               | 1206               |

Кінець таблиці 2.1

| № | Показник                                                                                                                             | Експе-<br>римент 1 | Експе-<br>римент 2 | Експе-<br>римент 3 |
|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 7 | Обсяг кутунів,<br>вивантажених на<br>рудному дворі та<br>перебазованих потім<br>до бункерів у вагонах<br>місцевого парку,<br>вагонів | 155                | 90                 | 72                 |
| 8 | Коефіцієнт<br>використання<br>тепловозу на<br>перевезеннях кутунів                                                                   | 0,263              | 0,324              | 0,416              |

### 3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Враховуючи сучасні складні умови в Україні через військові дії, усім підприємствам необхідно бути готовим до зміни та ускладнення логістичних ланцюгів постачання сировини. Зокрема, це актуальне питання для підприємств металургійної галузі, яким також є запорізький комбінат «Запоріжсталь».

Після повномасштабного вторгнення дане підприємство не здатне отримувати:

- залізну руду високої якості з Запорізького залізорудного комбінату у м. Дніпрорудне;
- вапняку для флюсування з донецьких та кримських родовищ;
- вугілля, коксу та ін. сировини від підприємств Донецької області, які раніше були традиційними постачальниками.

В ході виконання магістерської роботи встановлені основні джерела можливого постачання котунів:

- компанії групи Метінвест – Північний гірничо-збагачувальний комбінат), ЦГЗК (центральный гірничо-збагачувальний комбінат);
- Полтавський гірничо-збагачувальним комбінатом компанії Ferrexpo.

Проаналізовані особливості технологій виробництва та відвантаження, потужності та переробні спроможності даних підприємств.

Також встановлений загальний характер транспортно-виробничих зв'язків та технологічний процес організації вивантаження котунів на підприємстві Запоріжсталь.

Усі визначені параметри та фактори враховані в розробленій в основній частині імітаційній моделі ZST\_pellets\_2024. Вона також враховує стохастичний характер надходження составів з котунами на підприємство,

вплив різних технологічних процесів з метою визначення раціональної стратегії управління процесами доставки та вивантаження котунів в доменному цеху комбінату Запоріжсталь.

Управляючим параметром моделі є змінна `var_pellet_south`, якою дослідник визначає певну кількість вагонів з котунами, які використовуються у якості складу на колесах. Значні коливання часу вивантаження составів з котунами та висока вартість користування вагонами обумовлюють необхідність розглянути в якості альтернати можливість використання складу котунів на рудному дворі. Проте, цей варіант теж має певні додаткові витрати, пов'язані з вантажопереробкою котунів та використання вагонів місцевого парку при переміщенні їх зі складу до виробництва – приймальних бункерів доменних печей.

Були проведені відповідні експерименти на моделі `ZST_pellets_2024`, які в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Узагальнені результати роботи імітаційної моделі `ZST_pellets_2024`

| № | Показник                                                   | Експе-<br>римент 1 | Експе-<br>римент 2 | Експе-<br>римент 3 |
|---|------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 1 | Кількість вагонів з котунами у запасі на ст. Південна, од. | 0                  | 18                 | 36                 |
| 2 | Кількість прийнятих вагонів з котунами, од.                | 17256              | 17256              | 17256              |

Кінець таблиці 3.1

| № | Показник                                                                                                                             | Експе-<br>римент 1 | Експе-<br>римент 2 | Експе-<br>римент 3 |
|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 3 | Середній час<br>користування одним<br>вагоном на<br>Південному районі,<br>год.                                                       | 10,6               | 20,2               | 29,3               |
| 4 | Кількість вагонів<br>магістрального парку,<br>вивантажених на<br>бункерах ДП, од.                                                    | 13476              | 14256              | 14472              |
| 5 | Обсяг котунів,<br>вивантажених на<br>рудному дворі та<br>перебазованих потім<br>до бункерів у вагонах<br>місцевого парку,<br>вагонів | 1860               | 1080               | 864                |
| 6 | Коефіцієнт<br>використання<br>тепловозу на<br>перевезеннях котунів                                                                   | 0,263              | 0,324              | 0,416              |

