

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Національний університет «Запорізька політехніка»

Транспортний  
(повне найменування факультету)

«Транспортні технології»  
(повне найменування кафедри)

## Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

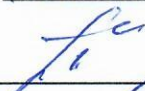

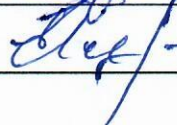
магістра  
(ступінь вищої освіти)

на тему АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ТРАНСПОРТНИХ СХЕМ ДОСТАВКИ  
КОКСУ НА ПАТ «ЗАПОРІЖСТАЛЬ» ЗІ СТАНЦІЇ ЗАПОРІЖЖЯ-ЛІВЕ

Виконав: студент II курсу, групи T-813м

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

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

		<u>Павло СИЧОВ</u> (прізвище та ініціали)
Керівник		<u>Сергій ТУРПАК</u> (прізвище та ініціали)
Рецензент		<u>Наталія ЄВСЄВА</u> (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

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

СИЧОВ Павло Андрійович

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Аналіз ефективності транспортних схем доставки коксу на ПАТ «Запоріжсталь» зі станції Запоріжжя-Ліве

керівник проекту (роботи) д-р. техн. наук, проф. ТУРПАК Сергій Миколайович

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

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

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


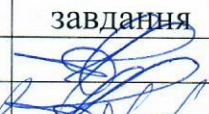






3. Вихідні дані до проекту (роботи) вантажопотоки відвантаження готової продукції підприємства, існуюча технологія та організація переробки і внутрішньозаводських перевезень коксу, техніко-економічні показники існуючої технології та організації внутрішньозаводських перевезень

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналітична частина, 2. Основна частина, 2.1 Аналіз інтенсивності надходження коксу з зовнішньої мережі залізниць, 2.2 Побудова моделі управління вантажопотоками коксу в умовах його надходження від різних постачальників, 2.3 Експерименти на моделі coke2024, 3. Економічна частина, 3.1 Визначення методики порівняння витрат при перевезенні коксу з різних джерел постачання, 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	ТУРПАК С.М., професор		
2	ТУРПАК С.М., професор		
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)

Павло СИЧОВ  
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Керівник проєкту (роботи)

  
(підпис)

Сергій ТУРПАК  
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

## РЕФЕРАТ

ПЗ : 89 с., 55 рис., 5 табл., 21 джерело.

### ЗАЛІЗНИЦЯ, КОКС ДОМЕННИЙ, МАГІСТРАЛЬНИЙ ТРАНСПОРТ, ПРОМИСЛОВИЙ ТРАНСПОРТ, РУДНИЙ ДВІР

Об'єкт дослідження – транспортно-виробнича система перевезень та вантажопереробки коксу в умовах його доставки із зовнішньої мережі залізниць.

Мета роботи – удосконалення технології перевезень та вантажопереробки коксу в умовах доставки із зовнішньої мережі залізниць.

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

В магістерській роботі досліджено технологічний процес організації перевезень та вантажопереробки доменного коксу в умовах його доставки із зовнішньої мережі залізниць на металургійне підприємство, на рикладі комбінату «Запоріжсталь». На основі імітаційної моделі роботи транспортно-виробничої системи визначені показники її функціонування за різними варіантами, виконані техніко-економічні розрахунки та обрано найбільш ефективний варіант організації робіт.

## ЗМІСТ

	с.
Завдання на проєкт .....	2
Реферат.....	4
Зміст .....	5
Вступ .....	7
1 Аналітична частина .....	9
1.1 Аналіз діючих виробників коксу в Україні .....	9
1.1.1 Аналіз транспортно-виробничої системи «Запоріжжкокс» .....	9
1.1.2 Аналіз транспортно-виробничої системи «Южкокс» .....	12
1.1.3 Аналіз транспортно-виробничої системи виробництва коксу ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» .....	15
1.1.4 Аналіз транспортно-виробничої системи виробництва коксу ПрАТ «Дніпровський металургійний завод» .....	17
1.2 Загальний аналіз поточного виробництва коксу в Україні .....	18
1.3 Постановка задач дослідження в умовах постачання коксу з зовнішньої мережі залізниць .....	19
2 Основна частина .....	21
2.1 Аналіз інтенсивності надходження коксу з зовнішньої мережі залізниць .....	21
2.2 Побудова моделі управління вантажопотоками коксу в умовах його надходження від різних постачальників .....	23
2.2.1 Опис реалізації процесу надходження коксу з зовнішньої мережі залізниць .....	23
2.2.2 Опис реалізації процесу надходження та вантажопереробки коксу з підприємства Запоріжжкокс .....	27

2.2.3	Опис реалізації процесу вантажопереробки коксу, що надійшов з зовнішньої мережі залізниць .....	34
2.2.4	Опис реалізації процесу вантажопереробки коксу, що зберігався на складі рудного двору .....	42
2.2.5	Опис реалізації процесу споживання коксу виробництвом .....	47
2.3	Експерименти на моделі coke2024 .....	54
3	Економічна частина .....	61
3.1	Визначення методики порівняння витрат при перевезені коксу з різних джерел постачання .....	62
3.2	Вартість витрат за варіантом доставки коксу №1 .....	65
3.3	Вартість витрат за варіантом доставки коксу №2 .....	66
3.4	Вартість витрат за варіантом доставки коксу №3 .....	67
3.5	Вартість витрат за варіантом доставки коксу №4 .....	68
3.6	Аналіз витрат по варіантах .....	70
4	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях .....	72
4.1	Аналіз потенційних небезпек .....	72
	Висновки .....	74
	Перелік посилань .....	76
	ДОДАТОК А. ЗАХОДИ ПО ЗАБЕЗПЕЧЕННЮ БЕЗПЕКИ .....	79
	ДОДАТОК Б. ЗАХОДИ З ВИРОБНИЧОЇ САНІТАРІЇ ТА ГІГІЄНИ ПРАЦІ .....	80
	ДОДАТОК В. ЗАХОДИ БЕЗПЕКИ У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ .....	87

## ВСТУП

Металургійна галузь Європи наразі перебуває у найгіршому стані з часу економічної кризи 2009 р. та потребує прийняття певних заходів з боку ЄС для його покращення.

У світі спостерігається надлишкове надходження сталеливарної продукції – за минулий рік надійшло понад 550 млн т, що в чотири рази вище виробництва сталі в ЄС за аналітичний період [1].

В короткостроковій перспективі, через два роки, обсяги виробництва прогнозовано збільшаться на понад 150 млн т/рік.

Важливою є роль Китаю, який здійснює виготовлення половини від світового виробництва сталі. Це загрожує зменшенню прибутків європейських металургів, може призвести до скорочення робочих місць та негативно впливає на довкілля.

Тобто, станом на 2026 рік виробництво сталі в Європі може становити вже лише 20% від світового виробництва.

На сьогоднішній день металургійна галузь України перебуває ще у більш важкому стані через проблеми військового вторгнення в нашу країну. Проте, комбінат Запоріжсталь продовжує стабільно отримувати кокс від коксохімічного підприємства – Запоріжкоксу, яке виробляє наразі понад 70 тис. т коксу на місяць [2].

Виробництво комбінату Запоріжсталь протягом минулого 2023 року становило близько 2,7 млн т рідкого чавуну та 2,5 млн т сталі, тож, враховуючи роботу на рівні 70% від планової потужності, це є непоганим результатом. Було відвантажено понад 2 млн т металопрокату у рулонах та пачках споживачам [3].

Військові дії будь-якої миті можуть негативно вплинути на дані процеси [4], тому в даному дослідженні виконується аналіз можливих варіантів розвитку подій, в тому числі при подаванні частини обсягів коксу залізничним транспортом з інших підприємств.

## 1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

### 1.1 Аналіз діючих виробників коксу в Україні

#### 1.1.1 Аналіз транспортно-виробничої системи «Запоріжжкокс»

В цьому «Запоріжжкокс» Групи Метінвест зустрів 90 рік з моменту заснування. Не зважаючи на військові дії, підприємство стабільно працює, виробивши минулого року близько 1 млн тонн коксу, це майже третина від усього українського виробництва [5].



Рисунок 1.1 – Завантаження коксу з коксових батарей до коксотушільного вагону на ПрАТ «Запоріжжкокс»

За час існування Запоріжжкоксом вироблено близько 120 млн тонн коксу. Підприємство постійно розвивається, переоснащується у технічному плані, розширює асортимент своєї продукції.

Зокрема реалізовані наступні проєкти:

- лінія грануляції електродного пеку.;
- введення в експлуатацію міні-градирні для охолодження технічної води смолоперегінного цеха;
- енергозбереження - обміну вторинними газами з підприємством Запоріжсталь [5].

Запоріжкокс передає кокс до Запоріжсталі з найменшим часом від моменту його виготовлення. Для цього використовуються спеціалізовані вагони [6] – коксовози (рисунок 1.2).



Рисунок 1.2 – Спеціалізований вагон для перевезення коксу до комбінату  
Запоріжсталь

Розглянемо схему доставку коксу з Запоріжкоксу за допомогою  
рисунок 1.3.

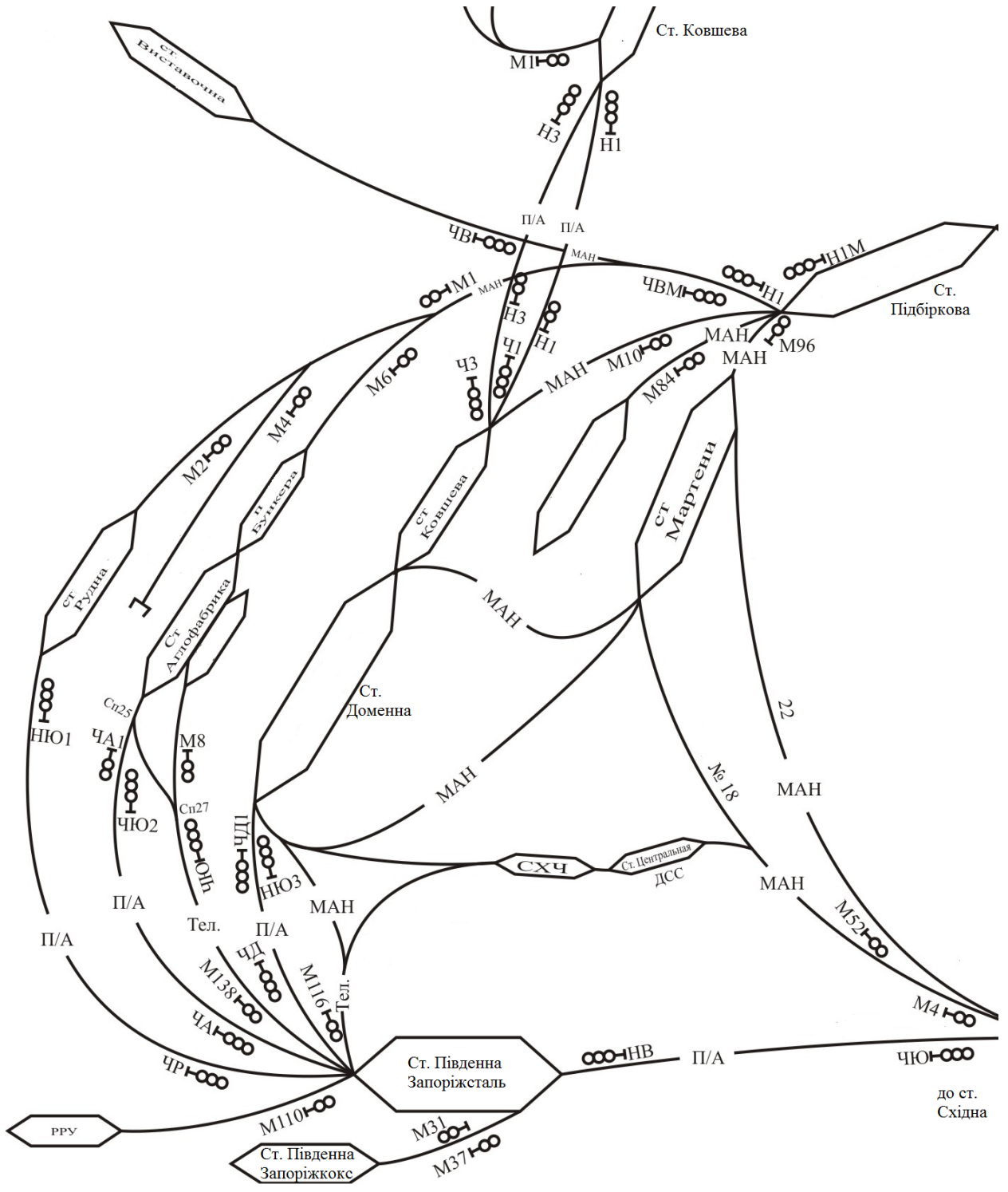


Рисунок 1.3 – Схема транспортних зав’язків при доставці коксу з Запоріжкоксу до Запоріжсталі

Запоріжкокс має два шляхи постачання коксу до Запоріжсталі:

- зі станції Південна (Запоріжкоксу) до станції Південна (Запоріжсталі), звідти коксовози можуть подаватись на вивантаження на другу колію парку бункерів ст. Аглофабрика або на четверту колію цієї ж станції. Все залежить від виробничої ситуації та інтенсивності надходження коксу.

При відповідності обсягів споживання доменних печей інтенсивності надходження коксу, це паливо вивантажується на другій колії у приймальні бункери, звідки через вагон-ваги та скіпи потрапить до приймального устрою відповідної печі.

Якщо обсяг постачання перевищує потребу, кокс треба або зберігати у коксовозах (така можливість, очевидно, є обмеженою) або вивантажувати на відкритий склад на рудному дворі – четверта колія. Звідти кокс знову повернеться до виробничого процесу при його нестачі.

Для цього необхідно буде використовувати рудно-грейферний перевантажувач та вагони хоперного типу для їх навантаження, переміщення до бункерів та вивантаження аналогічно загальній процедурі вивантаження коксовозів;

- зі станції Виставочна (Запоріжкокс) до станції Підбіркова (Запоріжсталь), а звідти – на другу колію парку бункерів ст. Аглофабрика або на четверту колію цієї ж станції – процедура вибору шляху є аналогічною поясненій вище.

### **1.1.2 Аналіз транспортно-виробничої системи «Южкокс»**

Від часу роботи в сучасній Україні підприємство «Южкокс» [7] постійно розвивається, вже з 1992 по 1998 р.р. виконано технічне переоснащення коксових батарей №5,6,8.

У 2004 році удосконалено технічне забезпечення роботи комплексу сьомої коксової батареї, проектна потужність якої сягає півмільйона коксу 6% вологості.

На сьогоднішній день підприємство складається з:

- вуглепідготовчого підрозділу;
- коксового цеху, який налічує три коксові батареї (5, 6, 7) загальною потужністю близько одного мільйона тонн коксу;
- підрозділ уловлювання та очищення коксового газу від смол, аміаку та бензолу;
- цеху моноетаноламінового очищення коксового газу від сірководню;
- теплоелектроцентралі;
- цеху енерго- та водозабезпечення,;
- лабораторій та ін.

Примикає підприємство до станції Запоріжжя-Кам'янське Придніпровської залізниці.

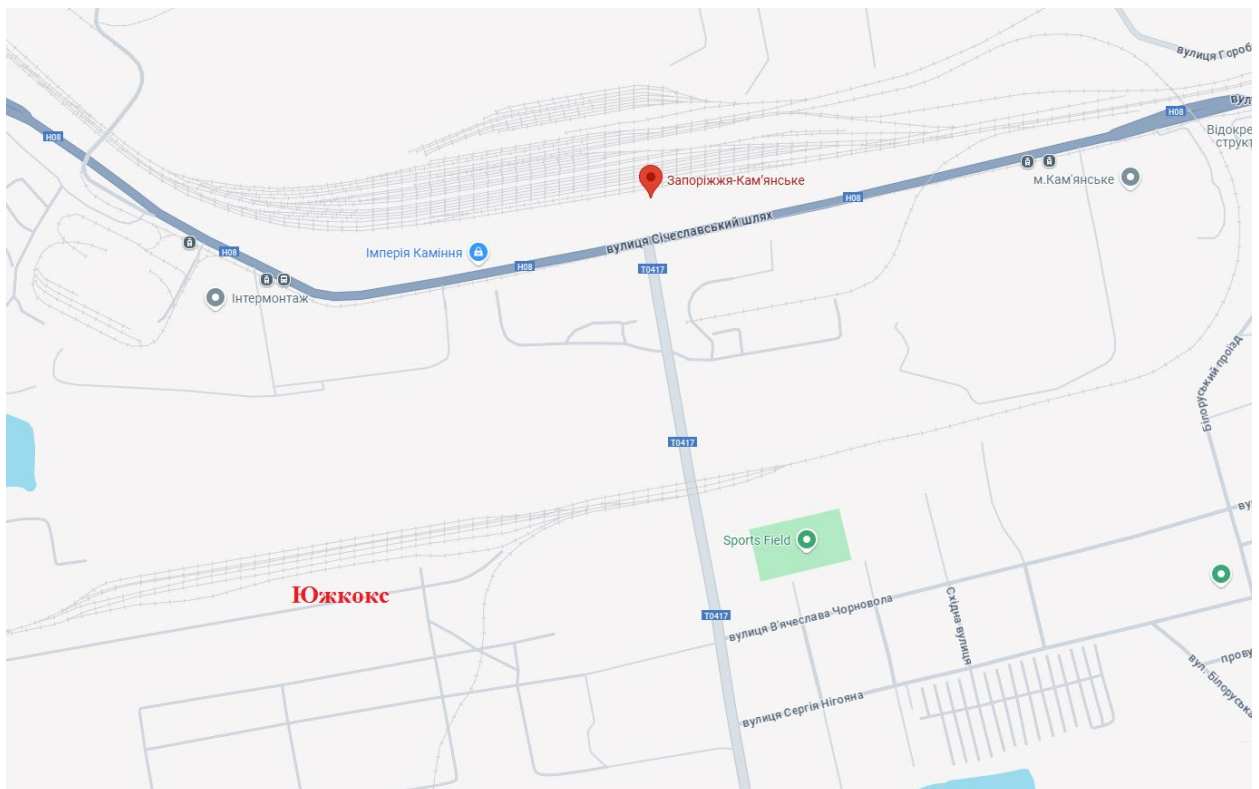


Рисунок 1.4 – Примикання Южкокс до колій Укрзалізниці

Таким чином, даний виробник коксу працює над питанням удосконалення використання виробничих потужностей та технологічних процесів, постійно виконує технічне переоснащення за різними інвестиційними проектами.

На Южкоксі є розвинена транспортна інфраструктура [8] залізничного транспорту (рисунок 1.5), навантаження коксу здійснюється бункерним способом, що дозволяє максимально використовувати місткість вагонів із мінімальним часом їх завантаження.

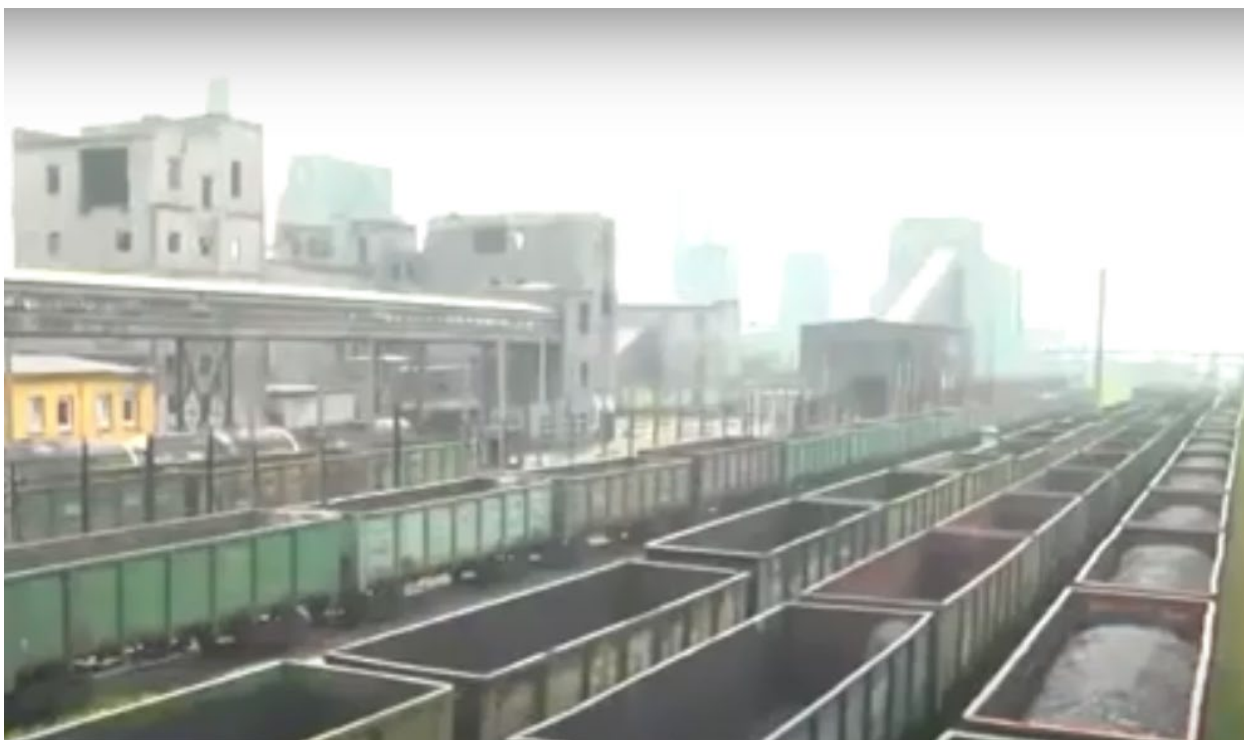


Рисунок 1.5 – Залізничний транспорт Южкокс

Підприємство Южкокс має досвід постачання коксу до комбінату Запоріжсталь.

### 1.1.3 Аналіз транспортно-виробничої системи виробництва коксу ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

Коксохімічне виробництво даного підприємства входить до числа найбільш потужних виробників Східної Європи.

Продукцією є:

- кокс;
- коксовий газ;
- сірчана кислота;
- хімічні продукти коксування.

Споживання орієнтоване на безпосереднє металургійне виробництво ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг».

До складу коксохімічного виробництва входять [9]:

- вуглепідготовчий цех, який забезпечує прийом та зберігання вугільних концентратів, підготування шихти з подачею її до вугільної башти;
- коксовий цех №1, що виробляє кокс і коксовий газ з даної вугільної шихти (рисунок 1.6). Для її подавання з вуглепідготовчого підрозділу використовуються конвеєрні лінії;
- цех уловлювання, який охолоджує коксовий газ, витягає з нього продукти коксування та передає до цеху сіркоочищення;
- підрозділ сіркоочищення, який, в свою чергу, очищує коксовий газ від сірководню для наступного виробництва сірчаної технічної кислоти.

З 2022 року на підприємстві виведені з експлуатації старі коксові перша та друга батареї. Відтепер з шести коксових батарей функціонують лише чотири.



Рисунок 1.6 – Виробництво коксу на ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

Проте батареї № 1,2 мають загальну потужність 3 тисячі тонн коксу на добу. Їх зупинка стала можливою лише через планову поетапну реалізацію інвестиційних програм підприємства з будівництва нових агрегатів і удосконалення діючого обладнання. Відтепер виробництво коксу забезпечують високотехнологічні батареї № 5 і 6.

Потужності виробництва коксу розташовані у місті Кривий Ріг, на незначній відстані від комбінату «Запоріжсталь». Аналіз показує, що виробництво коксу орієнтоване для використання на цьому ж підприємстві в металургії, проте потенційно має можливості для розвитку і збільшення продуктивності коксових батарей.

#### **1.1.4 Аналіз транспортно-виробничої системи виробництва коксу ПрАТ «Дніпровський металургійний завод»**

Зараз Дніпровський металургійний завод, розташований у м. Дніпро, виготовляє близько 7 тис. тонн металевого прокату і понад 23 тис. тонн доменного коксу на місяць [10] та є єдиним виробником спецпрофілів для машинобудівної та гірничодобувної галузей.

На рисунку 1.7 показаний коксовий майданчик Дніпровського металургійного заводу.



Рисунок 1.7 – Коксовий майданчик Дніпровського металургійного заводу у м. Дніпро

У порівнянні з листопадом минулого року виробництво металопрокату скорочено на 12 %, проте виробництво доменного коксу залишається на рівні 2023 року.

За 2024 рік, при значному скороченні виробництва прокату, яке на поточний момент складає близько 43 тис. тонн, а це становить на понад 57 відсотків менше аналогічного показника за період 2023 року. Проте, випуск коксу є скороченим лише на 1 %, що дає можливість його реалізації іншим споживачам.