### 3.1 Методика встановлення витрат при перевезенні котунів до металургійного підприємства

Загальні витрати  $B_{pell\_i}$  за варіантами управління запасами котунів на Південному залізничному районі згідно проведених експериментів на моделі ZST\_pellets\_2024 визначимо за формулою [14,15]:

$$B_{pell\_i} = B_{vag\_pell\_i} + B_{t\_pell\_i} + B_{mn\_pell\_i} + B_{kr\_pell\_i} + B_{mp\_pell\_i}, \quad (3.1)$$

де  $B_{vag\_pell\_i}$  – вартість витрат на користування вагонами магістрального типу з котунами у межах Південного залізничного району, грн;

$B_{t\_pell\_i}$  – витрати на перевезення котунів з рудного двору до бункерів доменного цеху, грн;

$B_{mn\_pell\_i}$  – витрати на маневрову роботу по доставці котунів в межах Південного району, грн;

$B_{kr\_pell\_i}$  – витрати, пов'язані з навантаженням котунів до вагонів місцевого парку з рудного двору, грн;

$B_{mp\_pell\_i}$  – вартість витрат на використання вагонів місцевого парку з доставки котунів, грн.

Витрати  $B_{vag\_pell\_i}$  на користування вагонами магістрального типу – хоперами з котунами у межах Південного залізничного району, визначимо за формулою:

$$B_{vag\_pell\_i} = N_{vag\_pell\_i} T_{vag\_pell\_i} C_{vag\_pell}, \quad (3.2)$$

де  $N_{vag\_pell\_i}$  – кількість вагонів, год.;

$T_{\text{vag\_pell\_i}}$  – середній час користування вагонами з котунами, год.;

$C_{\text{vag\_pell}}$  – ринкова вартість години користування хопером, становить 800 грн/добу, або 33,33 грн/год.

Витрати  $V_{\text{t\_pell\_i}}$  на перевезення котунів з рудного двору до бункерів доменного цеху, визначимо за формулою:

$$V_{\text{t\_pell\_i}} = N_{\text{mp\_pell\_i}} Q_{\text{mp\_pell\_i}} C_{\text{mp\_pell\_i}}, \quad (3.3)$$

де  $N_{\text{mp\_pell\_i}}$  – кількість перевезених вагонів місцевого парку з котунами з рудного двору до бункерів доменного цеху, од.;

$Q_{\text{mp\_pell\_i}}$  – середній рівень завантаження вагону місцевого парку котунами,  $Q_{\text{mp\_pell\_i}} = 70$  т;

$C_{\text{mp\_pell\_i}}$  – собівартість перевезення тони котунів, за даними підприємства, грн/т.

Вартість витрат  $V_{\text{mn\_pell\_i}}$  на маневрову роботу по доставці котунів в межах Південного району, визначимо за формулою:

$$V_{\text{mn\_pell\_i}} = 8760 K_{\text{mn\_pell\_i}} C_{\text{mn\_pell}}, \quad (3.4)$$

де  $K_{\text{mn\_pell\_i}}$  – коефіцієнт використання локомотиву за даними програми ZST\_pellets\_2024;

$C_{\text{mn\_pell}}$  – собівартість локомотиво-години, грн.

Вартість витрат  $V_{\text{kr\_pell\_i}}$  пов'язаних з навантаженням котунів до вагонів місцевого парку з рудного двору, визначимо за формулою:

$$B_{kr\_pell\_i} = N_{mp\_pell\_i} C_{kr\_pell} , \quad (3.5)$$

де  $C_{kr\_pell}$  – собівартість навантаження одного вагону місцевого парку котунами, грн.

Вартість витрат  $B_{mp\_pell\_i}$  на використання вагонів місцевого парку з доставки котунів, визначимо за формулою:

$$B_{mp\_pell\_i} = N_{mp\_pell\_i} T_{mp\_pell} C_{mp\_pell} , \quad (3.6)$$

де  $T_{mp\_pell}$  – середній час використання вагону, год.;

$C_{mp\_pell}$  – вартість години користування хопером місцевого парку, грн.

### 3.2 Витрати за варіантом доставки котунів №1

Витрати  $B_{vag\_pell\_1}$  на користування вагонами магістрального типу – хоперами з котунами у межах Південного залізничного району згідно формули (3.2):

$$B_{vag\_pell\_1} = 17256 \cdot 10,6 \cdot 33,33 = 6096510 \text{ грн} = 6,1 \text{ млн грн.}$$

Витрати  $B_{t\_pell\_1}$  на перевезення котунів з рудного двору до бункерів доменного цеху згідно (3.3):

$$B_{t\_pell\_1} = 1860 \cdot 70 \cdot 32 = 4166400 \text{ грн} = 4,17 \text{ млн грн.}$$

Вартість витрат  $V_{mn\_pell\_1}$  на маневрову роботу по доставці котунів в межах Південного району згідно (3.4):

$$V_{mn\_pell\_1} = 8760 \cdot 0,263 \cdot 1265 = 2914408 \text{ грн} = 2,91 \text{ млн грн.}$$

Вартість витрат  $V_{kr\_pell\_1}$  пов'язаних з навантаженням котунів до вагонів місцевого парку з рудного двору згідно (3.5)

$$V_{kr\_pell\_1} = 1860 \cdot 650 = 1209000 \text{ грн} = 1,21 \text{ млн грн.}$$

Вартість витрат  $V_{mp\_pell\_1}$  на використання вагонів місцевого парку з доставки котунів згідно (3.6):

$$V_{mp\_pell\_1} = 1860 \cdot 2 \cdot 45 = 167400 \text{ грн} = 0,17 \text{ млн грн.}$$

Загальні витрати  $V_{pell\_1}$  згідно (3.1):

$$\begin{aligned} V_{pell\_1} &= 6096510 + 4166400 + 2914408 + 1209000 + 167400 = \\ &= 14553718 \text{ грн} = 14,55 \text{ млн грн.} \end{aligned}$$

### **3.3 Витрати за варіантом доставки котунів №2**

Витрати  $V_{vag\_pell\_2}$  на користування вагонами магістрального типу – хоперами з котунами у межах Південного залізничного району згідно формули (3.2):

$$B_{\text{vag\_pell\_2}} = 17256 \cdot 20,2 \cdot 33,33 = 11617878 \text{ грн} = 11,62 \text{ млн грн.}$$

Витрати  $B_{\text{t\_pell\_2}}$  на перевезення котунів з рудного двору до бункерів доменного цеху згідно (3.3):

$$B_{\text{t\_pell\_2}} = 1080 \cdot 70 \cdot 32 = 2419200 \text{ грн} = 2,42 \text{ млн грн.}$$

Вартість витрат  $B_{\text{mn\_pell\_2}}$  на маневрову роботу по доставці котунів в межах Південного району згідно (3.4):

$$B_{\text{mn\_pell\_2}} = 8760 \cdot 0,324 \cdot 1265 = 3590374 \text{ грн} = 3,59 \text{ млн грн.}$$

Вартість витрат  $B_{\text{kr\_pell\_2}}$  пов'язаних з навантаженням котунів до вагонів місцевого парку з рудного двору згідно (3.5)

$$B_{\text{kr\_pell\_2}} = 1080 \cdot 650 = 702000 = 0,7 \text{ млн грн.}$$

Вартість витрат  $B_{\text{mp\_pell\_2}}$  на використання вагонів місцевого парку з доставки котунів згідно (3.6):

$$B_{\text{mp\_pell\_2}} = 1080 \cdot 2 \cdot 45 = 97200 \text{ грн} = 0,1 \text{ млн грн.}$$

Загальні витрати  $B_{\text{pell\_2}}$  згідно (3.1):

$$\begin{aligned} B_{\text{pell\_2}} &= 11617878 + 2419200 + 3590374 + 702000 + 97200 = \\ &= 18426652 \text{ грн} = 18,43 \text{ млн грн.} \end{aligned}$$

### 3.4 Витрати за варіантом доставки котунів №3

Витрати  $V_{\text{vag\_pell\_3}}$  на користування вагонами магістрального типу – хоперами з котунами у межах Південного залізничного району згідно формули (3.2):

$$V_{\text{vag\_pell\_3}} = 17256 \cdot 29,3 \cdot 33,33 = 16851675 \text{ грн} = 16,85 \text{ млн грн.}$$

Витрати  $V_{\text{t\_pell\_3}}$  на перевезення котунів з рудного двору до бункерів доменного цеху згідно (3.3):

$$V_{\text{t\_pell\_3}} = 864 \cdot 70 \cdot 32 = 1935360 \text{ грн} = 1,94 \text{ млн грн.}$$