## **1.2 Загальний аналіз поточного виробництва коксу в Україні**

Частка вугілля власного видобутку для виробництва коксу зараз складає трохи менше, ніж три чверті за даними 2024 року [11].

Проте, як це не дивно, внаслідок бойових дій орієнтація на внутрішнє постачання саме збільшилась, тому, що обсяги виробництва чавуну стали меншими, імпортування коксу ускладнене.

Для сьогоденного рівня річного виробництва у 6,5 млн тонн сталі і 1,3 млн тонн чавуну, наша країна потребує близько 3,2 млн тонн доменного коксу. Зараз п'ята частина цього потрібного обсягу імпортується.

Загальновідоме найбільше в Україні вугільновидобувне підприємство – шахтоуправління «Покровське», за даними 2023 року, забезпечувала дві третини потреби у сировині для виробництва коксу.

Відповідно, металургійна галузь потребує джерел постачання до 2,5 млн тонн коксівного вугілля або коксу. У 2021-му році імпорт коксу склав 0,8 млн тонн, за 11 міс. 2024-го року імпорт складає 0,7 млн тонн.

До повномасштабного вторгнення даний показник складав 11,5 млн тонн, у т.ч. 2,4 млн тонни – морським транспортом.

Але для функціонування морського транспорту потрібні відповідні безпекові умови. Серед потенційних постачальників - Австралія, США та Канада.

Аналітики вважають, що існує можливість фізично забезпечити роботу сектору ГМК за рахунок імпортного вугілля, проте постає питання економічної доцільності імпортової сировини.

Зараз виробляють кокс «Южкокс», «Каметсталь», ДМЗ, «Запоріжкокс» та коксохімічне виробництво на «АрселорМіттал Кривий Ріг».

Також активними постачальниками коксівного вугілля та коксу можуть бути країни Європи.

Так польська компанія Jastrzebska Spolka Weglowa (JSW) у 3 кварталі 2024 року збільшила продажі коксівного вугілля на 12% у порівнянні з попереднім кварталом – до 1,8 млн тонн [12].

Відповідно до проведеного аналітичного аналізу, перейдемо до формування завдань дослідження забезпечення постачань коксу на комбінат «Запоріжсталь».

### **1.3 Постановка задач дослідження в умовах постачання коксу з зовнішньої мережі залізниць**

Для постановки задач, охарактеризуємо особливості вимушеного військовими діями, постачання доменного коксу із зовнішньої мережі залізниць до металургійних підприємств:

- значна нерівномірність інтенсивності постачань через випадковий характер доставок на збільшену відстань;
- низький коефіцієнт використання вантажопідйомності напіввагонів порівняно зі спеціалізованими вагонами-коксозами;

- необхідність організації взаємодії процесів доставки коксу шліхами Укрзалізниці із постачаннями коксу від традиційно обслуговуючими підприємствами-виробниками коксу, які розташовуються поруч із металургійними комбінатами (зокрема, в системі Запоріжжкокс-Запоріжсталь).

В роботі планується створити імітаційну модель постачань доменного коксу із зовнішньої мережі залізниць та по промисловим залізничним коліям від місцевого виробника з метою встановлення найбільш економічно доцільних параметрів роботи даної транспортно-виробничої системи.

## 2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

### 2.1 Аналіз інтенсивності надходження коксу з зовнішньої мережі залізниць

До повномасштабного вторгнення на підприємстві були випадки необхідності постачання коксу з зовнішньої мережі залізниць. Виконаємо аналіз даних спостережень роботи у таких випадках [13].

На рисунку 2.1 показана діаграма щільності ймовірності інтервалів надходження коксу зі станції Правда (Южкокс).

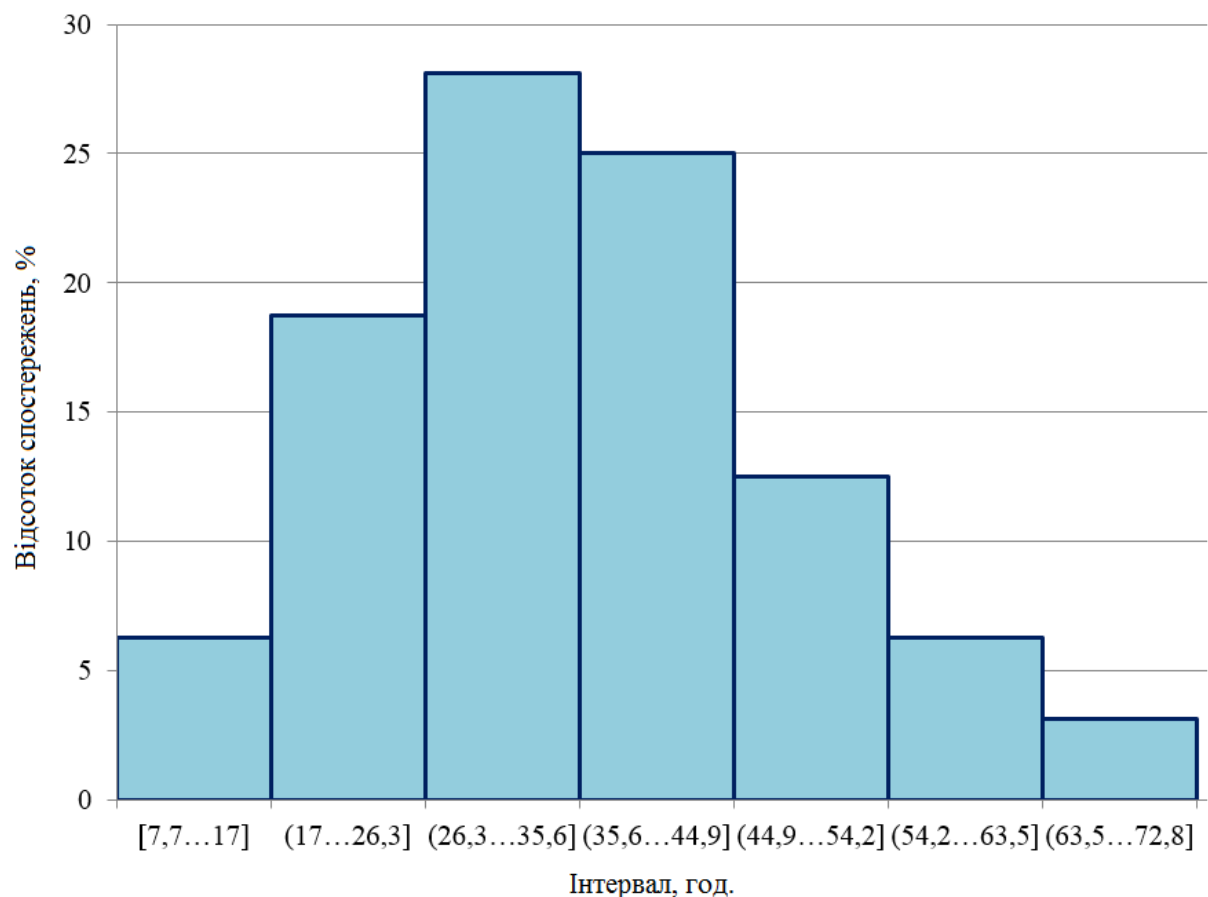


Рисунок 2.1 – Діаграма щільності ймовірності інтервалів надходження коксу зі станції Правда

Характеристики вибірки інтервалів надходження коксу зі станції Правда:

- мінімальний інтервал: 7,7 год.;
- максимальний інтервал: 72,8 год.;
- середній інтервал: 35,28 год.;
- стандартне відхилення: 14,29 год.

Дані характеристики використаємо у параметрах розподілу, який визначаємо, як нормальний теоретичний з огляду на форму діаграми щільності ймовірності інтервалів надходження коксу зі станції Правда, показаної на рисунку 2.1.

На рисунку 2.2 показана діаграма щільності ймовірності обсягів надходження коксу зі станції Правда у вагонах.

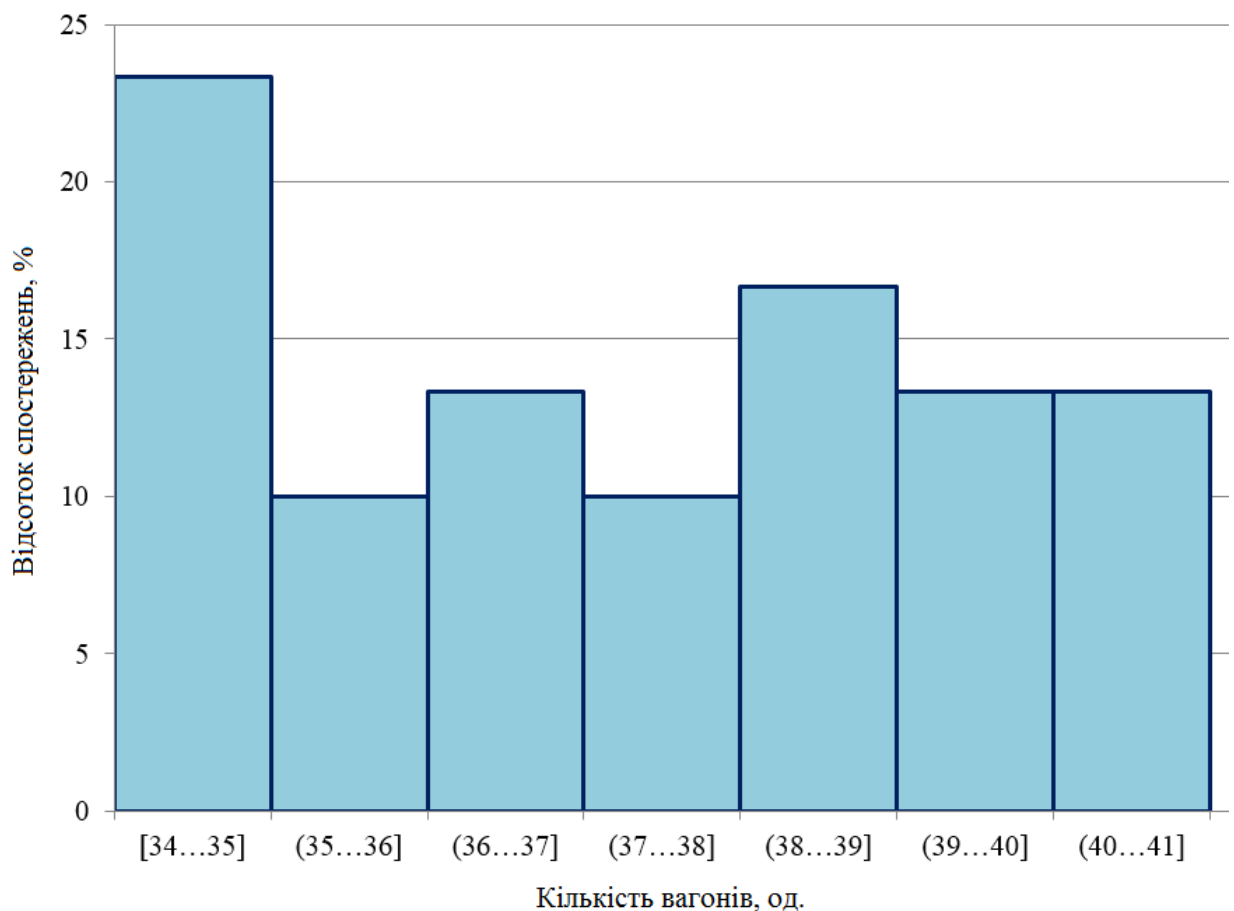


Рисунок 2.2 – Діаграма щільності ймовірності обсягів надходження коксу зі станції Правда у вагонах

Характеристики вибірки обсягів надходження коксу зі станції Правда у вагонах:

- мінімальна партія: 34;
- максимальна партія: 41;
- середня кількість у партії: 30;
- стандартне відхилення: 2,26.

Дані характеристики використаємо у параметрах розподілу, який визначаємо, як рівномірний теоретичний з огляду на форму діаграми щільності ймовірності обсягів надходження коксу зі станції Правда, показаної на рисунку 2.2.

## 2.2 Побудова моделі управління вантажопотоками коксу в умовах його надходження від різних постачальників

### 2.2.1 Опис реалізації процесу надходження коксу з зовнішньої мережі залізниць

На даному етапі необхідно забезпечити формування вхідного потоку коксу з зовнішньої мережі залізниць, враховуючи характеристики, визначені у попередньому розділі.

На рисунку 2.3 показаний фрагмент моделі coke2024, який дозволяє це реалізувати.

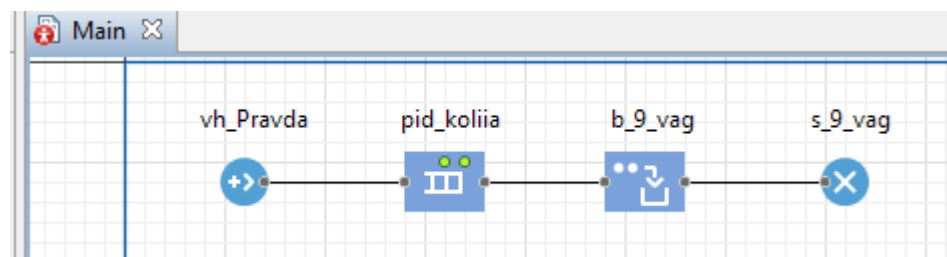


Рисунок 2.3 – Фрагмент моделі coke2024 формування вхідного потоку

В елементі `vh_Pravda`, що генерує замовлення – вагони з коксом, що надходить з зовнішньої мережі залізниць, вказуємо визначені параметри – рисунок 2.4.

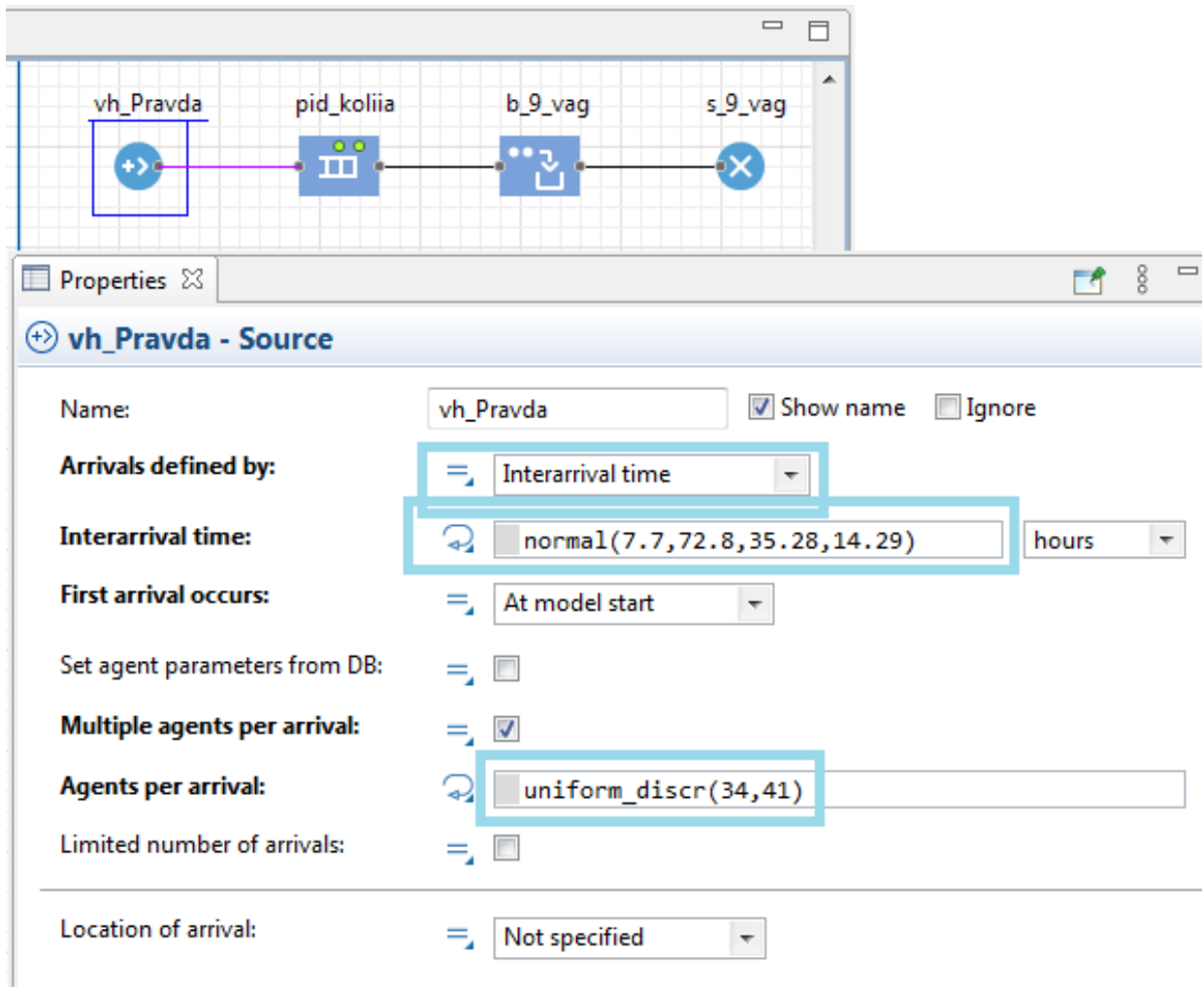


Рисунок 2.4 – Елемент `vh_Pravda`

Параметри часу інтервалів надходження составів визначаються функцією:

`normal(7.7,72.8,35.28,14.29);`

а кількість замовлень – дискретною функцією рівномірного розподілу:

$\text{uniform\_discr}(34,41)$ ,

де вказуються лише мінімальне та максимальне значення.

Замовлення передаються до черги `pid_koliia` – рисунок 2.5, з одним параметром – максимальна місткість утримання замовлень.

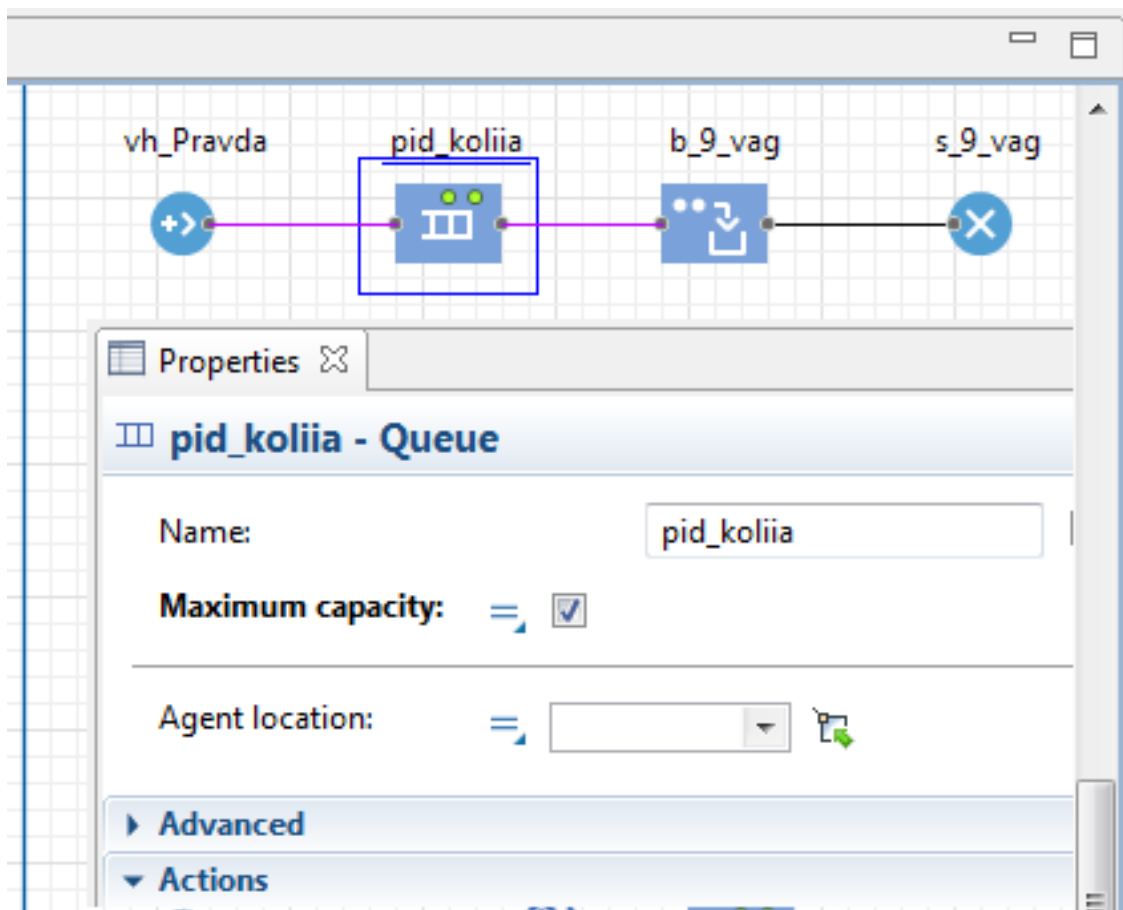


Рисунок 2.5 – Черга `pid_koliia`

Елемент `b_9_vag` групує замовлення у партії по 9 вагонів [14,15], що показано на рисунку 2.6.

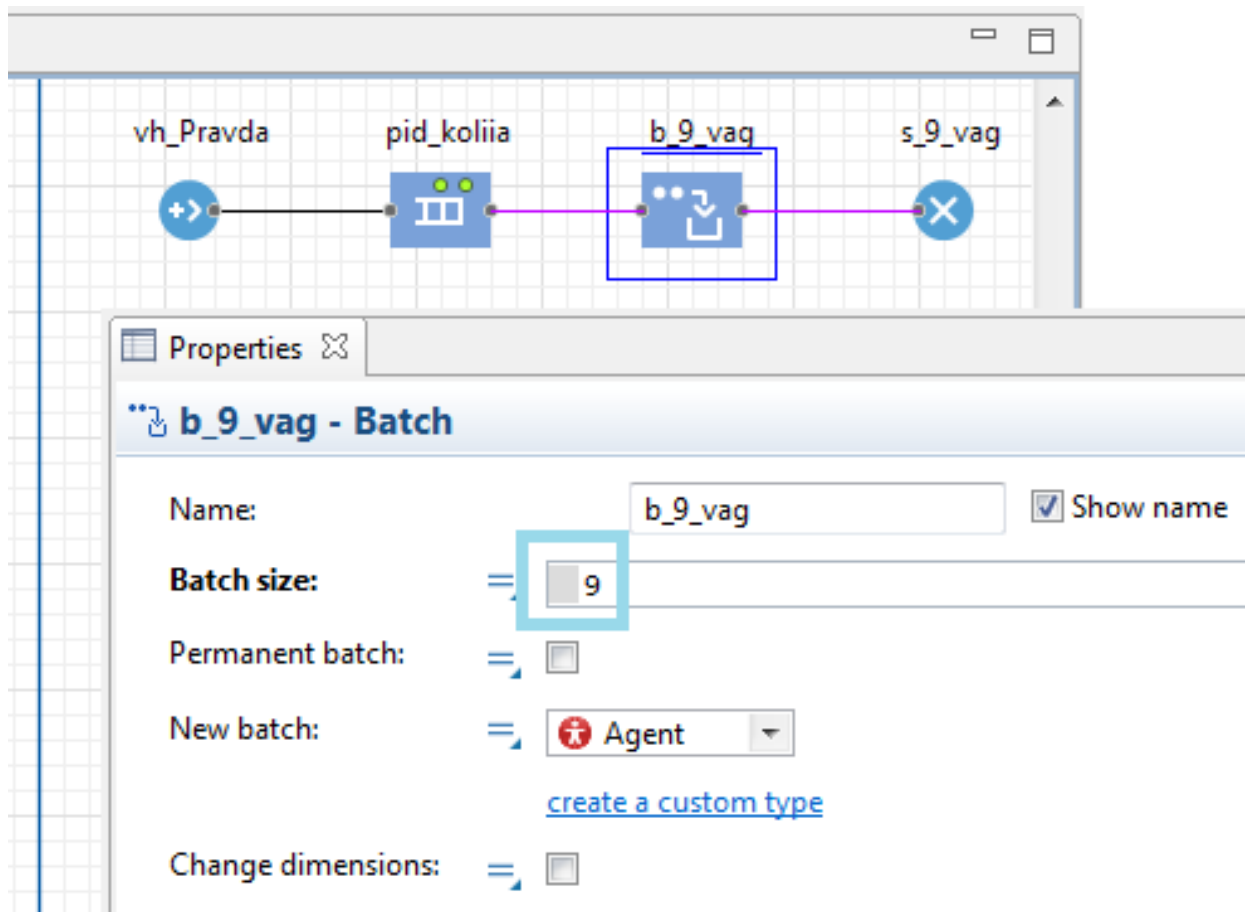


Рисунок 2.6 – Елемент b\_9\_vag

Саме такий розмір партії є стандартним для виконання вантажних операцій при доставці коксу на бункери доменного цеху відповідно до ТРА станції.