Вартість витрат  $V_{\text{mn\_pell\_3}}$  на маневрову роботу по доставці котунів в межах Південного району згідно (3.4):

$$V_{\text{mn\_pell\_3}} = 8760 \cdot 0,416 \cdot 1265 = 4609862 \text{ грн} = 4,61 \text{ млн грн.}$$

Вартість витрат  $V_{\text{kr\_pell\_3}}$  пов'язаних з навантаженням котунів до вагонів місцевого парку з рудного двору згідно (3.5)

$$V_{\text{kr\_pell\_3}} = 864 \cdot 650 = 561600 \text{ грн} = 0,56 \text{ млн грн.}$$

Вартість витрат  $V_{\text{mp\_pell\_3}}$  на використання вагонів місцевого парку з доставки котунів згідно (3.6):

$$V_{\text{mp\_pell\_3}} = 864 \cdot 2 \cdot 45 = 77760 \text{ грн} = 0,08 \text{ млн грн.}$$

Загальні витрати  $B_{\text{pell}_3}$  згідно (3.1):

$$B_{\text{pell}_3} = 16851675 + 1935360 + 4609862 + 561600 + 77760 = \\ = 24036257 \text{ грн} = 24,04 \text{ млн грн.}$$

### 3.5 Аналіз витрат по варіантах доставки котунів

Результати економічних розрахунків по варіантах доставки котунів наведені у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Аналіз варіантів доставки котунів, грн/рік

| № | Показник                                                                           | Варіант 1 | Варіант 2 | Варіант 3 |
|---|------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| 1 | Витрати на користування хоперами з котунами у межах Південного залізничного району | 6096510   | 11617878  | 16851675  |
| 2 | Витрати на перевезення котунів з рудного двору до бункерів доменного цеху          | 4166400   | 2419200   | 1935360   |

Кінець таблиці 3.2

| № | Показник                                                                                      | Варіант 1 | Варіант 2 | Варіант 3 |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| 3 | Вартість витрат на маневрову роботу по доставці котунів в межах Південного району             | 2914408   | 3590374   | 4609862   |
| 4 | Вартість витрат пов'язаних з навантаженням котунів до вагонів місцевого парку з рудного двору | 1209000   | 702000    | 561600    |
| 5 | Вартість витрат на використання вагонів місцевого парку з доставки котунів                    | 167400    | 97200     | 77760     |
| 6 | Загальні витрати                                                                              | 14553718  | 18426652  | 24036257  |
| 7 | Економія витрат (вар. 2 – вар.1)                                                              | 3872934   |           |           |
| 8 | Економія витрат (вар. 3 – вар.1)                                                              | 9482539   |           |           |

З огляду на отримані економічні результати доставки котунів до ПАТ «Запоріжсталь»:

- варіант №1 є найбільш ефективним;
- у порівнянні з варіантом №2 економія за варіантом №1 становить 3,87 млн грн;
- у порівнянні з варіантом №3 економія за варіантом №1 становить 9,48 млн грн.

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

В розділі магістерській роботи з дослідження ефективності вивантаження котунів на бункерній естакаді доменного цеху на прикладі ПАТ «Запоріжсталь» розглядаються потенційні небезпеки при виконанні дослідницьких робіт, можливого негативного впливу санітарно-гігієнічних факторів в робочих зонах дослідницької лабораторії, заходи з пожежної безпеки та захист персоналу в умовах надзвичайних ситуацій [16-19].

Бункерна естакада призначена для прийому основної маси шихтових матеріалів у доменної печі, створювання запасів матеріалів біля печі, механізації їх подачі до скіпового підйомника.

Подача котунів у скіпи підйомника з бункерів відбувається за допомогою вібраційного грохоту та вагової воронки.

Основні потенційні небезпеки:

- можливо потрапляння робітників під трансферак або транспорт на залізничному шляху;
- при перевищенні швидкості при подачі вагонів можливо наїзди на робітників, та зіткнення грейфера з вагоноперекидачем та інші небезпеки наведені в Додатку А.

В додатку Б розроблені заходи по усуненню загальних та санітарно-гігієнічних небезпек.

В додатку В проведено та досліджено шкідливі фактори виробничого середовища, значення яких були заміряні і зведені у таблицю з подальшими розрахунками.

В додатку Г розглянуті питання з цивільного захисту.

## ВИСНОВКИ

В роботі враховано сучасні складні умови в Україні, які є наслідком військових дій, коли усім підприємствам необхідно бути готовим до зміни та ускладнення логістичних ланцюгів постачання сировини. Зокрема, це актуальне питання для підприємств металургійної галузі, яким також є запорізький комбінат «Запоріжсталь».

Після повномасштабного вторгнення дане підприємство не здатне отримувати:

- залізну руду високої якості з Запорізького залізорудного комбінату у м. Дніпрорудне;
- вапняку для флюсування з донецьких та кримських родовищ;
- вугілля, коксу та ін. сировини від підприємств Донецької області, які раніше були традиційними постачальниками.

В ході виконання магістерської роботи встановлені основні джерела можливого постачання котунів:

- компанії групи Метінвест – ПівнігЗК (північний гірничо-збагачувальний комбінат), ЦГЗК (центральный гірничо-збагачувальний комбінат);
- Полтавський гірничо-збагачувальним комбінатом компанії Ferrexpo.

Проаналізовані особливості технологій виробництва та відвантаження, потужності та переробні спроможності даних підприємств.

Також встановлений загальний характер транспортно-виробничих зв'язків та технологічний процес організації вивантаження котунів на підприємстві Запоріжсталь.

Усі визначені параметри та фактори враховані в розробленій в основній частині імітаційній моделі ZST\_pellets\_2024. Вона також враховує стохастичний характер надходження составів з котунами на підприємство,

вплив різних технологічних процесів з метою визначення раціональної стратегії управління процесами доставки та вивантаження котунів в доменному цеху комбінату Запоріжсталь.

Управляючим параметром моделі є змінна, якою дослідник може визначати кількість вагонів з котунами, які використовуються у якості складу на колесах. Значні коливання часу вивантаження составів з котунами та висока вартість користування вагонами обумовлюють необхідність розглянути в якості альтернати можливість використання складу котунів на рудному дворі. Проте, цей варіант теж має певні додаткові витрати, пов'язані з вантажопереробкою котунів та використання вагонів місцевого парку при переміщенні їх зі складу до виробництва – приймальних бункерів доменних печей.

Були проведені відповідні експерименти на моделі ZST\_pellets\_2024 за трьома варіантами організації доставки та вантажопереробки котунів, на основі отриманих технічних показників, визначені їх економічні характеристики.

З огляду на отримані економічні результати доставки котунів до ПАТ «Запоріжсталь» встановлено, що:

- варіант №1 є найбільш ефективним;
- у порівнянні з варіантом №2 економія за варіантом №1 становить 3,87 млн грн;
- у порівнянні з варіантом №3 економія за варіантом №1 становить 9,48 млн грн.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Окатиші. Кар'єри України. URL : <https://www.karer.in.ua/uk/okatyshi.php> (дата звернення 18.10.2024)
2. Північний ГЗК. GMK Center. URL : <https://gmk.center.ua/manufacturer/pivnichnij-gzk/> (дата звернення 19.10.2024)
3. Північний ГЗК 60 років. URL : <https://www.youtube.com/watch?v=nCU0Zi09QY> (дата звернення 19.10.2024)
4. Центральний ГЗК – єдине підприємство в Україні, яке одночасно використовує відкритий і підземний способи видобутку руди. МЕТІНВЕСТ. URL : <https://cgok.metinvestholding.com/ua> (дата звернення 19.10.2024)
5. Центральний ГЗК 60 років. Наша історія. URL : <https://www.youtube.com/watch?v=S24clftOCtM> (дата звернення 19.10.2024)
6. Центр транспортних стратегій. URL : [https://cfts.org.ua/poezdka\\_s\\_cts/okatyshevaya\\_logistika\\_kak\\_rabotaet\\_transport\\_poltavskogo\\_goka\\_2](https://cfts.org.ua/poezdka_s_cts/okatyshevaya_logistika_kak_rabotaet_transport_poltavskogo_goka_2) (дата звернення 19.10.2024)
7. Технічно-розпорядчий акт станції Аглофабрика. – Запоріжжя: ПАТ «Запоріжсталь», 2021. – 32с.
8. Вагон-хопер для перевезення окатишів модель. URL : 20-7032. <https://kvsz.com/index.php/ua/produktsiya/vantazhne-vagonobuduvannya/vagoni-khoperi/item/2902-vahon-khoper-dlia-perevezennia-okatyshiv-model-20-7032> (дата звернення 19.10.2024)
9. Міжцехова інструкція по взаємодії працівників доменного, агломераційного цехів, гаража рудорозморожування ЦРРС УЗТ, ЦПВ, робітників ОБВО, ВТК, ЦТВС з працівниками Південного залізничного району ЦЕ УЗТ при обслуговуванні залізничними перевезеннями. – Запоріжжя: ПАТ «Запоріжсталь», 2018. – 41с.