Останній елемент фрагменту s\_9\_vag знищує замовлення (вагон), при цьому методом виклику (inject(1)) утворюється нове замовлення (партія вагонів) у наступному блоці програми:

```
vh_Pravda_pod_9.inject(1);
```

що показано на рисунку 2.7.

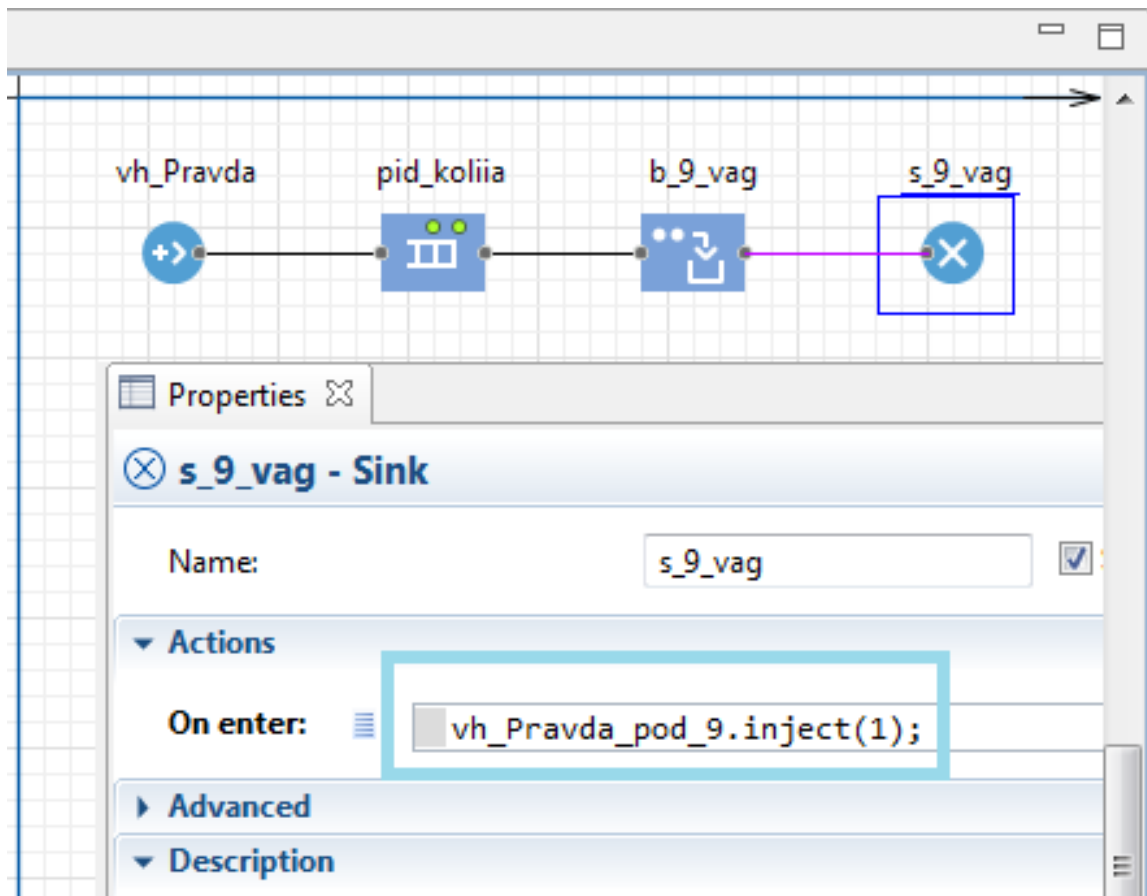


Рисунок 2.7 – Елемент s\_9\_vag

Проте спочатку розглянемо процес надходження та вантажопереробки коксу з підприємства Запоріжкокс.

### 2.2.2 Опис реалізації процесу надходження та вантажопереробки коксу з підприємства Запоріжкокс

Блок, який забезпечує реалізацію процесу надходження та вантажопереробки коксу з підприємства Запоріжкокс, наведений на рисунку 2.8.

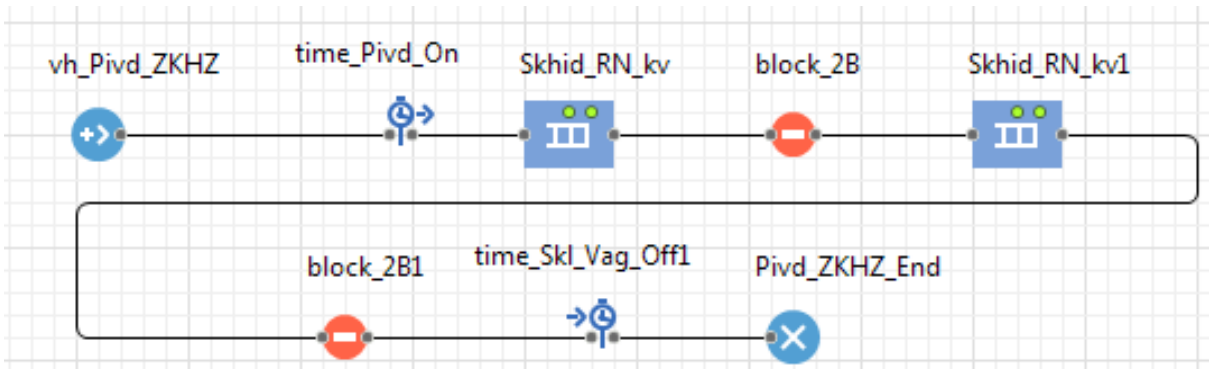


Рисунок 2.8 – Блок, який забезпечує реалізацію процесу надходження та вантажопереробки коксу з підприємства Запоріжкокс

Елемент `vh_Pivd_ZKHZ` генерує замовлення-партії вагонів (9 одиниць вагонів) через інтервал часу 9,6 годин – рисунок 2.9.

Рисунок 2.9 – Елемент `vh_Pivd_ZKHZ`

Даний інтервал відповідає достатньо чіткому процесу виробництва та організації доставки коксу від близько розташованого підприємства на комбінат Запоріжсталь.

Елемент `time_Pivd_On` фіксує час входження составу на комбінат – рисунок 2.10.

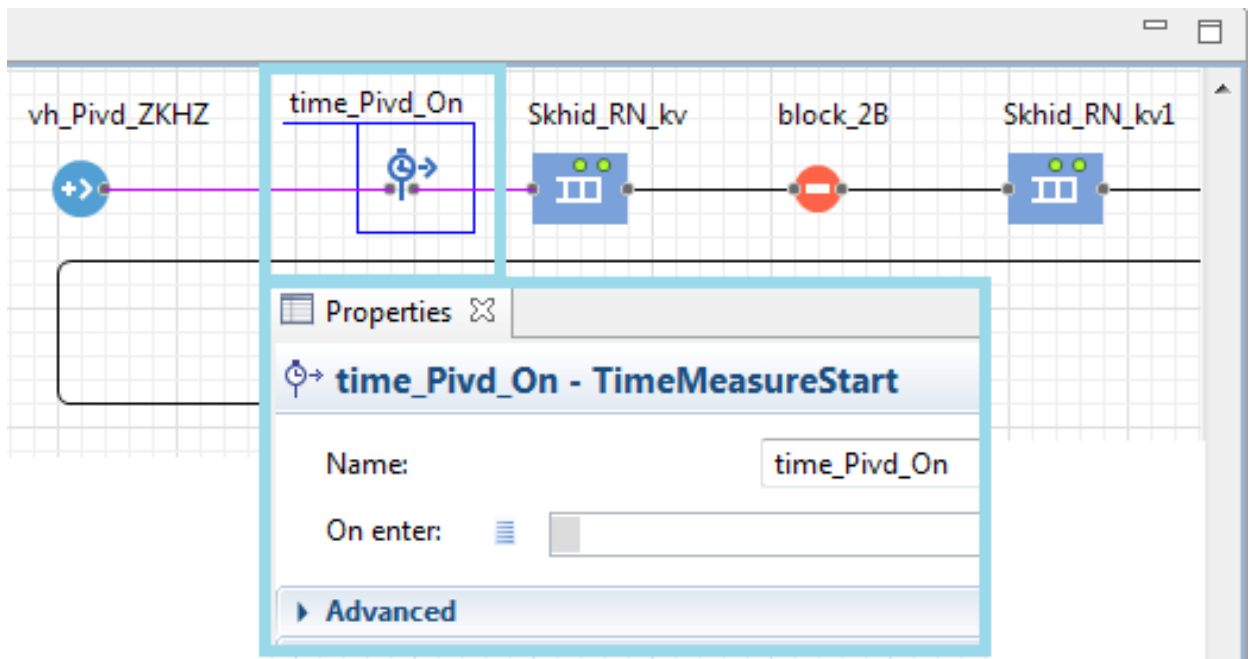


Рисунок 2.10 – Елемент `time_Pivd_On`

Даний елемент `time_Pivd_On` пов'язаний з передостаннім елементом блоку, який забезпечує реалізацію процесу надходження та вантажопереробки коксу з підприємства Запоріжкокс – елементом `time_Skl_Vag_Off1`.

В його параметрах зазначений початковий елемент початку врахування часу знаходження замовлень-партій вагонів у даному блоці, що показано на рисунку 2.11.

Таким чином відзначається шлях проходження, протягом якого фіксується час перебування в ньому замовлень.

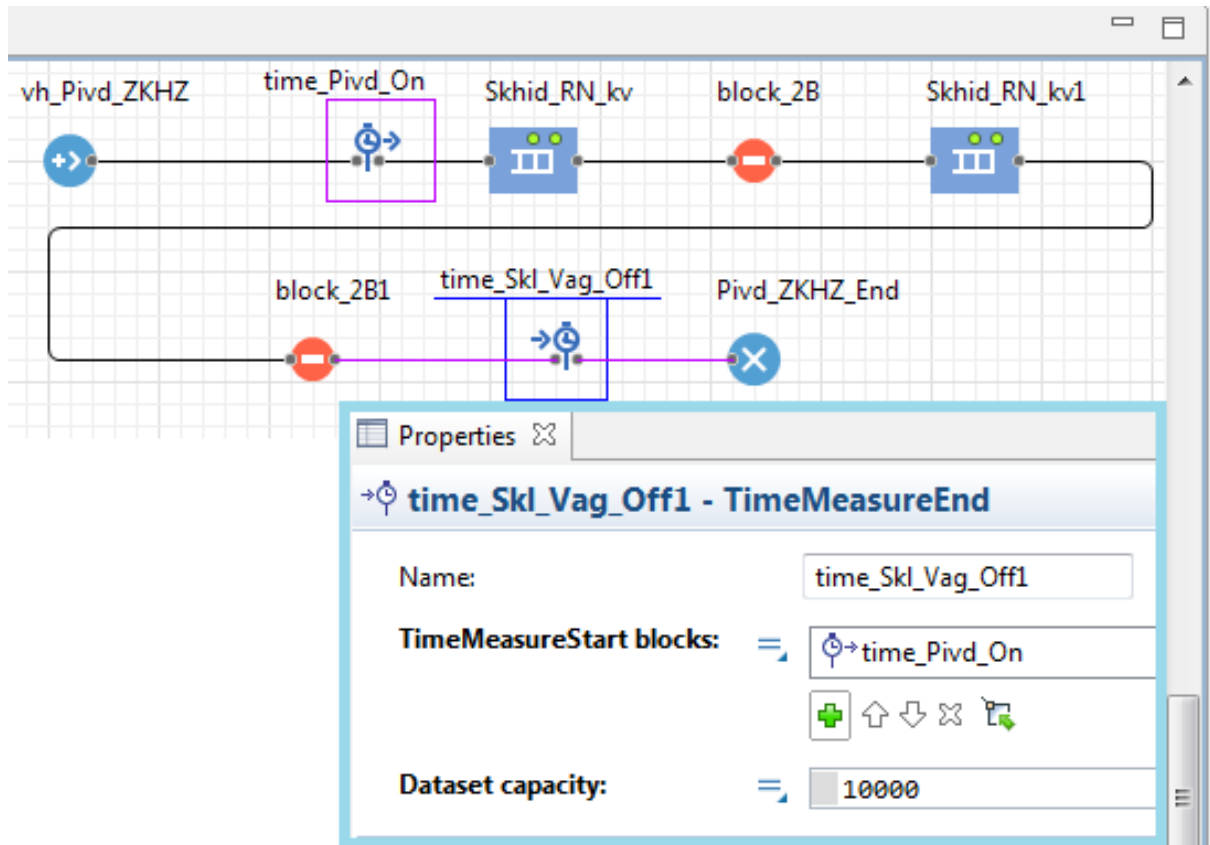


Рисунок 2.11 – Елемент time\_Skl\_Vag\_Off1

Елемент Skhid\_RN\_kv є чергою (рисунок 2.12), яка утримує партії вагонів до моменту відкриття наступного елементу – block\_2B, який початково заблокований для їх проходу – рисунок 2.13.

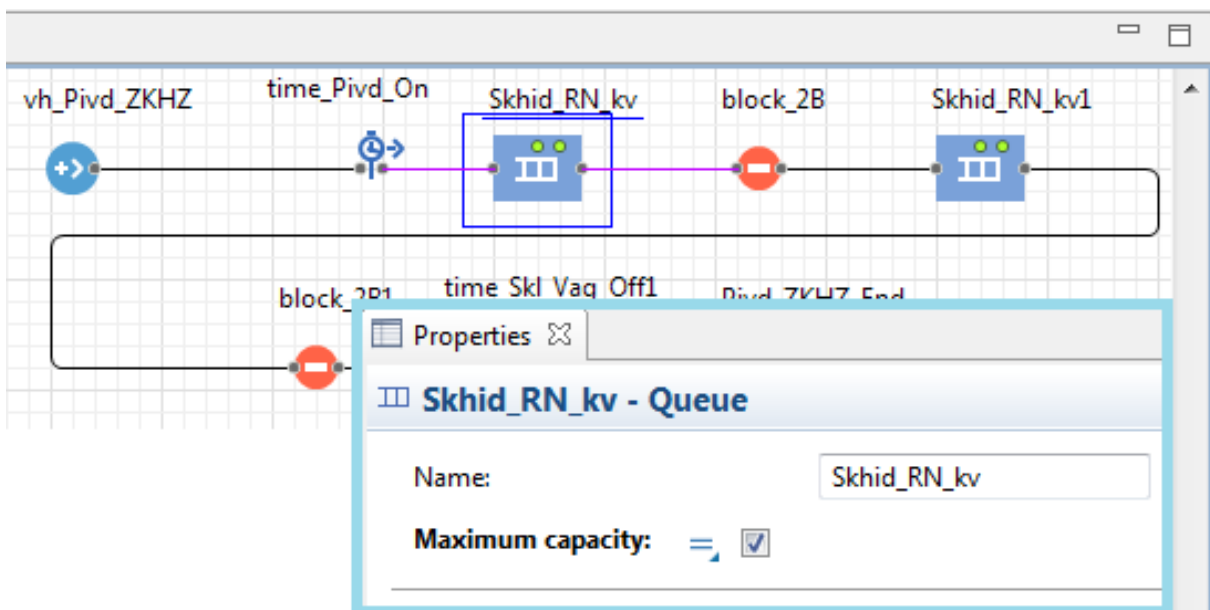


Рисунок 2.12 – Елемент-черга Skhid\_RN\_kv

Даний елемент block\_2B на відкриття керується з іншого блоку програми, при входженні до нього замовлення – самостійно блокується знову:

```
block_2B.setBlocked(true);
```

використовуючи вбудовану функцію setBlocked().

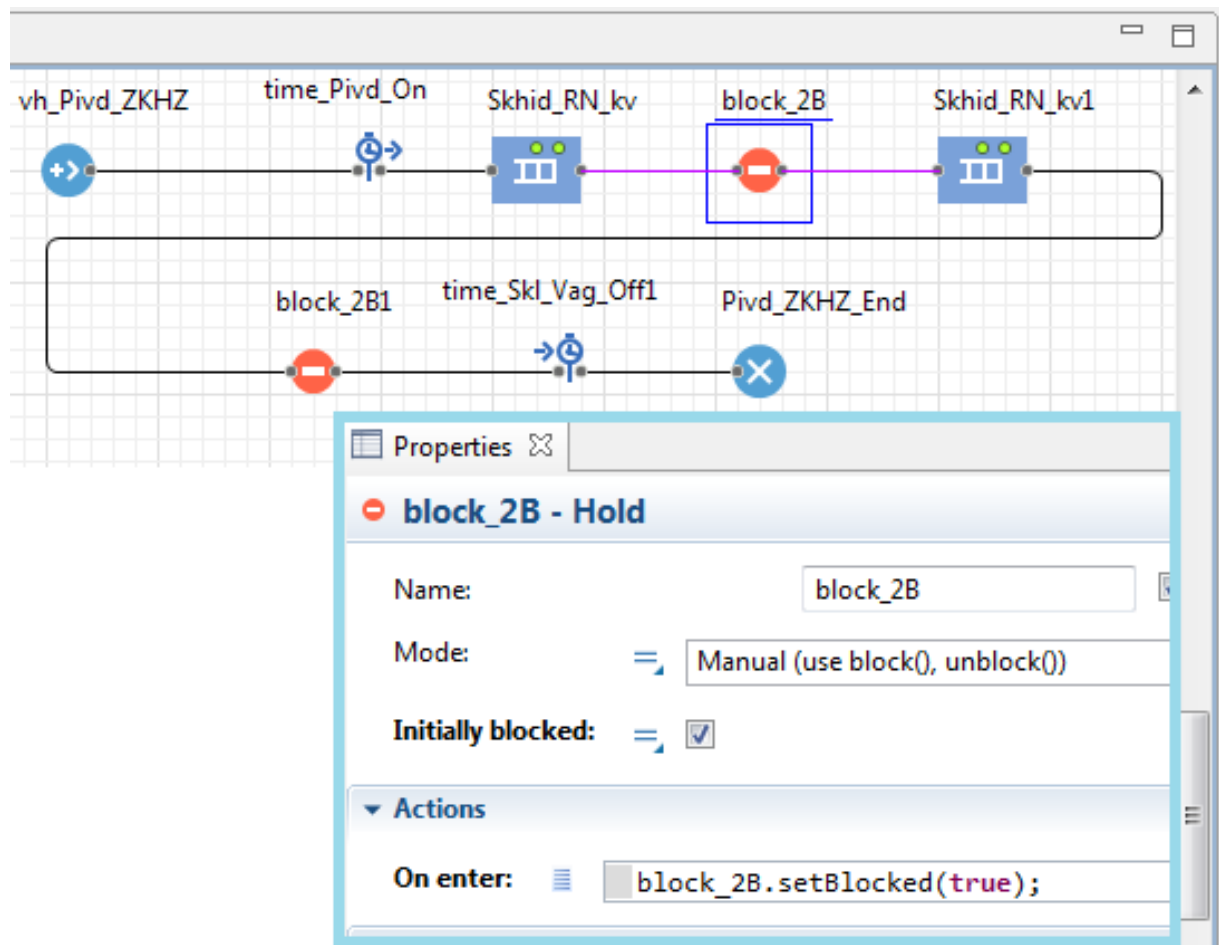


Рисунок 2.13 – Елемент block\_2B

На даному етапі імітується подавання партії до системи вивантаження на бункерах доменного цеху – вагони знаходяться в черзі Skhid\_RN\_kv1 – рисунок 2.14 до моменту їх розвантаження.

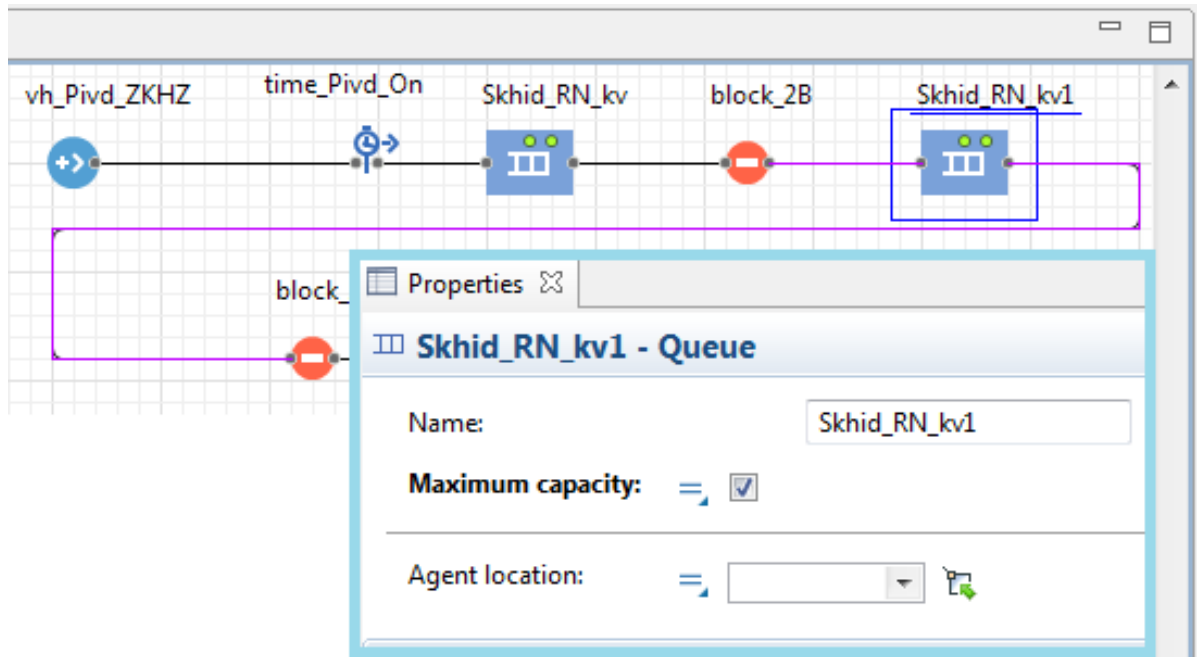


Рисунок 2.14 – Черга Skhid\_RN\_kv1

Цей процес також керується останнім блоком програми через елемент block\_2B1 – рисунок 2.15.

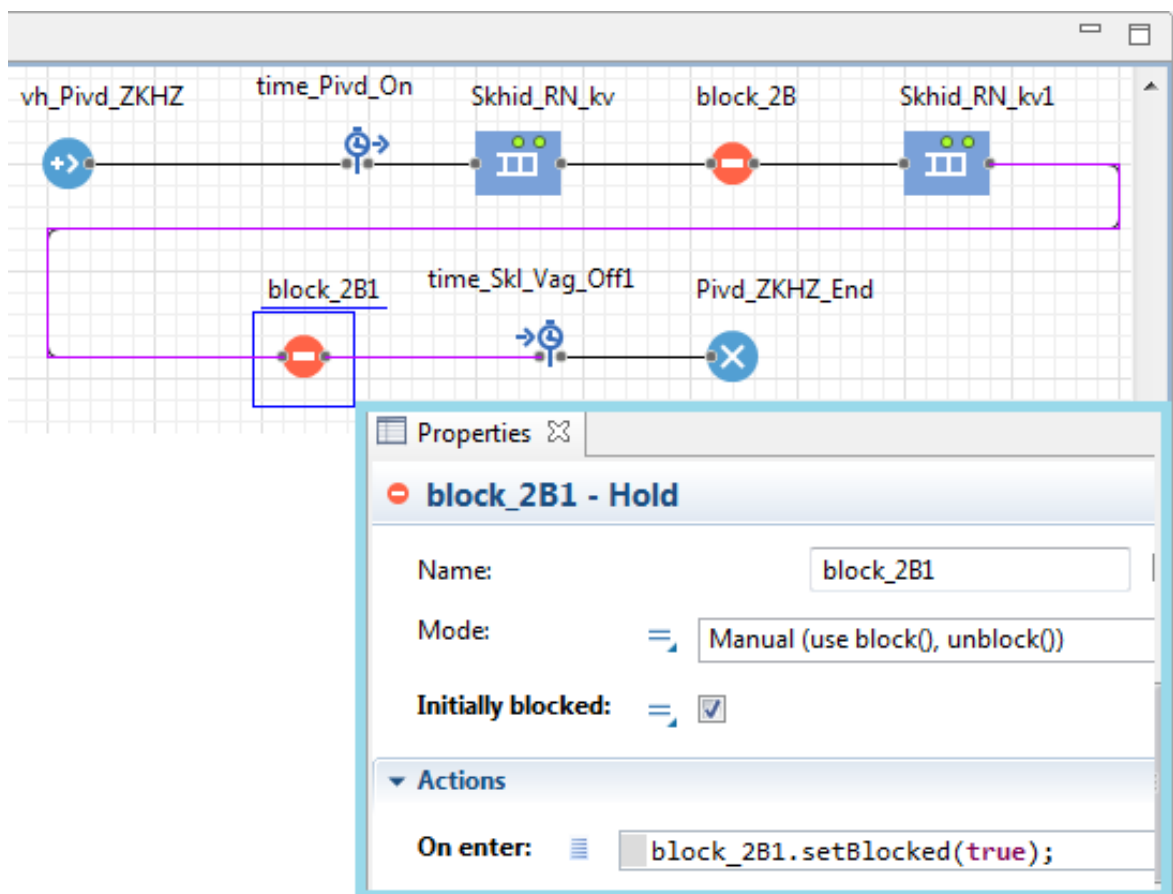


Рисунок 2.15 – Елемент block\_2B1

Елемент block\_2B1 початково заблокований, та знову блокується після входу до нього замовлення.

Після цього блок, який забезпечує реалізацію процесу надходження та вантажопереробки коксу з підприємства Запоріжкокс, завершує свою роботу – останнім є елемент Pivd\_ZKHZ\_End, який знищує замовлення – рисунок 2.16.

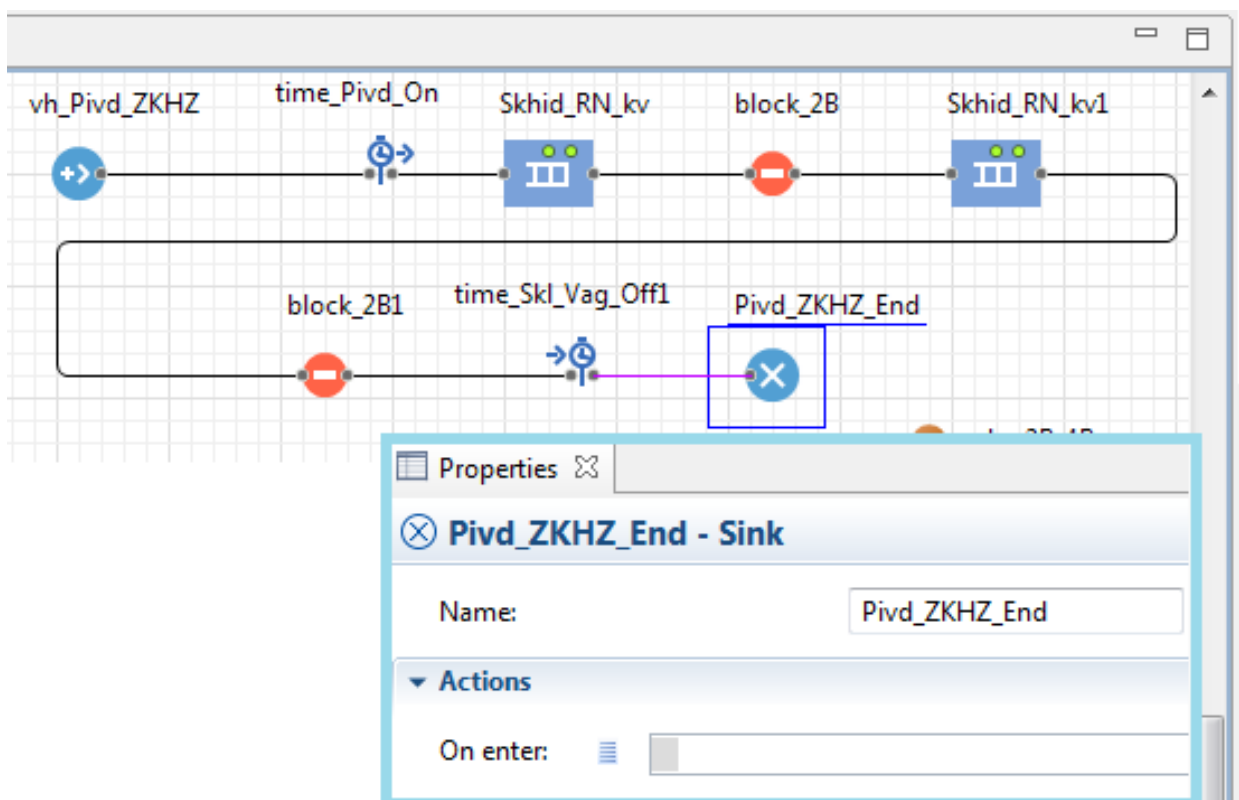


Рисунок 2.16 – Елемент Pivd\_ZKHZ\_End

Додаткових параметрів у цьому елементі Pivd\_ZKHZ\_End не передбачено.

Переходимо до опису блоку реалізації процесу вантажопереробки коксу, що надійшов з зовнішньої мережі залізниць.

### 2.2.3 Опис реалізації процесу вантажопереробки коксу, що надійшов з зовнішньої мережі залізниць

Блок реалізації процесу вантажопереробки доменного коксу, що надійшов з зовнішньої мережі залізниць, показаний на наступному рисунку – 2.17.

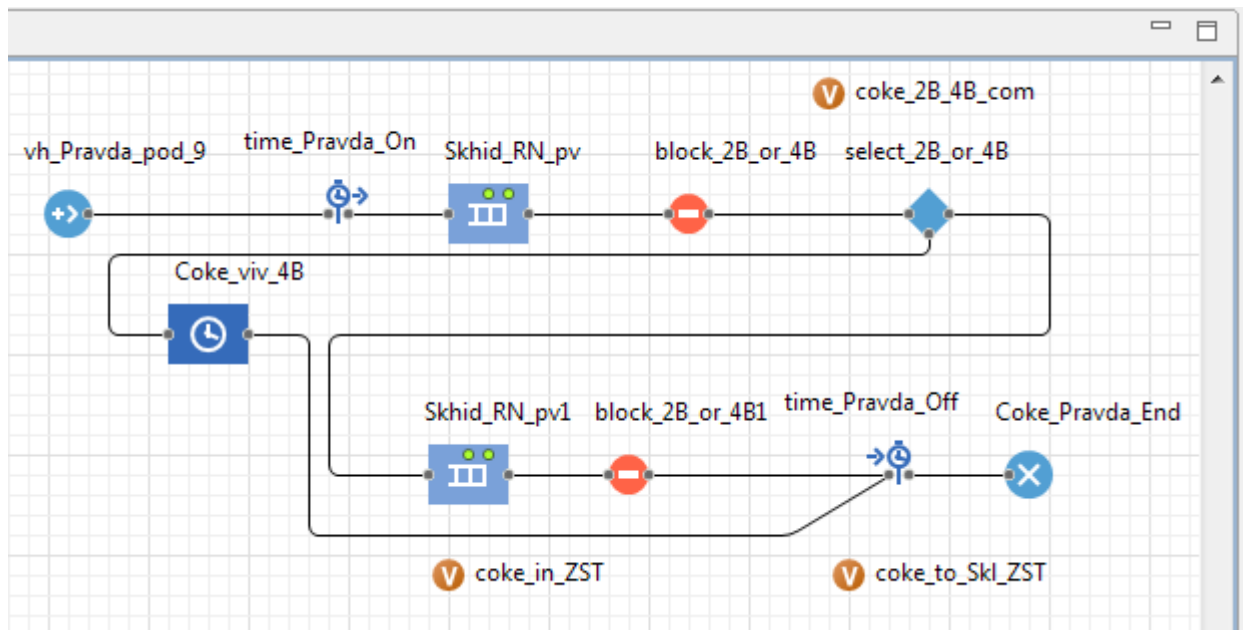


Рисунок 2.17 – Блок реалізації процесу вантажопереробки коксу, що надійшов з зовнішньої мережі залізниць

Перший елемент даного блоку `vh_Pravda_pod_9` методом виклику генерує замовлення по 9 вагонів в залежності від групування їх у першому блоці даного розділу – рисунок 2.18.

Елементом `time_Pravda_On` фіксується час початку використання вагонів за проходженням даного блоку – рисунок 2.19.

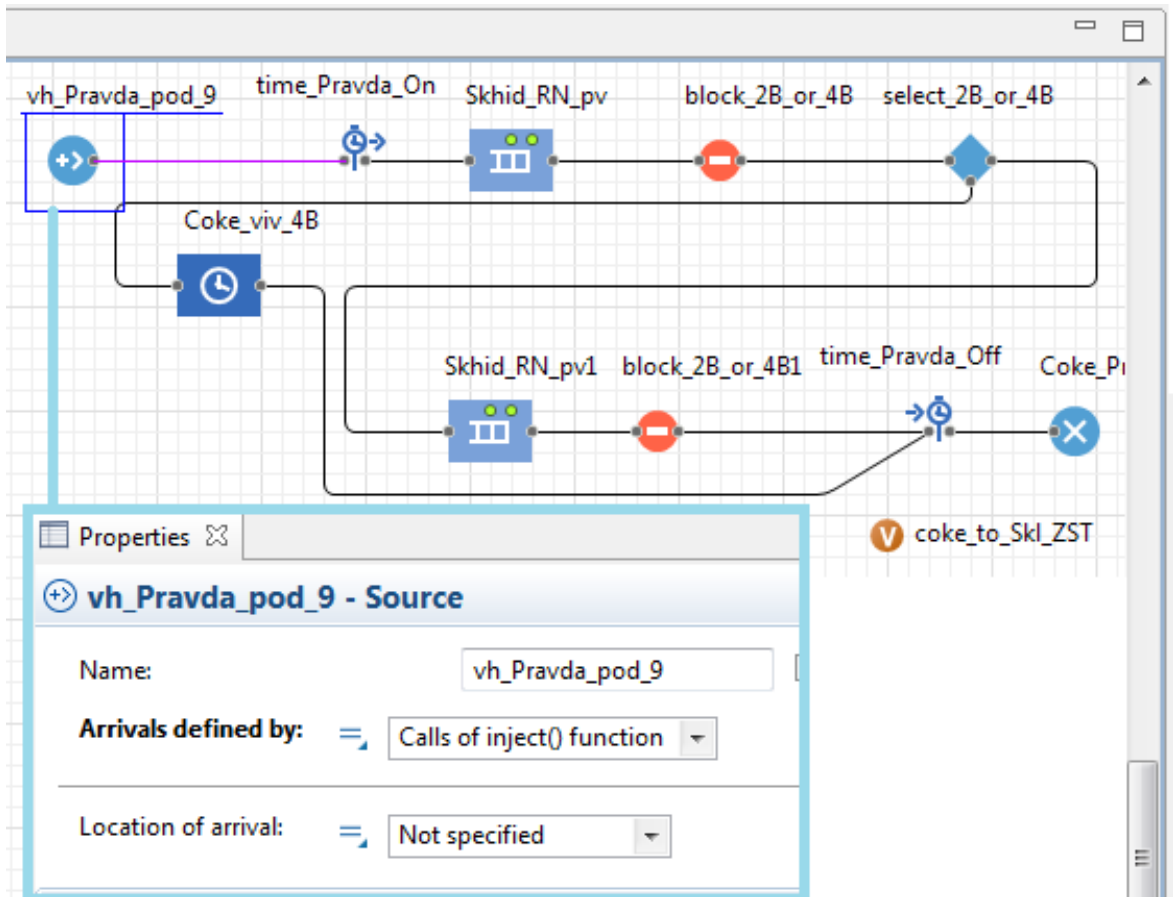


Рисунок 2.18 – vh\_Pravda\_pod\_9

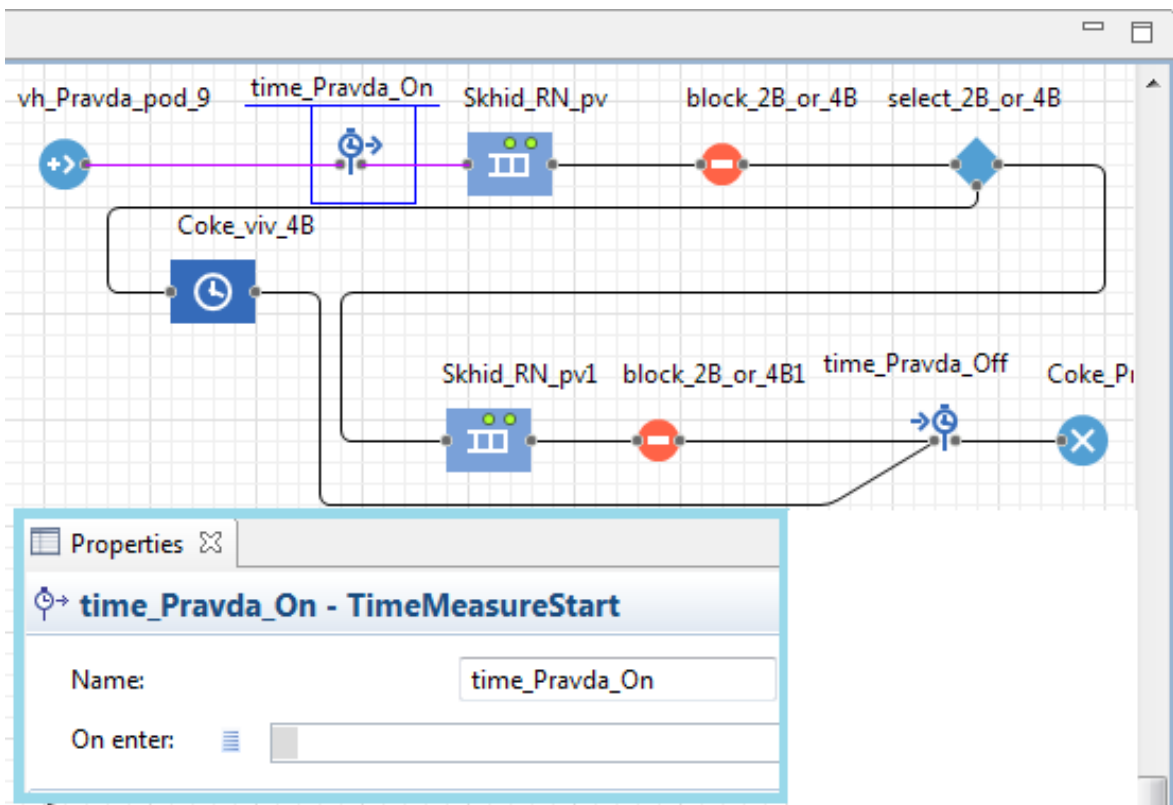


Рисунок 2.19 – Элемент time\_Pravda\_On

У черзі Skhid\_RN\_pv (рисунок 2.20) замовлення затримуються елементом block\_2B\_or\_4B, при вході збільшується змінна кількості вагонів з коксом, що надійшли до системи:

```
coke_in_ZST=coke_in_ZST+9;
```

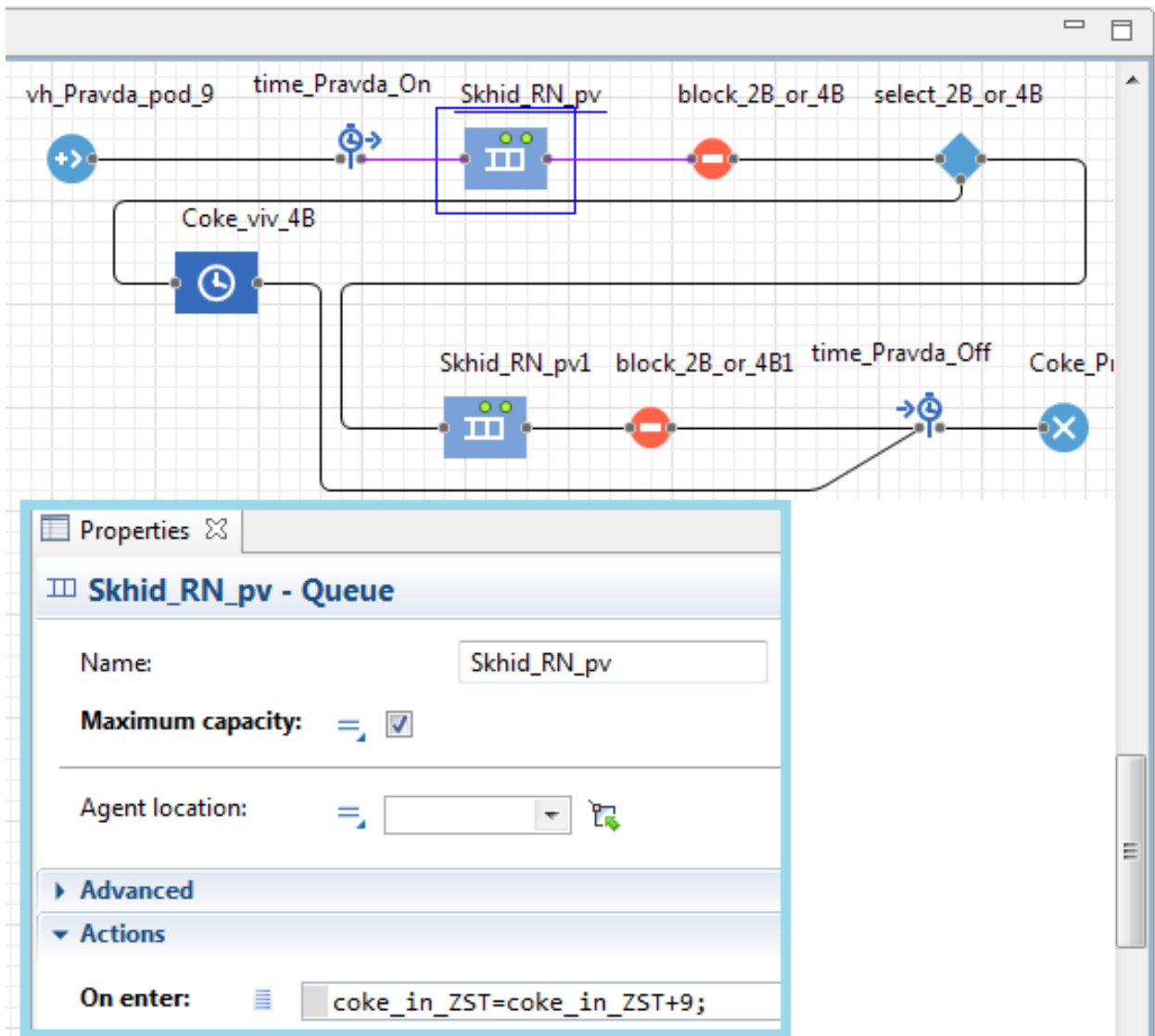


Рисунок 2.20 – Черга Skhid\_RN\_pv

Блокатор **block\_2B\_or\_4B** (рисунок 2.21) про проходженні одного замовлення-партії вагонів, знову блокується:

```
block_2B_or_4B.setBlocked(true);
```

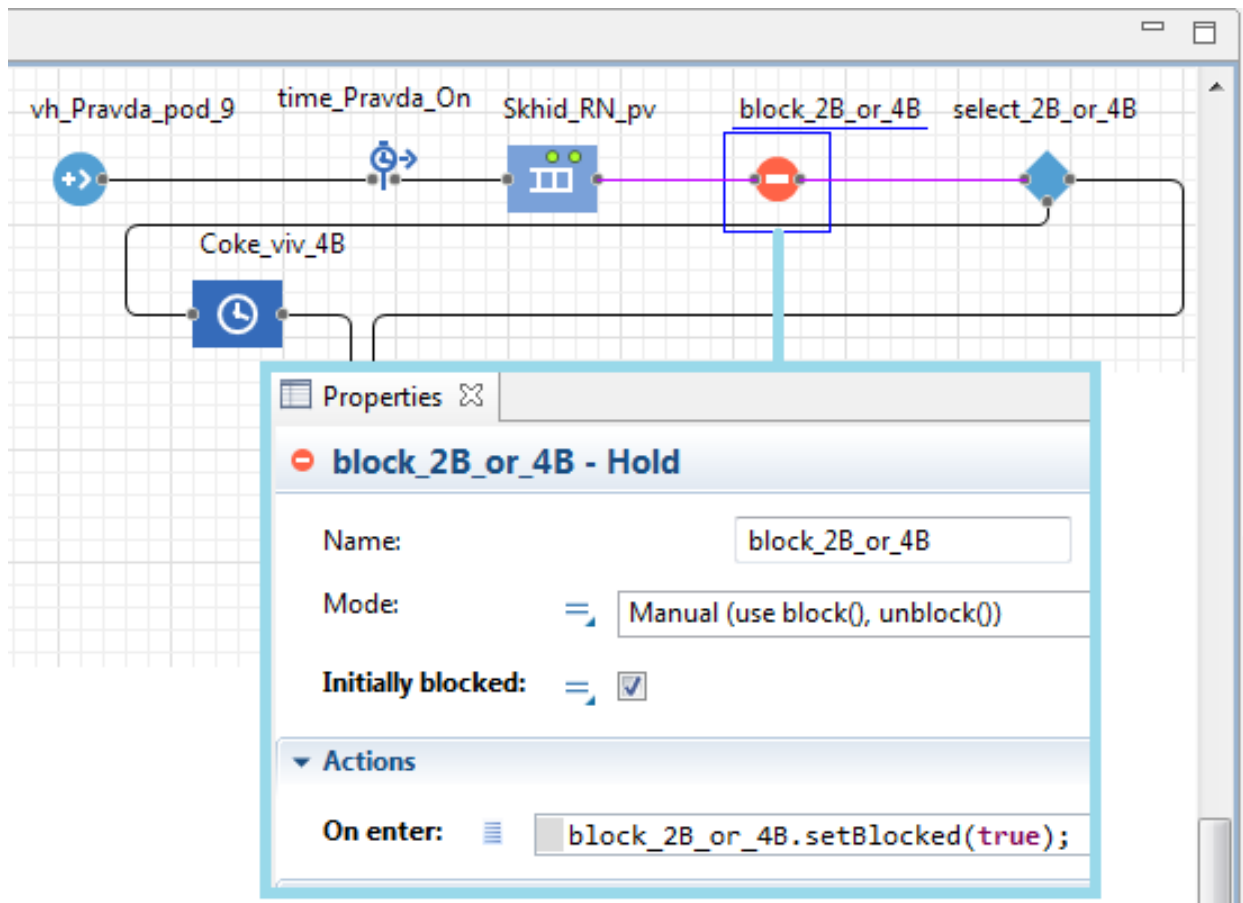


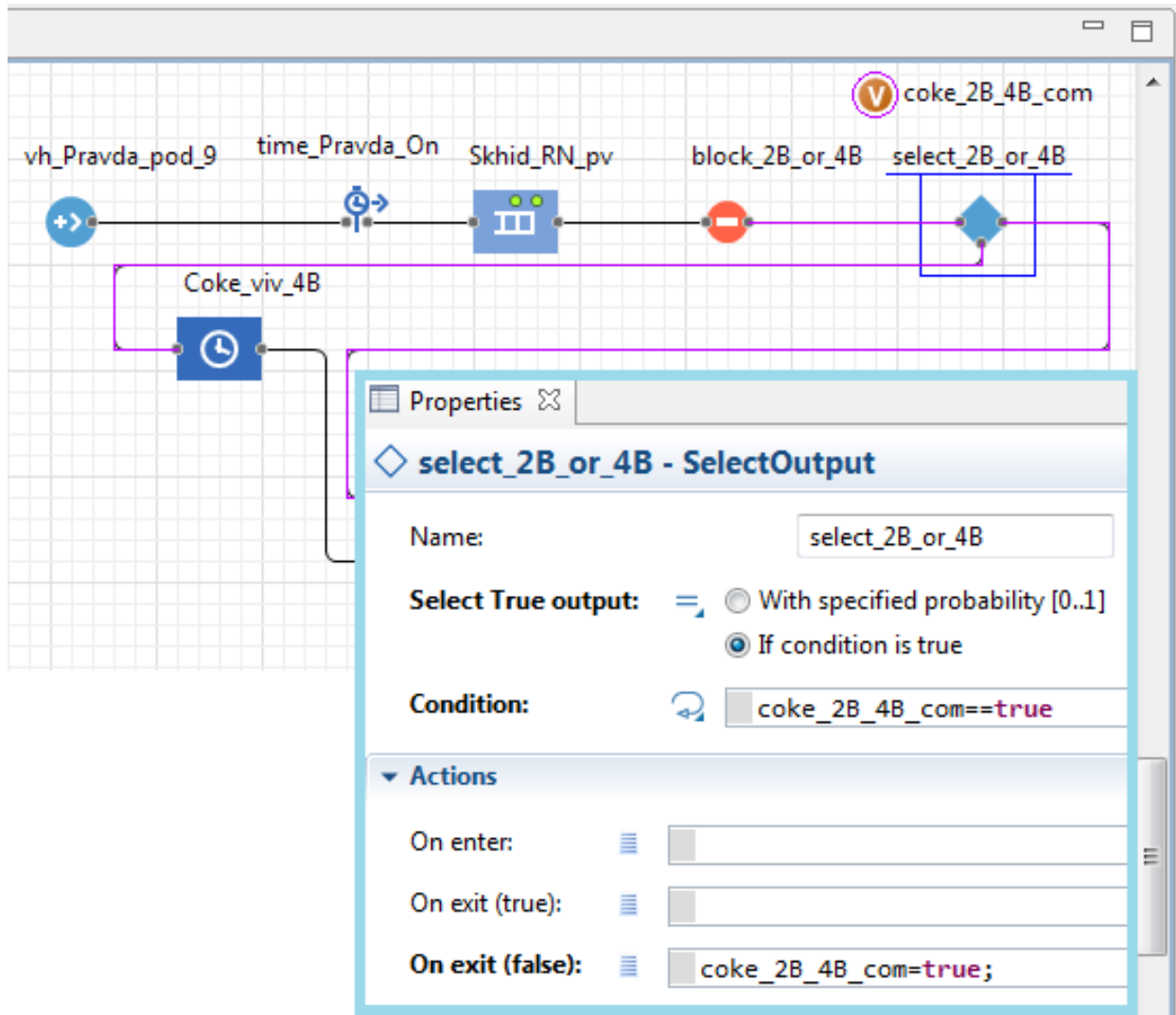
Рисунок 2.21 – Блокатор block\_2B\_or\_4B

Наступний за блокатором block\_2B\_or\_4B елемент select\_2B\_or\_4B через значення змінної coke\_2B\_4B\_com обирає напрямок вивантаження вагонів, які надходять з зовнішньої мережі залізниць: по колії 2 (до доменних печей) або 4 (на склад).