10. Технічно-розпорядчий акт станції Східна. – Запоріжжя: ПАТ «Запоріжсталь», 2020. – 54с.
11. Технічно-розпорядчий акт станції Південна. – Запоріжжя: ПАТ «Запоріжсталь», 2021. – 45с.
12. Єдиний технологічного процесу роботи під'їзної колії ЗМК «Запоріжсталь» і станції примикання Запоріжжя-Ліве. – Запоріжжя: ПАТ «Запоріжсталь», 2021. – 196с.
13. Турпак, С. М. Логістичні системи управління залізничним транспортом металургійних підприємств [Текст]: монографія / С. М. Турпак. – Херсон : Грінь Д. С., 2015. – 264 с.
14. 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.
15. Методичні вказівки до проведення практичних занять з дисципліни «Основи економіки транспорту» для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 275 «Транспортні технології (за видами)» / Укл. Харченко Т. В. – Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2021. – 71 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.
17. 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).
18. 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)

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

## ДОДАТОК А

### АНАЛІЗ ПОТЕНЦІЙНИХ НЕБЕЗПЕК

Потенційні небезпеки:

- при розвантаженні вагонів можливо падіння шихтових матеріалів з люків вагонів, що розвантажуються, що не повинно бути;
- при роботі стрічкового конвеєру можливо схід стрічки конвеєру з барабанів та роликів підпорок, що призводить до аварій та травмуванню людей;
- при русі вагону-вагів, можливо попадання під вагони сторонніх предметів, що призвести до зупинки технологічного процесу;
- при навантаженні вантажу в холодний період, робітники можуть отримати переохолодження та захворіти;
- при обробці статистичних даних на комп'ютері можливо виникнення шкідливих факторів санітарно-гігієнічного характеру, в приміщенні де розміщено ПК, такі як не задовільнено освітлення, порушення від норм мікроклімату, підвищений шум та інше, що може визивати напруженість праці.

## **ДОДАТОК Б**

### **ЗАХОДИ ПО ЗАБЕЗПЕЧЕННЮ БЕЗПЕКИ**

З обох боків естакади на всій її відстані повинно бути облаштовані ходові площадки завширшки не менш 0,7 м, які повинні мати від осі залізничного шляху не менш ніж 2 м.

Розташування їх повинно виключати можливість падіння на них шихтових матеріалів з люків вагонів та забезпечити зручність відкривання й закривання люків.

Стрічкові конвеєри повинні бути обладнані центруючими пристроями, які не дадуть сходу стрічки за край барабанів й роликів опор, пристроями відключення привода конвеєру при обриві стрічки чи при її пробуксовці; «Правила охорони праці під час вантажно-розвантажувальних робіт» наказ № 21 від 19.01.2015.

З кабіни вагону-ваги повинно бути забезпечена видимість шляху в сторону руху. Перед початком й під час руху вагону-ваги, в том числі й автоматичних, подається звуковий сигнал.

Торці сторін вагону-ваги облаштовуються фарами и сходами для входу на передню и задню площадки, а також загороджувальними пристроями, які не дозволяють попаданню під вагон-ваги сторонніх предметів.

Для забезпечення нормативного рівня освітленості на шлаковому відвалі, при навантаженні вантажу, передбачається, відповідно ДБН В.2.5-28-2018 «Природне та штучне освітлення», застосування лампи типу ДРЛ-400, які мають високу світлову віддачу, тривалий термін служби та стійкість до коливань мережевої напруги, міцністю 80 кВт. Робоча освітленість становить 50 лк.