За замовченням обирається колія 2, тому після проходження кожного замовлення-партії вагонів, змінній логічного типу coke\_2B\_4B\_com присвоюється відповідне значення:

```
coke_2B_4B_com=true;
```

що показано на рисунку 2.22.



Рисунку 2.22 – Елемент select\_2B\_or\_4B

У разі руху на склад (ця умова буде прописана в останньому блоці програми), в елементі затримки Coke\_viv\_4B на встановлений час вивантаження даної партії вагонів розраховується кількість вагонів, що були розвантажені:

$$\text{coke\_to\_Sk1\_ZST} = \text{coke\_to\_Sk1\_ZST} + 9;$$

це показано на рисунку 2.23.

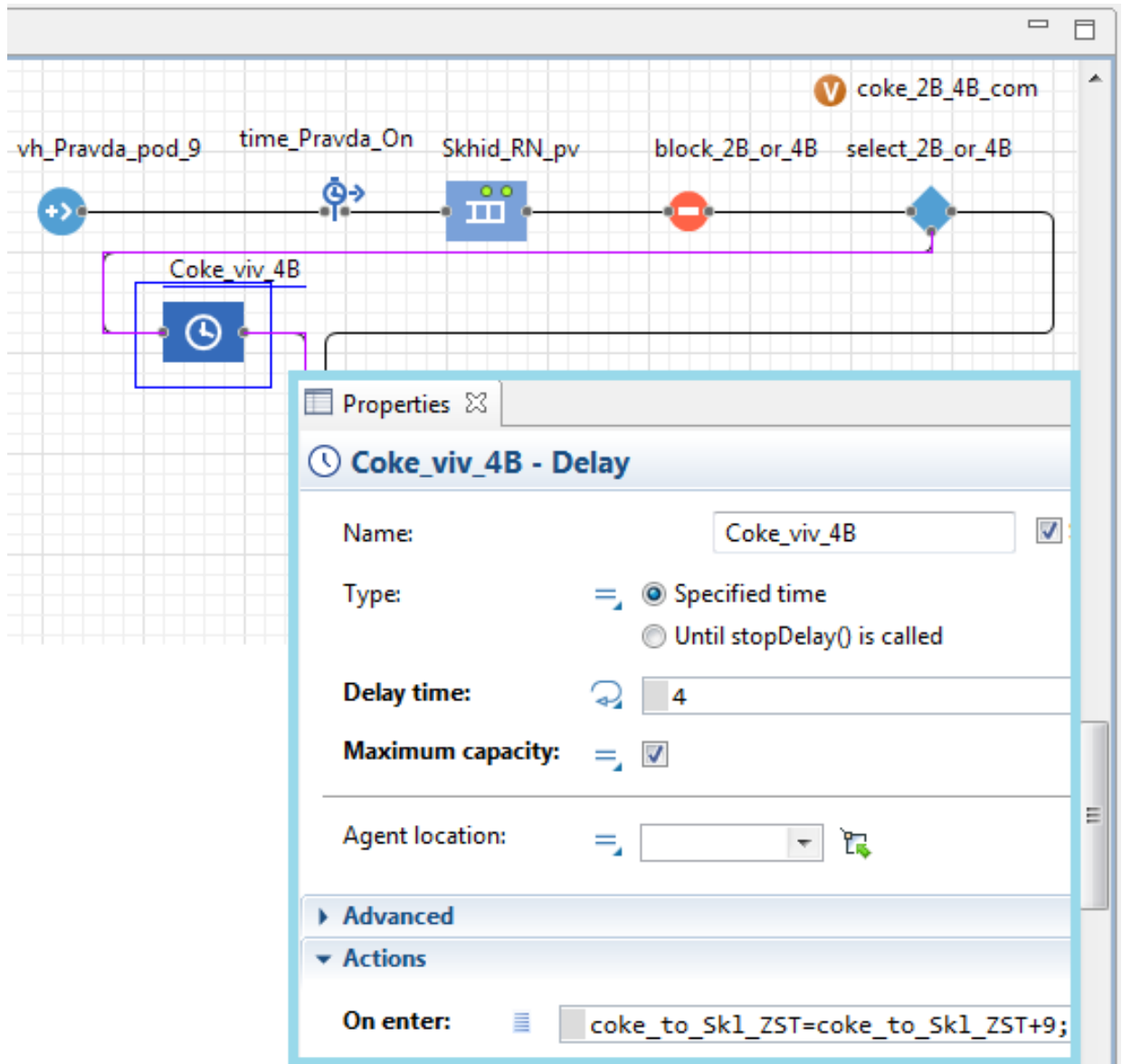


Рисунок 2.23 – Елемент затримки Coke\_viv\_4B

У випадку розвантаження до приймальних пунктів доменних печей, замовлення потрапляють до черги Skhid\_RN\_pv1 та затримуються блокатором block\_2B\_or\_4B1 до закінчення процесу вивантаження, який керується останнім блоком програми, що показано на рисунках 2.24 та 2.25 відповідно.

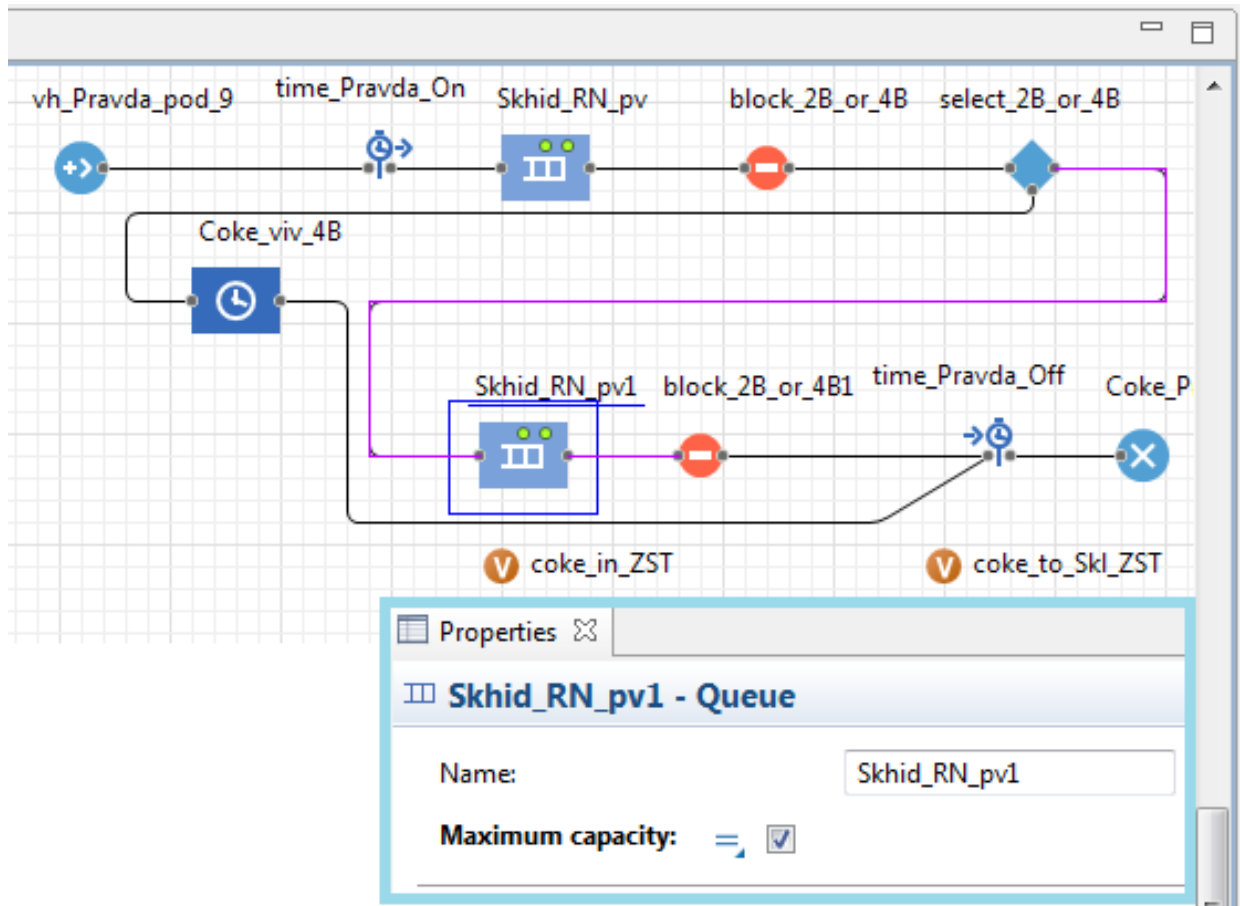


Рисунок 2.24 – Черга Skhid\_RN\_pv1

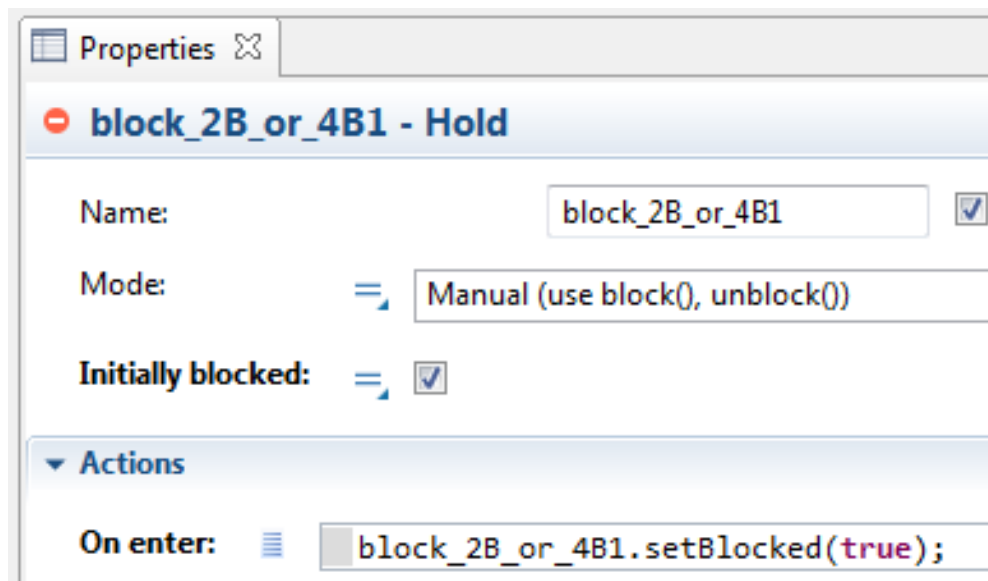


Рисунок 2.25 – Блокатор block\_2B\_or\_4B1

Елемент `time_Pravda_Off` фіксує на основі даних входу елемента `time_Pravda_On` час використання вагонів за обома варіантами вивантаження вагонів – рисунок 2.26.

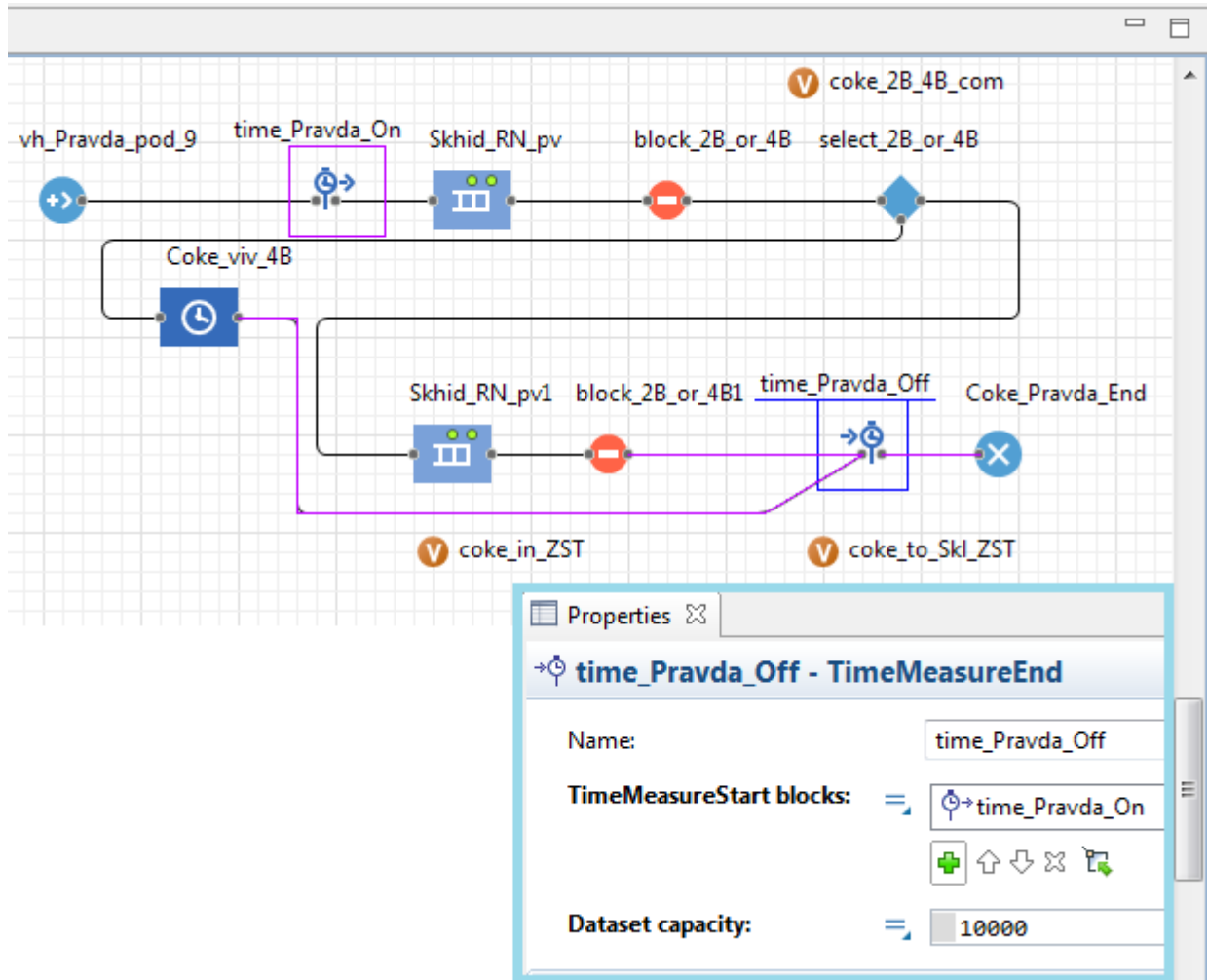


Рисунок 2.26 – Елемент `time_Pravda_Off`

Надалі замовлення-партії знищуються елементом `Coke_Pravda_End` – рисунок 2.27.

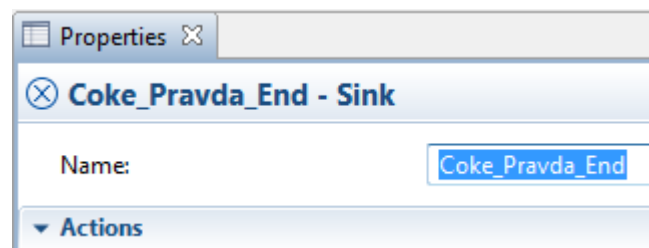


Рисунок 2.27 – Елемент `Coke_Pravda_End`

## 2.2.4 Опис реалізації процесу вантажопереробки коксу, що зберігався на складі рудного двору

Блок процесу вантажопереробки коксу, що зберігався на складі рудного двору, показаний на рисунку 2.28.

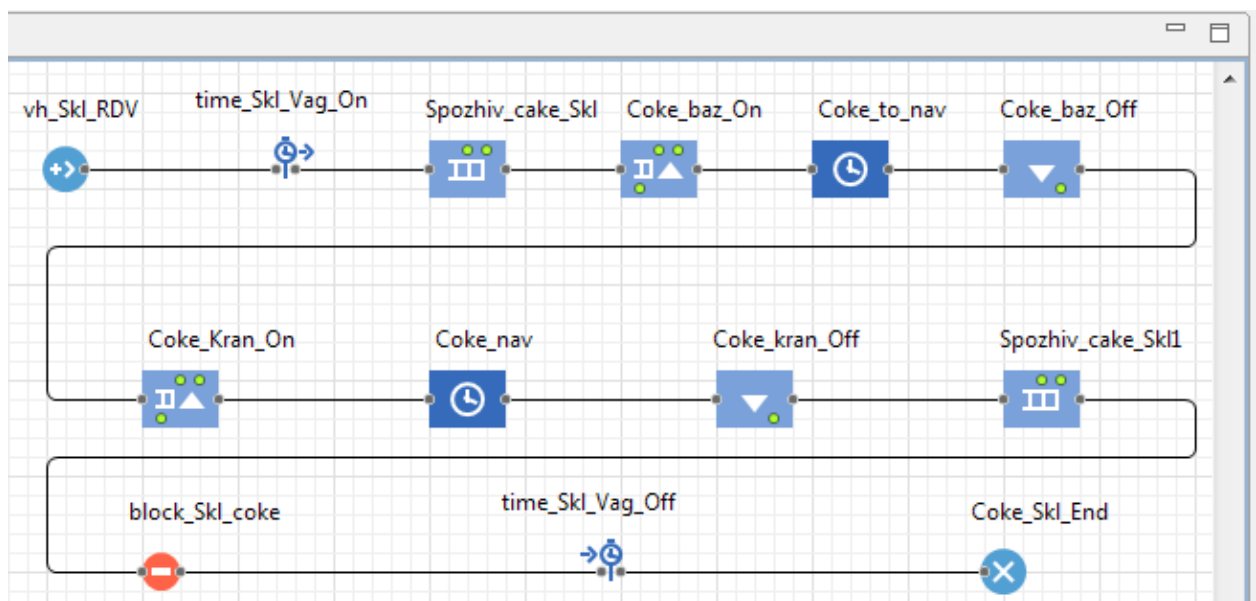


Рисунок 2.28 – Блок процесу вантажопереробки коксу, що зберігався на складі рудного двору

Запуск даного процесу здійснюється за умовами останнього блоку програми, перший елемент `vh_Skl_RDV` показаний на рисунку 2.29.

В цьому елементі при виході партії вагонів для навантаження доменним коксом зі складу фіксується відповідне зменшення його на рудному дворі:

`coke_to_Skl_ZST=coke_to_Skl_ZST-9;`

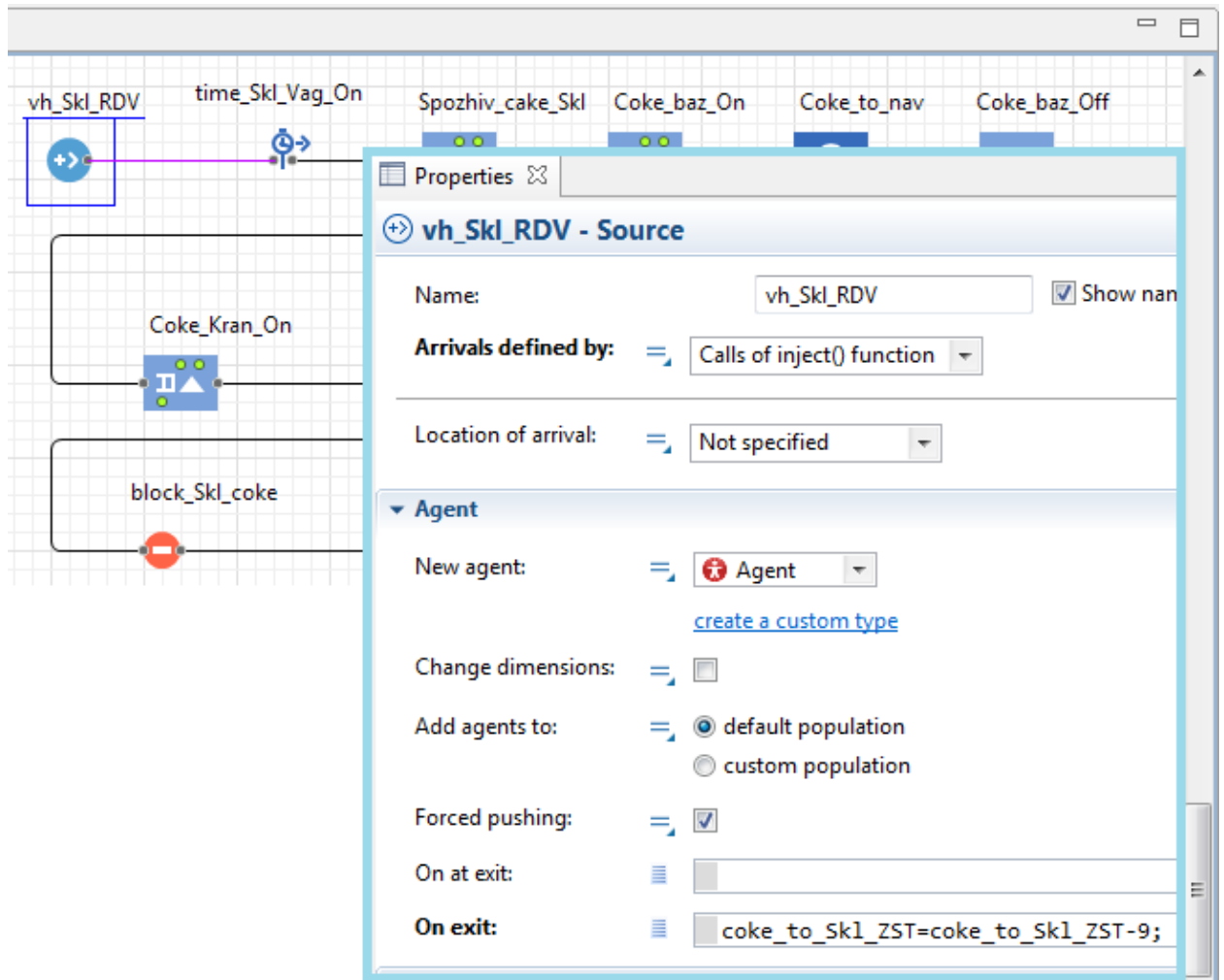


Рисунок 2.29 – Елемент vh\_Skl\_RDV

Елементи `time_Skl_Vag_Off` та `time_Skl_Vag_On` фіксують час перебування партій вагонів в блоці даного розділу, що показано на рисунку 2.30.

Після переходу до черги `Spozhiv_cake_Skl`, партії вагонів захоплюють елементом `Coke_baz_On` (рисунок 2.31) ресурс – локомотив, що переміщує їх (відповідну затримку виконує елемент `Coke_to_nav`), після цього ресурс вивільнюється елементом `Coke_baz_Off`.

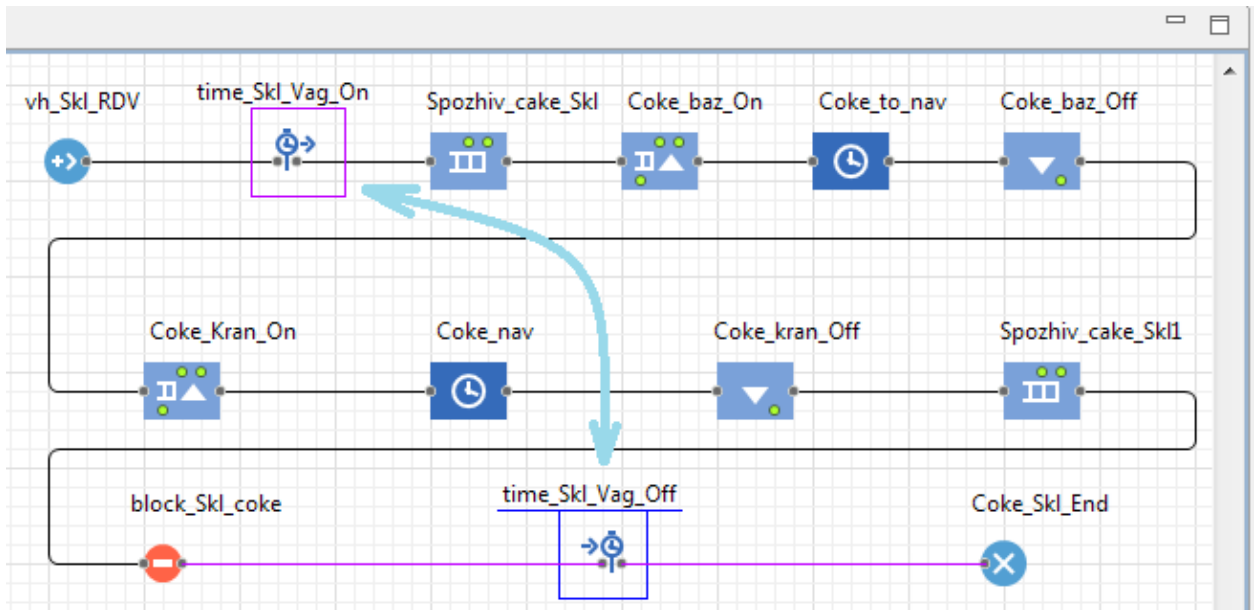


Рисунок 2.30 – Элементы time\_Skl\_Vag\_Off та time\_Skl\_Vag\_Off

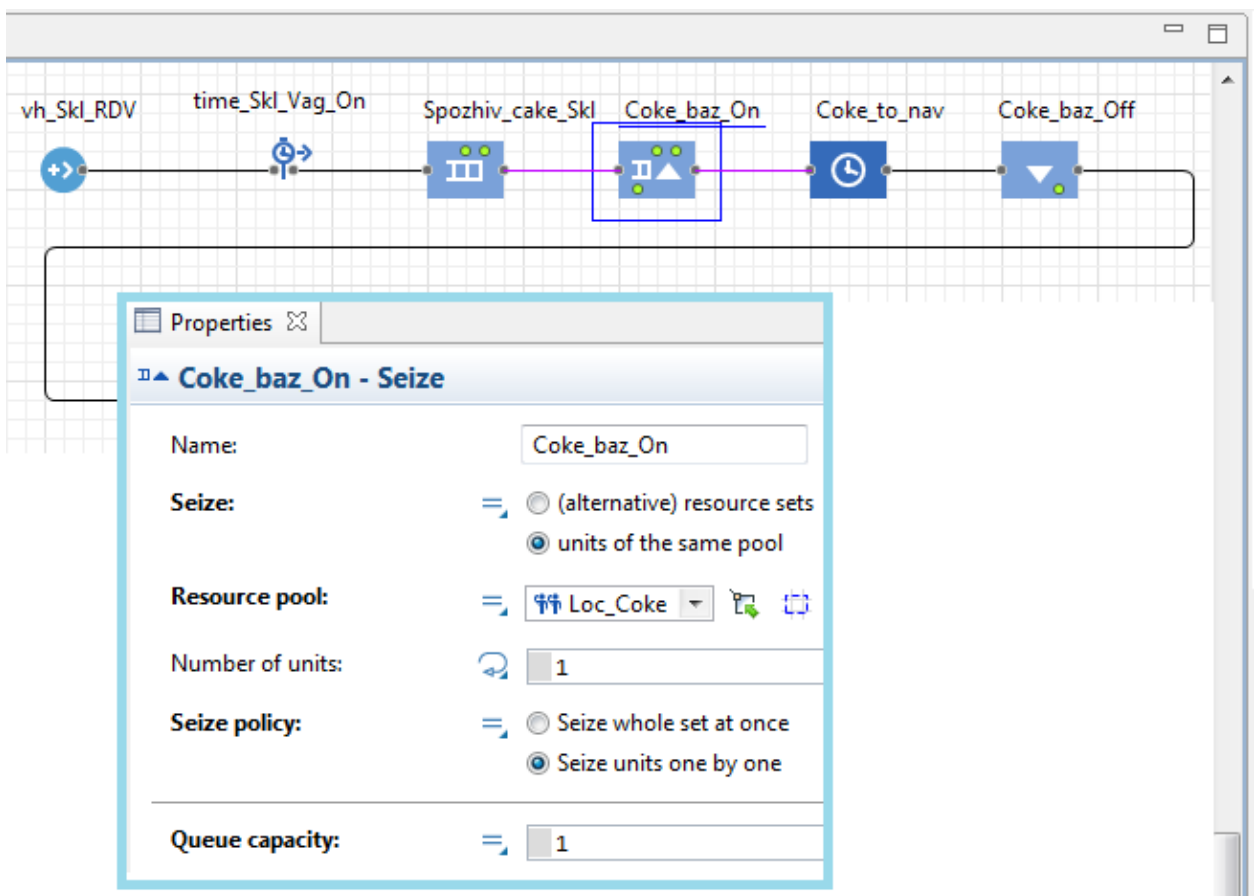


Рисунок 2.31 – Элемент Coke\_baz\_On

Надалі елемент Coke\_Kran\_On приєднує до вагонів ресурс – кран РКП (рисунок 2.32), виконується затримка, що імітує навантаження – елемент Coke\_nav (рисунок 2.33).

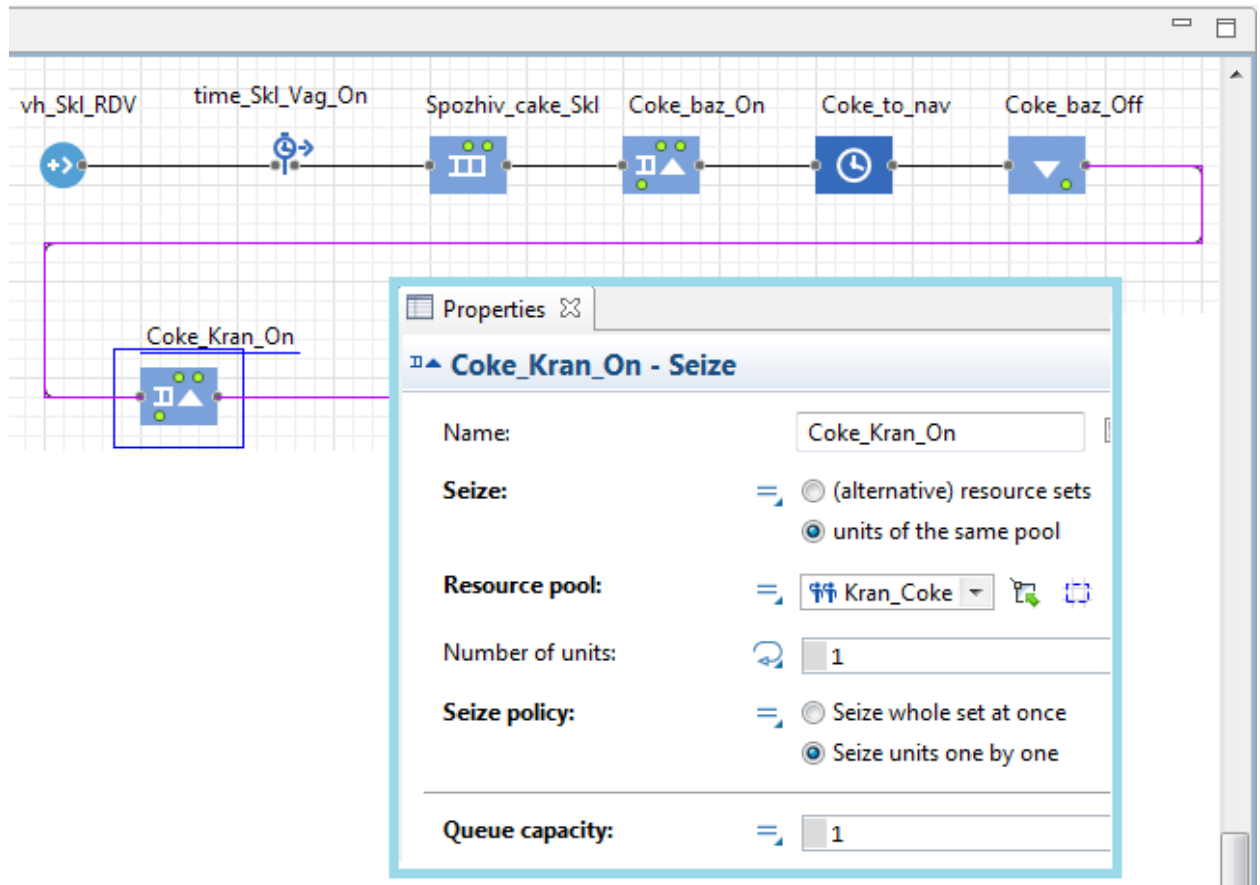


Рисунок 2.32 – Елемент Coke\_Kran\_On

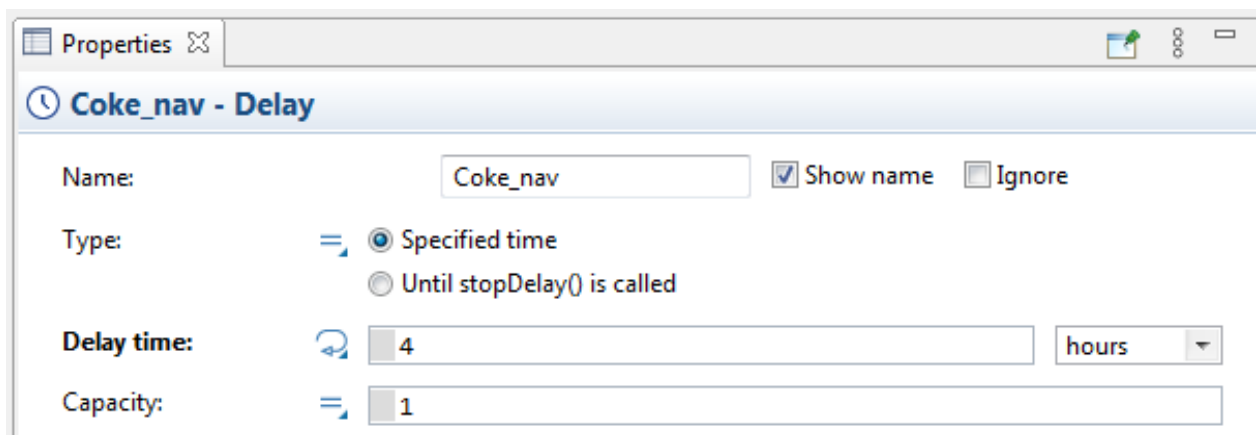


Рисунок 2.33 – Елемент Coke\_nav

Після навантаження ресурс звільняється елементом `Coke_kran_Off`, замовлення потрапляють до черги `Coke_kran_Off`, де утримуються елементом `block_Skl_coke` до його розблокування (рисунок 2.34) останнім блоком програми.

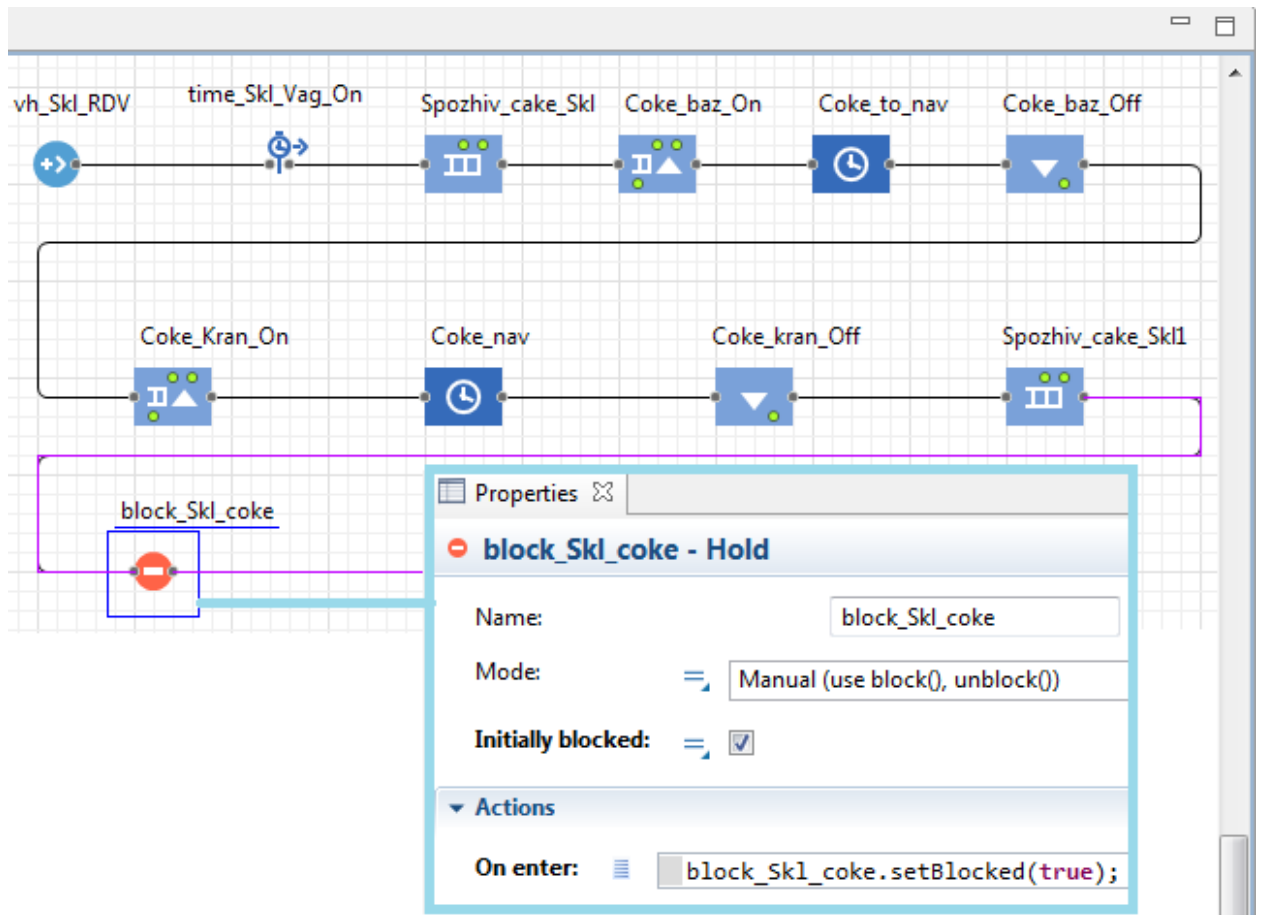


Рисунок 2.34 – Елемент `block_Skl_coke`

Останній елемент даного блоку `Coke_Skl_End` знищує замовлення – рисунок 2.35.

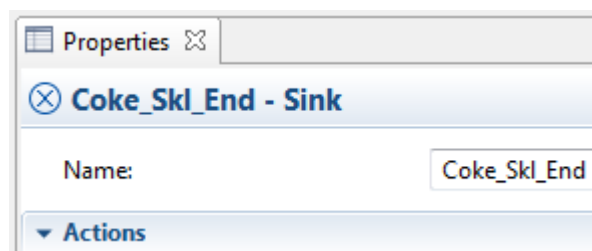


Рисунок 2.35 – Елемент `Coke_Skl_End`

## 2.2.5 Опис реалізації процесу споживання коксу виробництвом

Блок реалізації процесу споживання коксу виробництвом показаний на рисунку 2.36.

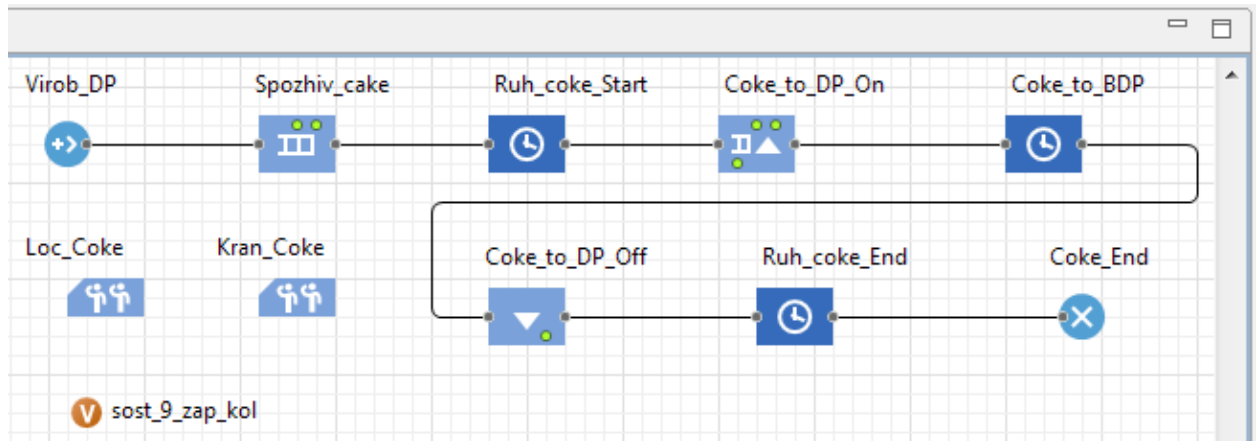


Рисунок 2.36 – Блок реалізації процесу споживання коксу виробництвом

Елемент `Virob_DP` генерує потребу у вагонах (9 одиниць) через встановлений період часу – рисунок 2.37.

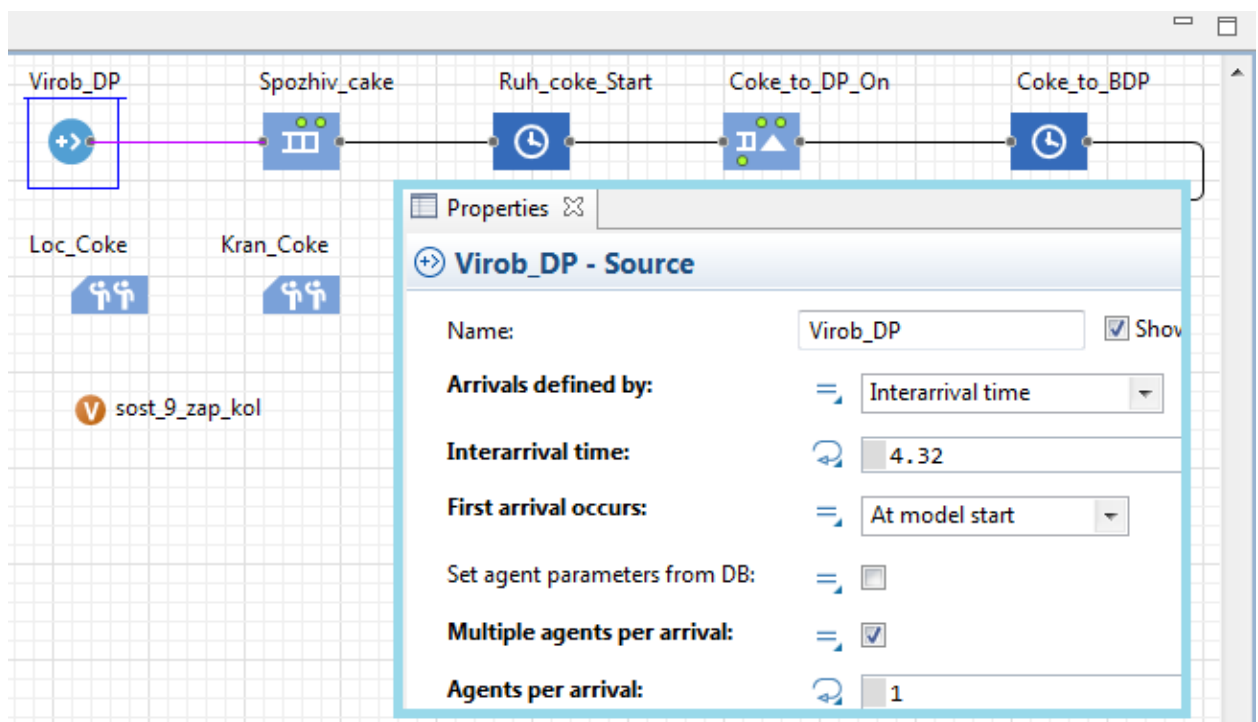


Рисунок 2.37 – Елемент `Virob_DP`

Вони потрапляють до черги Spozhiv\_cake – рисунок 2.38.

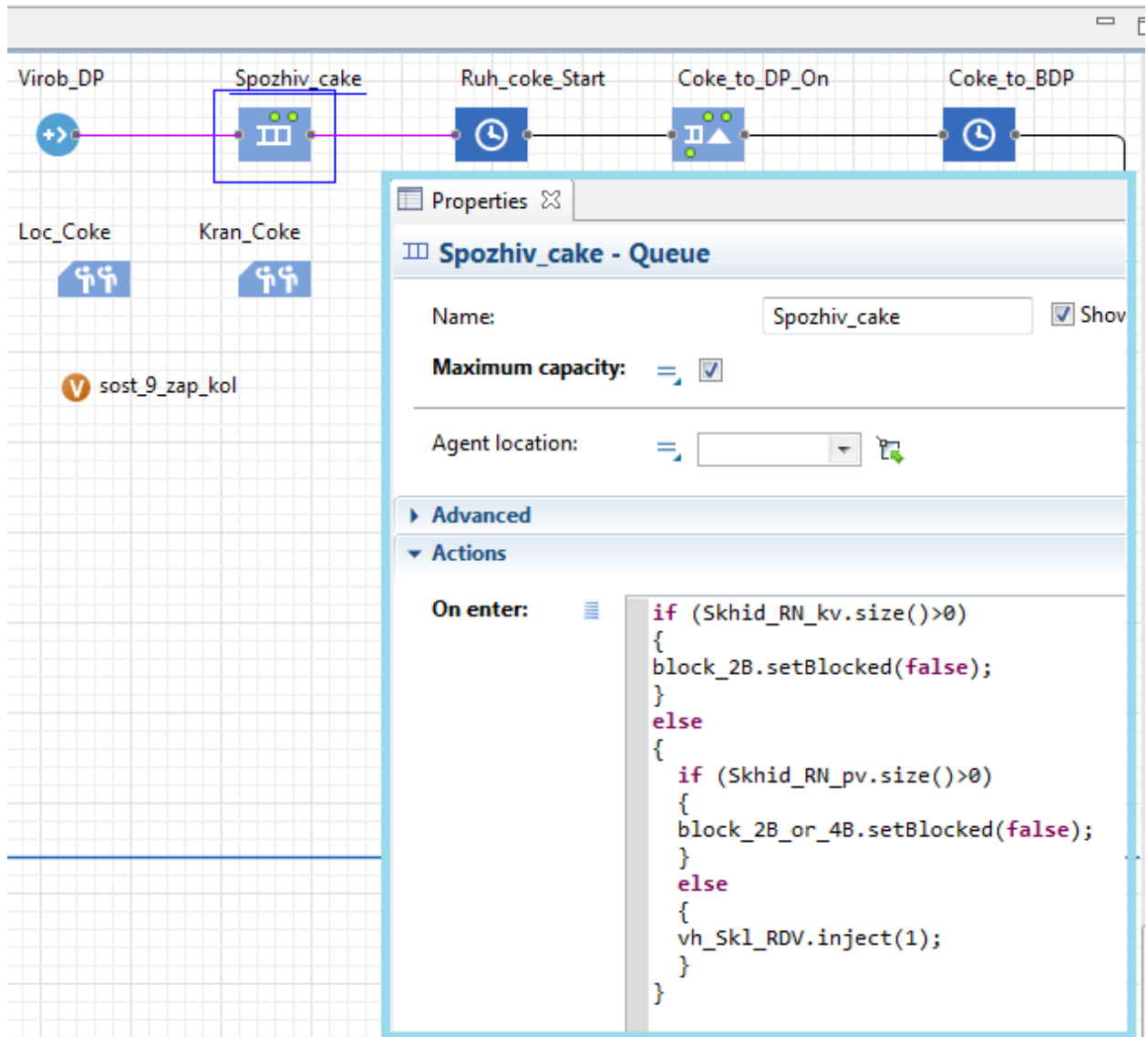


Рисунок 2.38 – Черга Spozhiv\_cake

Тут на вході виконується перевірка умов:

```
if (Skhid_RN_kv.size())>0)
{
block_2B.setBlocked(false);
}
```

```

else
{
  if (Skhid_RN_pv.size()>0)
  {
    block_2B_or_4B.setBlocked(false);
  }
  else
  {
    vh_Skl_RDV.inject(1);
  }
}

```

які визначають, що першочергово розблоковується рух вагонів з Запоріжкоксу, оскільки кокс даного виробництва має збереженими всі його якісні властивості; наступним пріоритетом є розблокування руху вагонів до пункту вивантаження з числа тих, що надійшли з зовнішньої мережі залізниць; та, лише у випадку відсутності обох вищевказаних джерел надходження коксу, розблоковується рух вантажу зі складу.