Для запобігання переохолодження в холодний період часу, робітники повинні бути одягнуті в теплий одяг та взуття. Обов'язково повинні бути спеціальні кімнати для обігріву робітників, сушіння одягу. відповідно ДСТУ 7339:2011 «Система стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту».

## ДОДАТОК В

### ЗАХОДИ З ВИРОБНИЧОЇ САНІТАРІЇ ТА ГІГІЄНИ ПРАЦІ

При обробці статистичних даних в лабораторії, де є комп'ютер, можливе виникнення напруженості праці та інші шкідливі фактори санітарно-гігієнічного характеру такі як не відповідність нормам освітлення, підвищений шум, зміни мікроклімату в приміщенні та інше.

Для запобігання дії шкідливих факторів на дослідника в лабораторії обладнаній ПК проведемо заміри, які вносимо до таблицю «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 та повинні відповідати легким фізичним роботам – категорії 2а.

З додатків [16], відповідно до категорії робіт 2а, розряду зорових робіт А-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<br>$P_{вим}$ | Час дії<br>$год.(хв.)$ | ГДК, ГДР, показники,<br>$P_{доп}$ | $X_{визн},$<br>бали | Клас умов праці | $X_i,$<br>бали |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|------------------------|-----------------------------------|---------------------|-----------------|----------------|
| 1                                                                                                                  | 2                               | 3                      | 4                                 | 5                   | 6               | 7              |
| Мікроклімат за ТНС-індексом, $t, ^\circ C$                                                                         | 27,4                            | 8                      | 23,9-25,8                         | 4                   | 3.4             | 4              |
| Освітленість приміщення $E, лк$                                                                                    | 380                             | 8                      | 400                               | —                   | 1.2             | 0              |
| Розряд і підрозряд зорових робіт, $З_{ор}$                                                                         | А-2                             | —                      | —                                 | —                   | —               | —              |
| Рівень шуму $L, дБА$                                                                                               | 95                              | 6                      | 50                                | —                   | 3.2             | 1,5            |
| Загальні енергозатрати організму, $Вт$                                                                             | 310                             | 7                      | 290                               | 0,94                | 3.3             | 3              |
| Стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук) | 60000                           | 7                      | 40000                             | 1,31                |                 |                |
| Тривалість зосередження уваги (в % від часу зміни)                                                                 | 82                              | 7                      | 75                                | 0,96                |                 |                |
| Тривалість робочого дня, $год.$                                                                                    | 8                               | 8                      | 8                                 | 0,15                |                 |                |

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

а) Загальні енергозатрати організму,  $K_{знач} = 1,0$ - для гігієнічної оцінки мікроклімату використовуємо ТНС-індекс, додаток Б [16]. 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:

$$X_{визн} = \frac{P_{визн} \cdot T \cdot K_{знач}}{8 \cdot P_{дон}} = \frac{310 \cdot 7 \cdot 1,0}{8 \cdot 290} = 0,94;$$

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

$$X_{визн} = \frac{P_{визн} \cdot T \cdot K_{знач}}{8 \cdot P_{дон}} = \frac{60000 \cdot 7 \cdot 1,0}{8 \cdot 40000} = 1,31;$$

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

$$X_{визн} = \frac{P_{визн} \cdot T \cdot K_{знач}}{8 \cdot P_{дон}} = \frac{82 \cdot 7 \cdot 1,0}{8 \cdot 75} = 0,96;$$

г) Тривалість робочого дня (зміни),  $K_{знач} = 0,15$

$$X_{\text{визн}} = \frac{P_{\text{вим}} \cdot T \cdot K_{\text{зноч}}}{8 \cdot P_{\text{дон}}} = \frac{8 \cdot 8 \cdot 0,15}{8 \cdot 8} = 0,15;$$

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

- для мікроклімату, відповідно до значення розрахункового коефіцієнта  $X_{\text{визн}} = 4$ , 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  $P_{\text{вим}} = 380$  лк, за додатками Г та табл. Г.1 [16] – 2 клас;

- для гігієнічної оцінки рівня шуму, клас та ступінь шкідливості умов праці визначаємо у відповідності до виміряного значення рівня шуму  $P_{\text{вим}} = 93$  дБА, за додатками Д та табл. Д.1 [16] – 3 клас, 2 ступінь (3.2);

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

$$X_{\text{сум}} = \sum_{i=1}^n X_i = 0,947 + 1,31 + 0,96 + 0,15 = 3,35$$

З таблиці 7.3 [16] за значенням суми розрахованих балів показників  $X_{\text{сум}} = 3,35$  – 3 клас, 3 ступінь (3.3);

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.