У наступному елементі `Ruh_coke_Start` (рисунок 2.39) технічного програмного призначення за мінімальної затримки у 1 секунду виконується перевірка відповідності кількості вагонів, що надійшли з зовнішньої мережі, вимогам максимального їх накопичення (цей параметр буде змінюватись по різних експериментах).

У випадку перевищення встановленого їх обсягу, вантаж спрямовується на склад:

```

if (Skhid_RN_pv.size()>sost_9_zap_kol)
{
  block_2B_or_4B.setBlocked(false);
}

```

```

coke_2B_4B_com=false;
}.

```

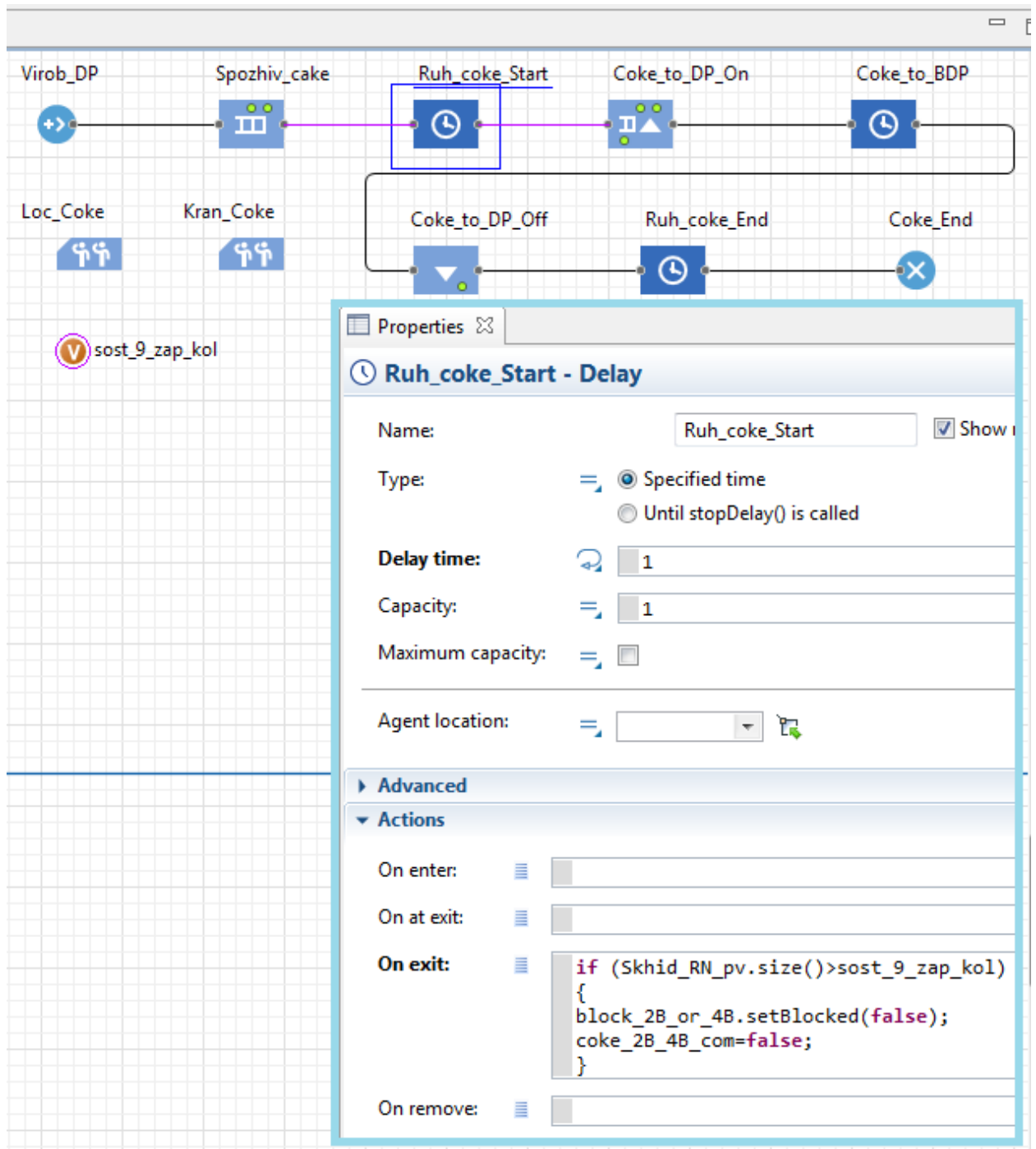


Рисунок 2.39 – Елемент Ruh\_coke\_Start

Елемент Coke\_to\_DP\_On імітує захоплення локомотива – рисунок 2.40.

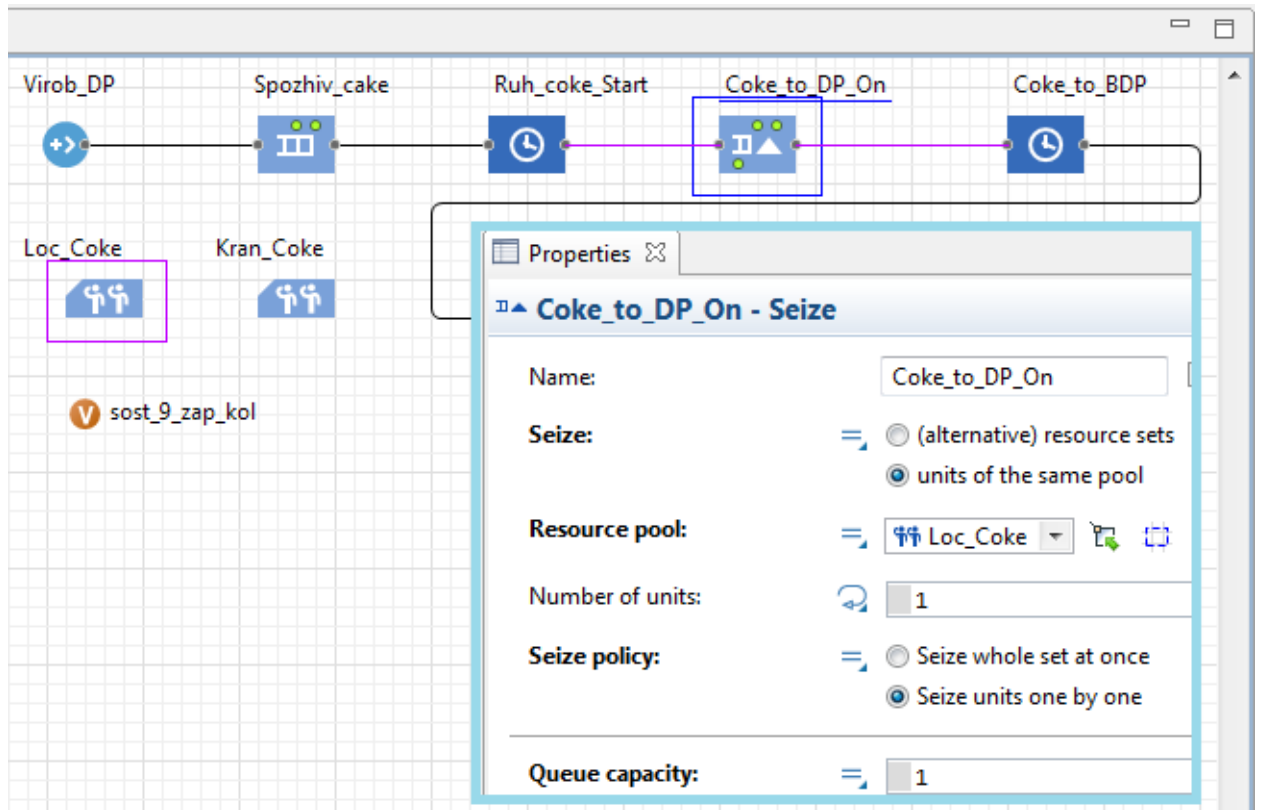


Рисунок 2.40 – Элемент Coke\_to\_DP\_On

Элемент Coke\_to\_BDP – його затримку на час вивантаження – рисунок 2.41.

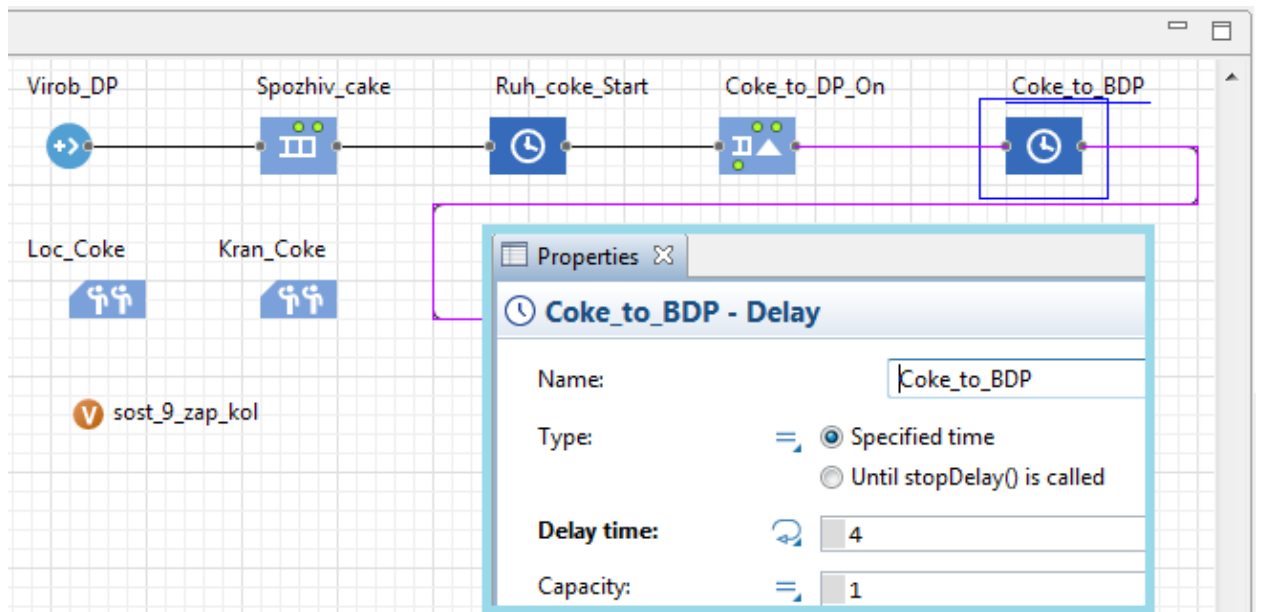


Рисунок 2.41 – Элемент Coke\_to\_BDP

Елемент `Coke_to_DP_Off` звільняє локомотив та розблоковує відповідні елементи попередніх блоків:

```
block_2B1.setBlocked(false);
block_2B_or_4B1.setBlocked(false);
block_Sk1_coke.setBlocked(false);
```

на технологічний час, визначений елементом `Ruh_coke_End`, що показано на рисунку 2.42.

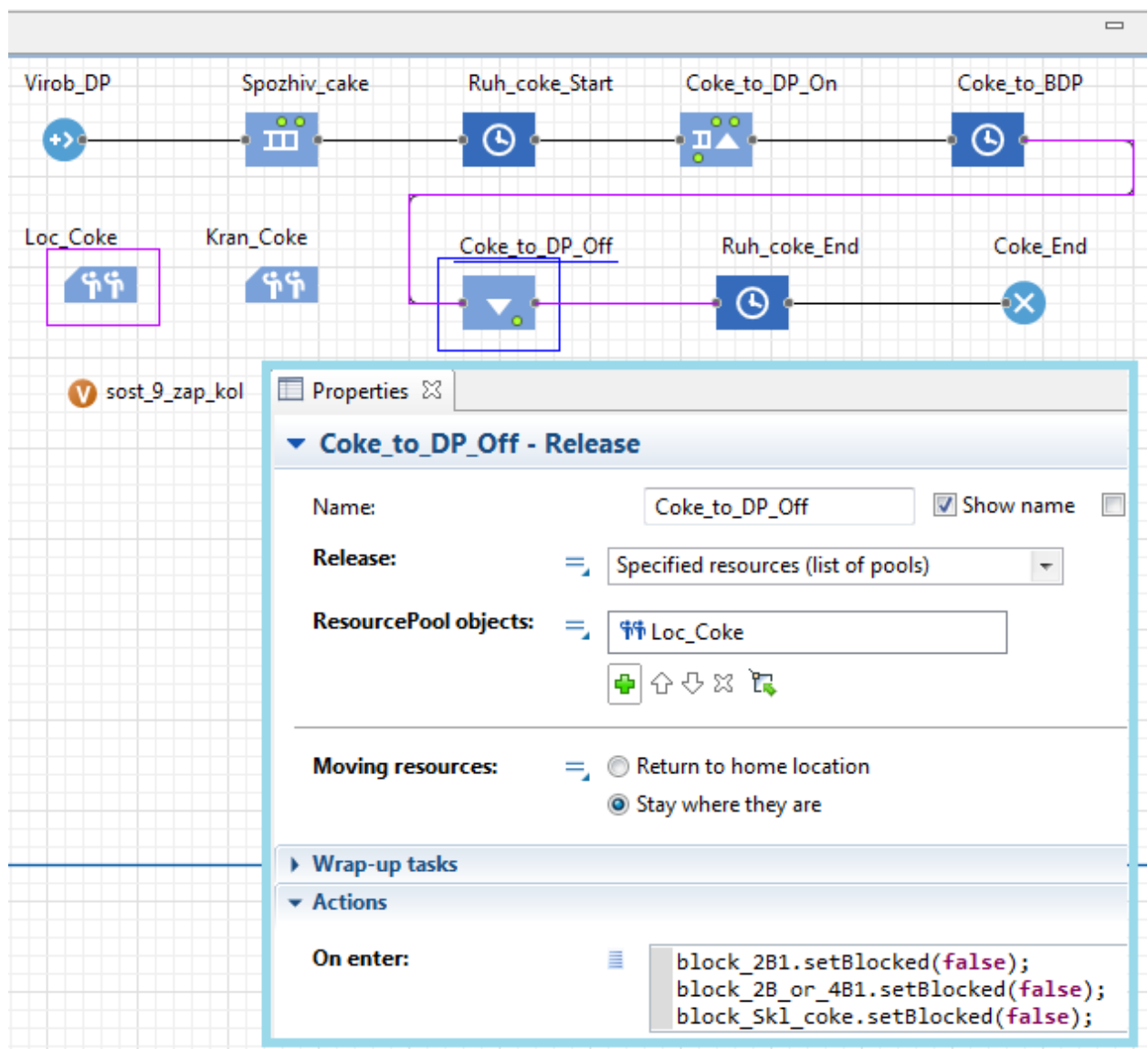


Рисунок 2.42 – Елемент `Coke_to_DP_Off`

Елемент `Coke_End` знищує замовлення, при вході блокуючі відповідні ланцюги у попередніх блоках програми:

```
block_2B1.setBlocked(true);
block_2B_or_4B1.setBlocked(true);
block_Skl_coke.setBlocked(true);
```

що показано на рисунку 2.43.

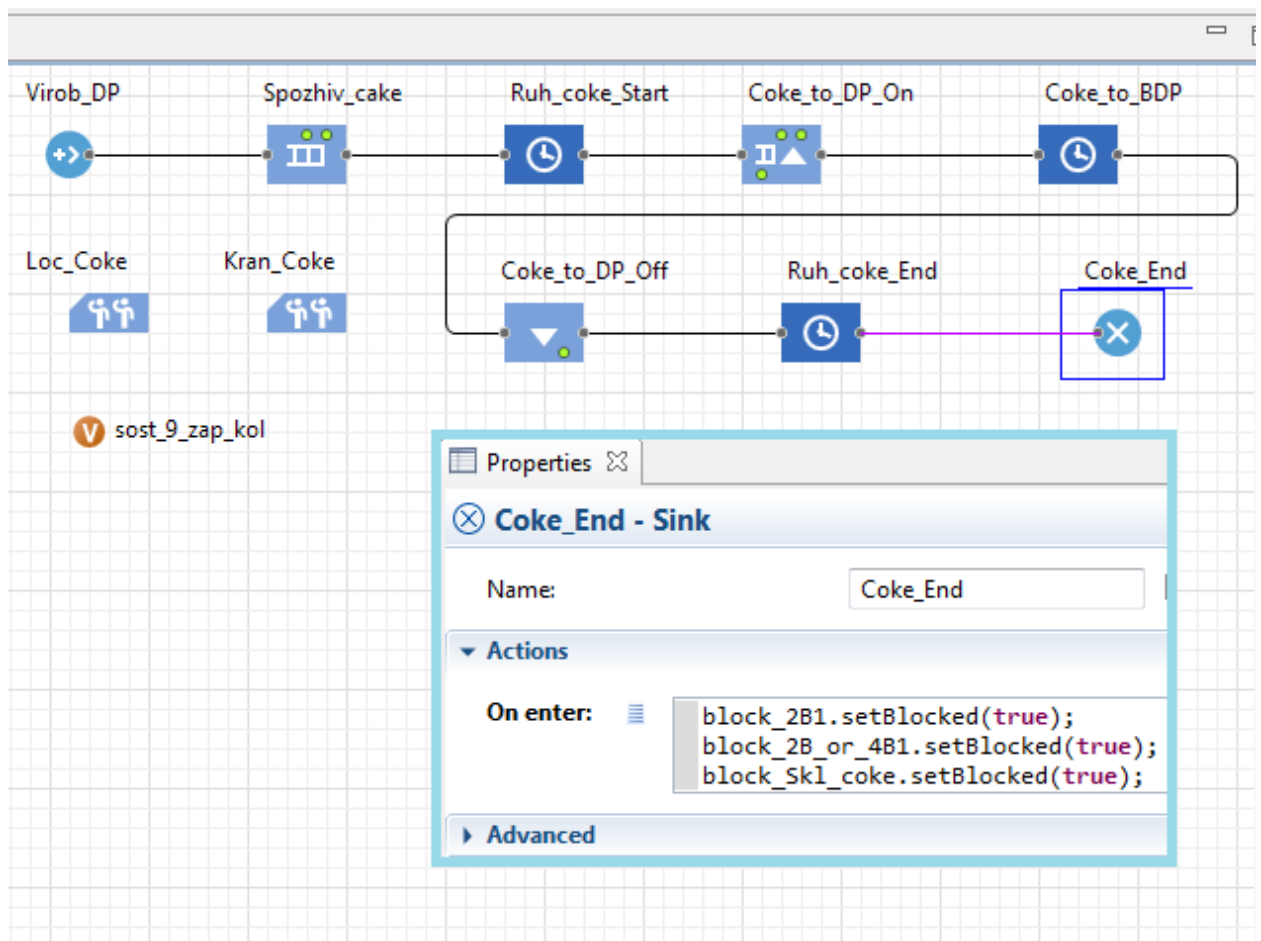


Рисунок 2.43 – Елемент `Coke_End`

Переходимо до експериментів на моделі `coke2024`.

### 2.3 Експерименти на моделі coke2024

Управління моделлю coke2024 здійснюється через змінну sost\_9\_zap\_kol, яка визначає максимальний обсяг коксу, що знаходиться у вагонах на під'їзній колії Запоріжсталі:

- зайвий обсяг спрямовується до вивантаження на склад на рудному дворі;
- при номінальному рівні – в першу чергу використовується кокс місцевого виробника – підприємства Запоріжжкокс, через більше збереження його властивостей.

Планується постановка експерименту з такими значеннями змінної sost\_9\_zap\_kol:

- у кількості до 1 составу з 9 вагонів;
- у кількості до 2 составів з 9 вагонів;
- у кількості до 3 составів з 9 вагонів;
- у кількості до 4 составів з 9 вагонів.

Більша кількість вагонів у стані збереження на підприємстві викликає інші технологічні складнощі з організацією руху составів та маневрової роботи через зайнятість колій.

Тривалість роботи моделі встановлюємо на період – 720 годин, що відповідає місяцю роботи.

За результатами будемо фіксувати показники програми coke2024:

- тривалість простою вагонів магістрального типу;
- тривалість простою вагонів промислового транспорту;
- час роботи кранів при відвантаженні коксу зі складу;
- тривалість роботи тепловозів.

На рисунку 2.44 показані результати роботи моделі при sost\_9\_zap\_kol=0.

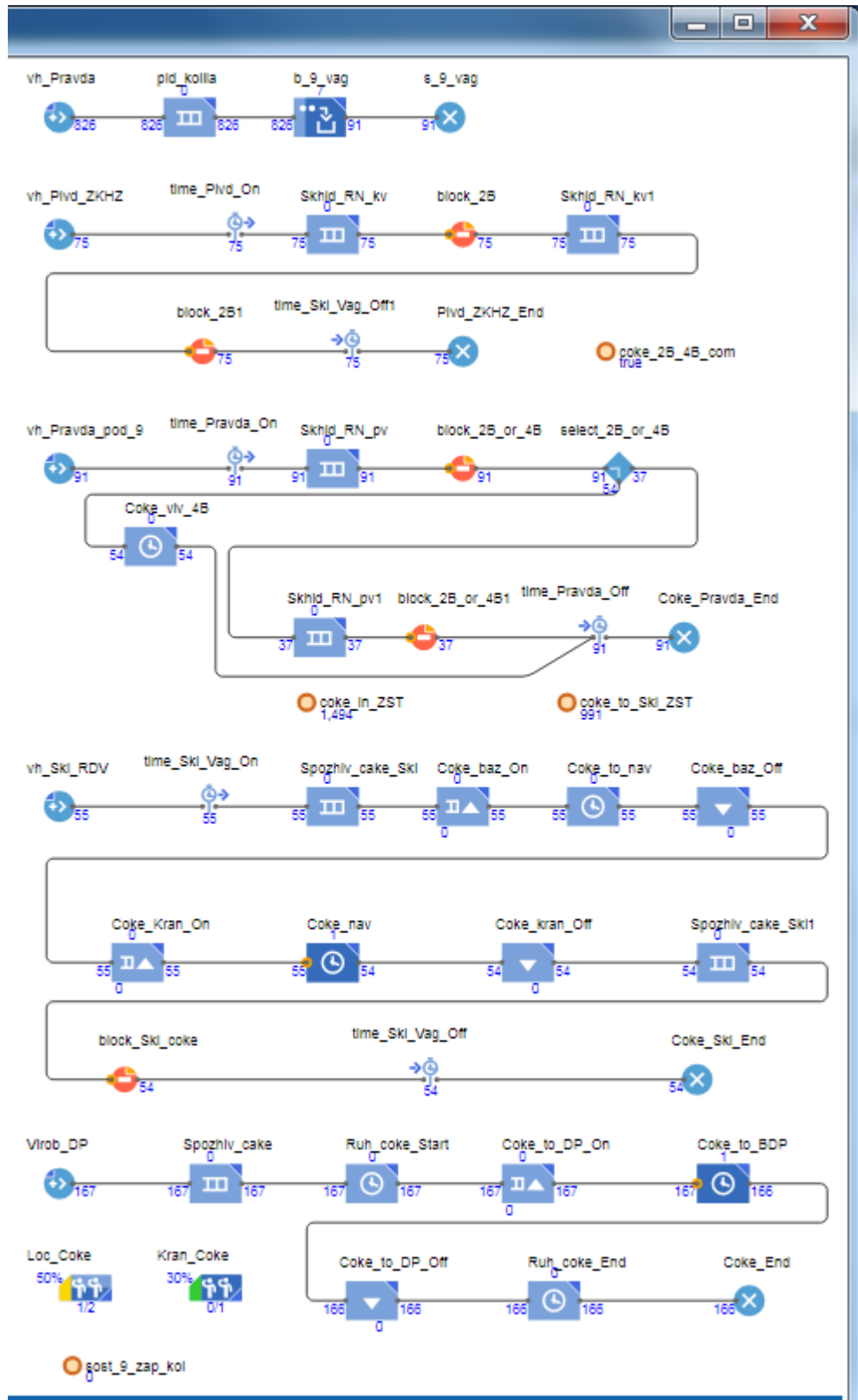


Рисунок 2.44 – Результати роботи моделі при  $sost\_9\_zap\_kol=0$

На рисунку 2.45 показані результати роботи моделі при  $sost\_9\_zap\_kol=1$ .