Оскільки 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 –  $X_{cm} = X_i = 4$ ;

- 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 –  $X_{cm} = X_i = 1$ ;

- для оцінки впливу шуму, виходимо з того, що його рівень відповідає 3 класу, 2 ступеню умов праці та діє протягом 6 годин, тому значення  $X_i$  визначаємо за формулою 7.4 [16]:

$$X_i = X_{cm} \cdot \frac{T}{8} = 1 \cdot \frac{2 \cdot 6}{8} = 1,5$$

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

Для визначення конкретного розміру доплати, умови праці оцінюємо по сумі значень  $X_i$ , за формулою 7.5 [16]:

$$X_{факт} = \sum_{i=1}^n X_i = 4 + 0 + 1,5 + 3 = 8,5$$

Розмір доплати за умовами праці визначаємо в залежності від їх фактичного стану –  $X_{факт} = 8,5$ , на підставі Типового положення «Про оцінку умов праці на робочих місцях і порядок застосування галузевих переліків робіт, на яких можуть установлюватися доплати робітникам за умови праці», з таблиці 7.4 [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;

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 А-2, нормована загальна освітленість якого, на робочих столах –  $E = 400 \text{ лк}$ ;

- рівень шуму в робочий зоні дослідника – 50 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.

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 забезпечення нормованої освітленості приміщення відповідає нормативним умовам;

- 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.

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%

## **ДОДАТОК Г**

### **ЗАХОДИ БЕЗПЕКИ У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

Організація навчання діям у надзвичайних ситуаціях покладається:

- працюючого та непрацюючого населення - на центральний орган виконавчої влади, який забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері цивільного захисту, Раду міністрів Автономної Республіки Крим, місцеві державні адміністрації, органи місцевого самоврядування, які розробляють і затверджують відповідні організаційно-методичні вказівки та програми з підготовки населення до таких дій;
- дітей дошкільного віку, учнів та студентів - на центральний орган виконавчої влади, що забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері освіти і науки, який розробляє та затверджує навчальні програми з вивчення заходів безпеки, способів захисту від впливу небезпечних факторів, викликаних надзвичайними ситуаціями, з надання до медичної допомоги за погодженням з центральним органом виконавчої влади, який забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері цивільного захисту.

Стандартами професійно-технічної та вищої освіти передбачається набуття знань у сфері цивільного захисту.

Порядок здійснення навчання населення діям у надзвичайних ситуаціях встановлюється Кабінетом Міністрів України.

Громадські організації та позашкільні навчальні заклади здійснюють навчання діям у надзвичайних ситуаціях відповідно до своїх статутів.

Заходи з пожежної безпеки. Комплекс протипожежних заходів для приміщення дослідницької лабораторії розроблений згідно вимог НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні».

Виходячи з аналізу речовин та матеріалів, які використовуються при роботі у приміщенні дослідницької лабораторії згідно ДСТУ EN 2:2014 «Класифікація пожеж (EN 2:1992, EN 2:1992/A1:2004, IDT)» у приміщенні дослідницької лабораторії можлива пожежа класів – А (пожежа, що супроводжується горінням твердих речовин), горіння паперу, деревини в результаті короткого замикання пошкоджених або перевантажених електроприладів, або електричних мереж;

Відповідно до вимог ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за пожежною небезпекою», воно належить до категорії «Г» з пожежної небезпеки негорючі речовини і/або матеріали у гарячому, розпеченому і/або розплавленому стані, процес обробки яких супроводжується виділенням променистого тепла, утворенням іскор і/або полум'я; горючі гази, рідини і/або тверді речовини, що спалюються або утилізуються як паливо. Приміщення дослідницької лабораторії належить до категорії «Г» з пожежної небезпеки, тому відповідно до вимог ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги» воно має II ступінь вогнестійкості.

Згідно з наказом МВСУ 15.01.2018 № 25 для визначених категорій у дослідницькій лабораторії повинні бути встановлені 2 переносні порошкові вогнегасники ВП-3.