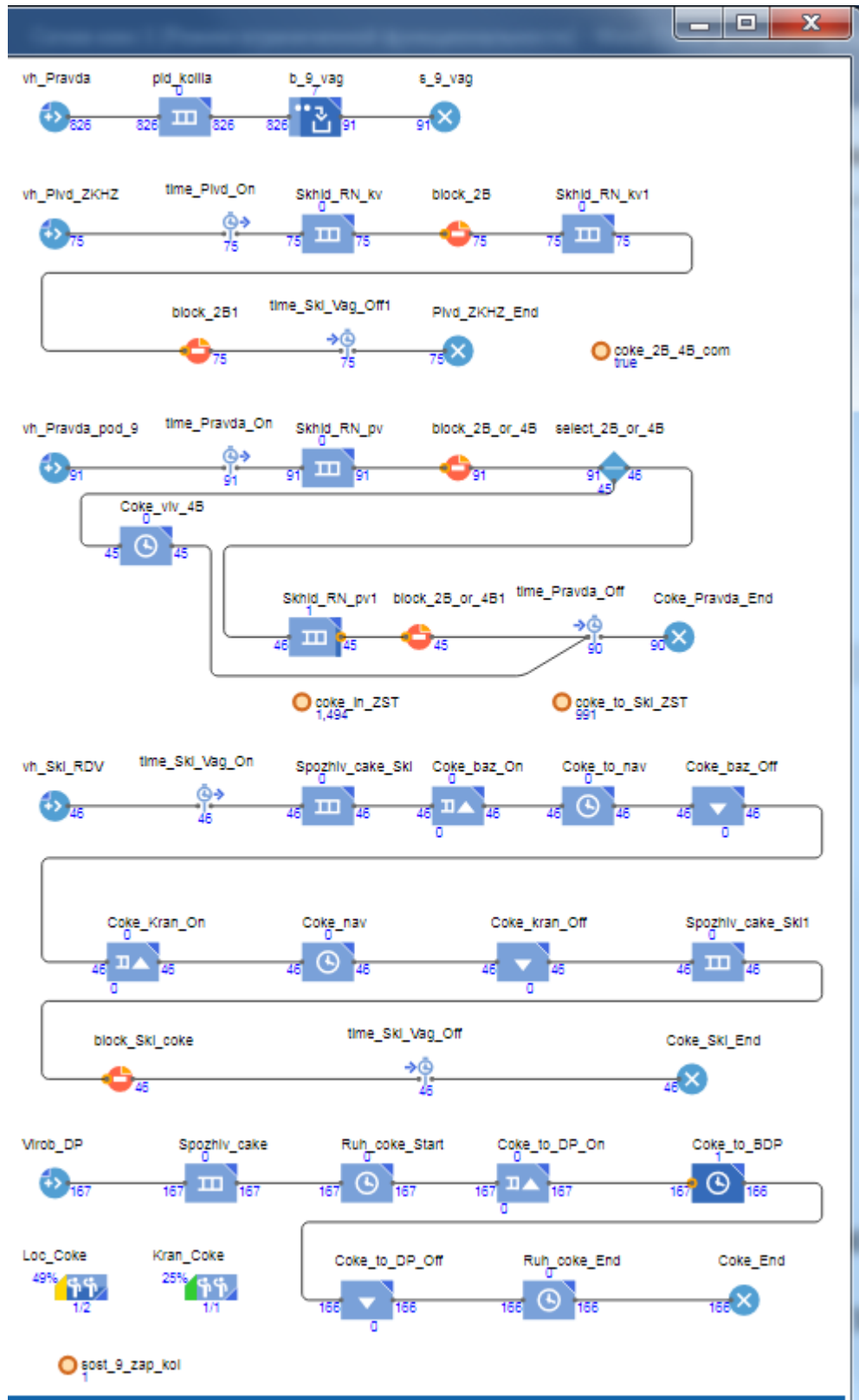


Рисунок 2.45 – Результати роботи моделі при  $sost\_9\_zap\_kol=1$

На рисунку 2.46 показані результати роботи моделі при  $sost\_9\_zap\_kol=2$ .

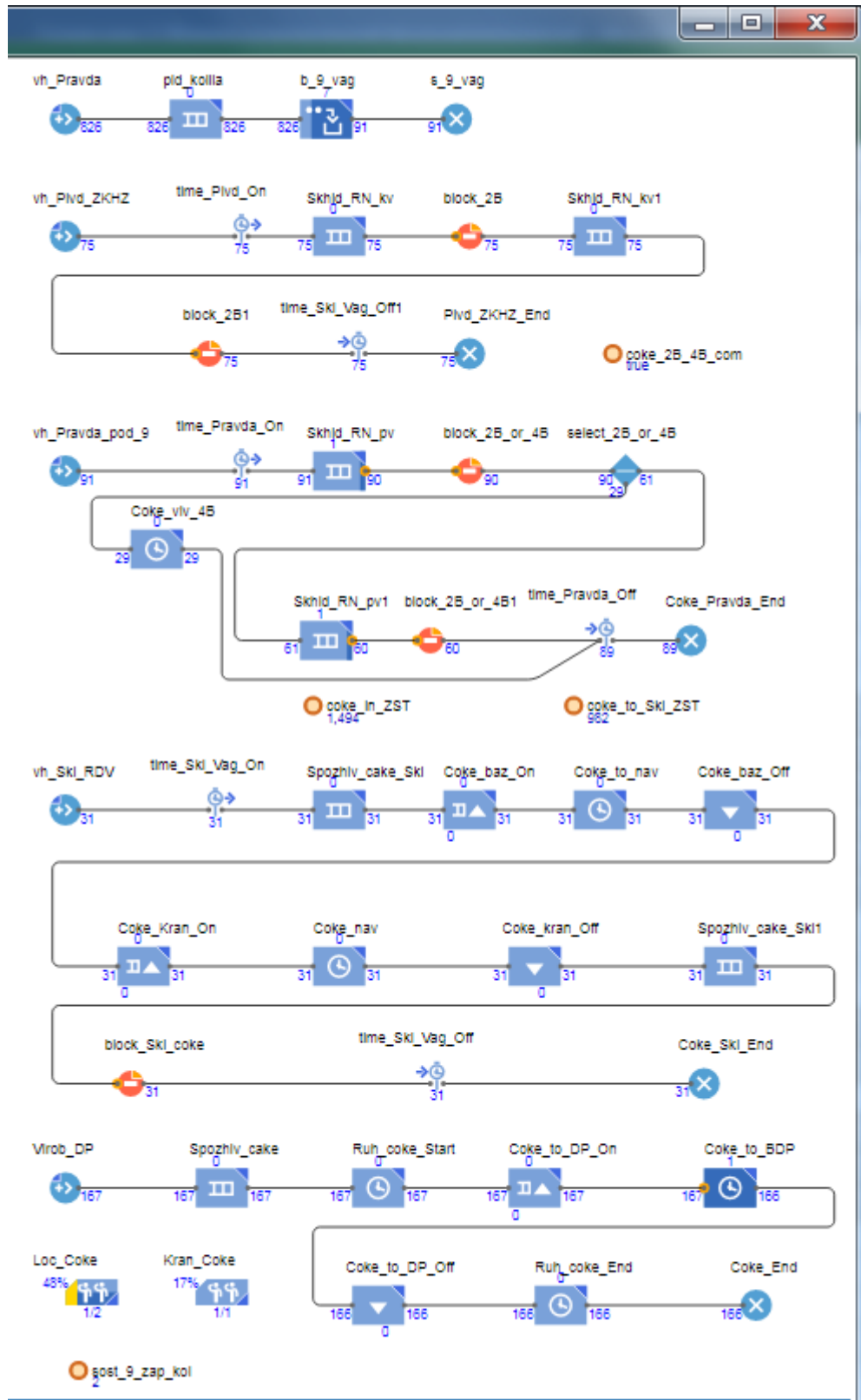


Рисунок 2.46 – Результати роботи моделі при  $sost\_9\_zap\_kol=2$

На рисунку 2.47 показані результати роботи моделі при  $sost\_9\_zap\_kol=3$ .



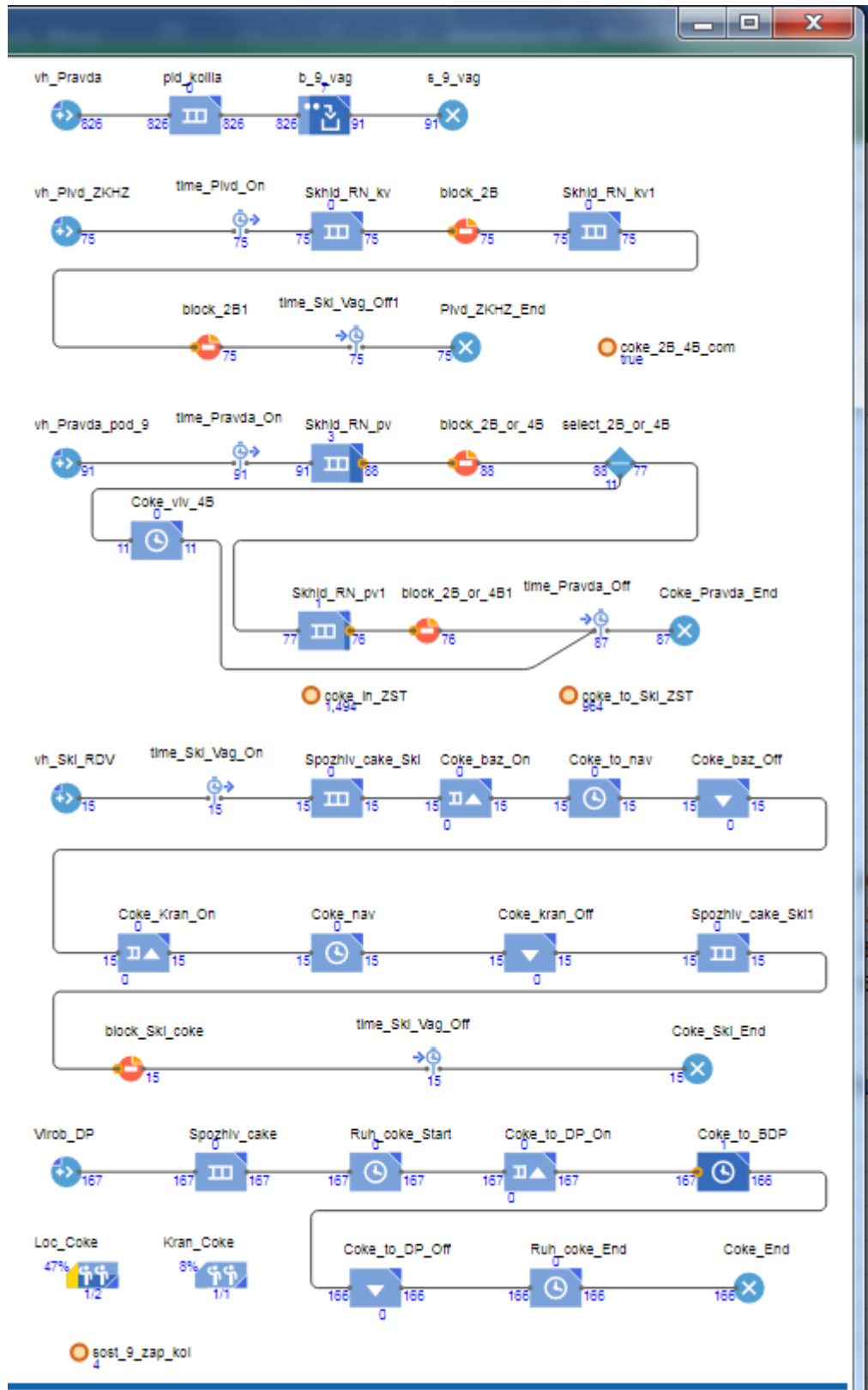


Рисунок 2.48 – Результати роботи моделі при  $sost\_9\_zap\_kol=4$

У таблиці 2.1 наведені більш деталізовані результати 4-х експериментів.

Таблиця 2.1 – Результати експериментів на моделі соке2024

Показник (за місяць)	Номер експерименту			
	1	2	3	4
Вагонів з коксом на під'їзній колії, од.	до 9	до 18	до 27	до 36
Робота тепловозу, лок.-год.	720	705,6	691,2	676,8
Робота крану, крано-год.	432	360	244,8	158,4
Простій вагонів промислового типу, ваг.-год.	927,78	852,9	719,78	628,26
Простій вагонів магістрального типу, ваг.-год.	892,71	932,75	1168,2	1495,2
Додатковий обсяг вивантаження вагонів (базування зі складу), од.	54	45	29	18

### 3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

В магістерській роботі проаналізовано можливість роботи металургійного підприємства в умовах постачання доменного коксу на комбінат Запоріжсталь з двох джерел:

- з зовнішньої мережі шляхів залізниць України;
- від традиційного постачальника – підприємства Запоріжкокс.

Дана ситуація цілком можлива в умовах військового вторгнення та скорочення постачань коксівного вугілля вітчизняного виробництва до підприємств галузі.

Проаналізовано можливість постачання коксу як від підприємств України, так і з-за кордону. На розроблені моделі соке2024 проведені 4 експерименти при різній максимальній кількості вагонів, що зберігаються на під'їзній колії в очікуванні вивантаження.

Отримані результати роботи моделі соке2024 за річний період представлені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати роботи моделі соке2024 для економічних розрахунків

Показник (за рік)	Номер			
	експерименту			
	1	2	3	4
Вагонів з коксом на під'їзній колії, од.	до 9	до 18	до 27	до 36
Робота тепловозу, лок.-год.	8640	8467	8294	8122

Кінець таблиці 3.1

Показник (за рік)	Номер			
	експерименту			
	1	2	3	4
Робота крану, крано-год.	5184	4320	2938	1901
Простій вагонів промислового типу, ваг.-год.	11133	10235	8637	7539
Простій вагонів магістрального типу, ваг.-год.	10713	11193	14018	17942
Додатковий обсяг вивантаження вагонів (базування зі складу), од.	648	540	348	216

### 3.1 Визначення методики порівняння витрат при перевезенні коксу з різних джерел постачання

Загальні витрати  $V_{\text{coke}_i}$  по  $i$ -х варіантах робіт згідно проведених експериментів на моделі coke2024 визначимо за формулою [16,17]:

$$V_{\text{coke}_i} = V_{\text{loc}_i} + V_{\text{kr}_i} + V_{\text{vag}_uz_i} + V_{\text{val}_local_i} + V_{\text{load}_i}, \quad (3.1)$$

де  $V_{loc\_i}$  – витрати, пов'язані з роботою тепловозів в системі доставки коксу, що розглядається, грн;

$V_{kr\_i}$  – витрати, пов'язані з роботою кранів в системі доставки коксу, що розглядається, грн;

$V_{vag\_uz\_i}$  – вартість витрат на користування вагонами магістрального типу в межах системи доставки коксу, що розглядається, грн;

$V_{val\_local\_i}$  – вартість витрат на користування вагонами місцевого парку в межах системи доставки коксу, що розглядається, грн;

$V_{load\_i}$  – вартість витрат на додаткову роботу по вивантаженню вагонів місцевого парку при перебазуванні коксу зі складу до доменного виробництва, грн.

Витрати  $V_{loc\_i}$ , пов'язані з роботою тепловозів в системі доставки коксу, визначимо за формулою:

$$V_{loc\_i} = T_{loc\_i} C_{loc}, \quad (3.2)$$

де  $T_{loc\_i}$  – час роботи локомотивів, год.;

$C_{loc}$  – собівартість години використання локомотиву, грн.

Витрати  $V_{kr\_i}$ , пов'язані з роботою кранів РКП в системі доставки коксу, визначимо за формулою:

$$V_{kr\_i} = T_{kr\_i} C_{kr}, \quad (3.3)$$

де  $T_{kr\_i}$  – час роботи кранів РКП, год.;

$C_{loc}$  – собівартість години використання крану РКП, грн.

Вартість витрат  $B_{\text{vag\_uz\_i}}$  на користування вагонами магістрального типу в межах системи доставки коксу, визначимо за формулою:

$$B_{\text{vag\_uz\_i}} = T_{\text{vag\_uz\_i}} C_{\text{vag\_uz}}, \quad (3.4)$$

де  $T_{\text{vag\_uz\_i}}$  – користування вагонами магістрального типу в межах системи доставки коксу, год.;

$C_{\text{vag\_uz}}$  – середня вартість вагоногодина користування, грн.

Вартість витрат  $B_{\text{val\_local\_i}}$  на користування вагонами місцевого парку, визначимо за формулою:

$$B_{\text{val\_local\_i}} = T_{\text{val\_local\_i}} C_{\text{val\_local}}, \quad (3.5)$$

де  $T_{\text{val\_local\_i}}$  – користування вагонами місцевого парку в межах системи доставки коксу, год.;

$C_{\text{val\_local}}$  – середня собівартість вагоногодина користування, грн.

Вартість витрат  $B_{\text{load\_i}}$  на додаткову роботу по вивантаженню вагонів місцевого парку при перебазуванні коксу зі складу до доменного виробництва, визначимо за формулою:

$$B_{\text{load\_i}} = N_{\text{load\_i}} C_{\text{load}}, \quad (3.6)$$

де  $N_{\text{load\_i}}$  – кількість вагонів місцевого парку місцевого парку, які вивантажуються при перебазуванні коксу зі складу до доменного виробництва, од.;

$C_{\text{load}}$  – середня собівартість розвантаження одного вагону, грн.

### 3.2 Вартість витрат за варіантом доставки коксу №1

Витрати  $V_{loc\_1}$ , пов'язані з роботою тепловозів в системі доставки коксу, за формулою (3.2), становлять:

$$V_{loc\_1} = 8640 \cdot 1265 = 10929600 \text{ грн} = 10,93 \text{ млн грн.}$$

Витрати  $V_{kr\_1}$ , пов'язані з роботою кранів РКП в системі доставки коксу, за формулою (3.3), становлять:

$$V_{kr\_1} = 5184 \cdot 1230 = 6376320 \text{ грн} = 6,376 \text{ млн грн.}$$

Вартість витрат  $V_{vag\_uz\_1}$  на користування вагонами магістрального типу в межах системи доставки коксу, за формулою (3.4), становлять:

$$V_{vag\_uz\_1} = 10713 \cdot 58,3 = 624567,9 \text{ грн} = 0,625 \text{ млн грн.}$$

Вартість витрат  $V_{val\_local\_1}$  на користування вагонами місцевого парку, за формулою (3.5), становлять:

$$V_{val\_local\_1} = 11133 \cdot 58,3 = 649053,9 \text{ грн} = 0,649 \text{ млн грн.}$$

Вартість витрат  $V_{load\_1}$  на додаткову роботу по вивантаженню вагонів місцевого парку при перебазуванні коксу зі складу до доменного виробництва, за формулою (3.6), становлять:

$$V_{load\_1} = 648 \cdot 250 = 162000 \text{ грн} = 0,162 \text{ млн грн.}$$

Загальні витрати  $V_{\text{coke}_1}$  по варіанту робіт №1 згідно проведених експериментів на моделі coke2024 згідно формули (3.1):

$$\begin{aligned} V_{\text{coke}_1} &= 10929600 + 6376320 + 624567,9 + 649053,9 + 162000 = \\ &= 18741541,8 \text{ грн} = 18,742 \text{ млн грн.} \end{aligned}$$

### 3.3 Вартість витрат за варіантом доставки коксу №2

Витрати  $V_{\text{loc}_2}$ , пов'язані з роботою тепловозів в системі доставки коксу, за формулою (3.2), становлять:

$$V_{\text{loc}_2} = 8467 \cdot 1265 = 10710755 \text{ грн} = 10,711 \text{ млн грн.}$$

Витрати  $V_{\text{kr}_2}$ , пов'язані з роботою кранів РКП в системі доставки коксу, за формулою (3.3), становлять:

$$V_{\text{kr}_2} = 4320 \cdot 1230 = 5313600 \text{ грн} = 5,314 \text{ млн грн.}$$

Вартість витрат  $V_{\text{vag}_uz_2}$  на користування вагонами магістрального типу в межах системи доставки коксу, за формулою (3.4), становлять:

$$V_{\text{vag}_uz_2} = 11193 \cdot 58,3 = 652551,9 \text{ грн} = 0,653 \text{ млн грн.}$$

Вартість витрат  $V_{\text{val}_local_2}$  на користування вагонами місцевого парку, за формулою (3.5), становлять:

$$V_{\text{val}_local_2} = 10235 \cdot 58,3 = 596700,5 \text{ грн} = 0,597 \text{ млн грн.}$$

Вартість витрат  $V_{load\_2}$  на додаткову роботу по вивантаженню вагонів місцевого парку при перебазуванні коксу зі складу до доменного виробництва, за формулою (3.6), становлять:

$$V_{load\_2} = 540 \cdot 250 = 135000 \text{ грн} = 0,135 \text{ млн грн.}$$

Загальні витрати  $V_{coke\_2}$  по варіанту робіт №1 згідно проведених експериментів на моделі coke2024 згідно формули (3.1):

$$\begin{aligned} V_{coke\_2} &= 10710755 + 5313600 + 652551,9 + 596700,5 + 135000 = \\ &= 17408607,4 \text{ грн} = 17,41 \text{ млн грн.} \end{aligned}$$

### **3.4 Вартість витрат за варіантом доставки коксу №3**

Витрати  $V_{loc\_3}$ , пов'язані з роботою тепловозів в системі доставки коксу, за формулою (3.2), становлять:

$$V_{loc\_3} = 8294 \cdot 1265 = 10491910 \text{ грн} = 10,492 \text{ млн грн.}$$

Витрати  $V_{kr\_3}$ , пов'язані з роботою кранів РКП в системі доставки коксу, за формулою (3.3), становлять:

$$V_{kr\_3} = 2938 \cdot 1230 = 3613740 \text{ грн} = 3,614 \text{ млн грн.}$$

Вартість витрат  $V_{vag\_uz\_3}$  на користування вагонами магістрального типу в межах системи доставки коксу, за формулою (3.4), становлять:

$$V_{\text{vag\_uz\_3}} = 14018 \cdot 58,3 = 817249,4 \text{ грн} = 0,817 \text{ млн грн.}$$

Вартість витрат  $V_{\text{val\_local\_3}}$  на користування вагонами місцевого парку, за формулою (3.5), становлять:

$$V_{\text{val\_local\_3}} = 8637 \cdot 58,3 = 503537,1 \text{ грн} = 0,504 \text{ млн грн.}$$

Вартість витрат  $V_{\text{load\_3}}$  на додаткову роботу по вивантаженню вагонів місцевого парку при перебазуванні коксу зі складу до доменного виробництва, за формулою (3.6), становлять:

$$V_{\text{load\_3}} = 348 \cdot 250 = 87000 \text{ грн} = 0,087 \text{ млн грн.}$$

Загальні витрати  $V_{\text{coke\_3}}$  по варіанту робіт №1 згідно проведених експериментів на моделі coke2024 згідно формули (3.1):

$$\begin{aligned} V_{\text{coke\_3}} &= 10491910 + 3613740 + 817249,4 + 503537,1 + 87000 = \\ &= 15513436,5 \text{ грн} = 15,514 \text{ млн грн.} \end{aligned}$$

### **3.5 Вартість витрат за варіантом доставки коксу №4**

Витрати  $V_{\text{loc\_4}}$ , пов'язані з роботою тепловозів в системі доставки коксу, за формулою (3.2), становлять:

$$V_{\text{loc\_4}} = 8122 \cdot 1265 = 10274330 \text{ грн} = 10,274 \text{ млн грн.}$$

Витрати  $V_{kr\_4}$ , пов'язані з роботою кранів РКП в системі доставки коксу, за формулою (3.3), становлять:

$$V_{kr\_4} = 1901 \cdot 1230 = 2338230 \text{ грн} = 2,338 \text{ млн грн.}$$

Вартість витрат  $V_{vag\_uz\_4}$  на користування вагонами магістрального типу в межах системи доставки коксу, за формулою (3.4), становлять:

$$V_{vag\_uz\_4} = 17942 \cdot 58,3 = 1046018,6 \text{ грн} = 1,046 \text{ млн грн.}$$

Вартість витрат  $V_{val\_local\_4}$  на користування вагонами місцевого парку, за формулою (3.5), становлять:

$$V_{val\_local\_4} = 7539 \cdot 58,3 = 439523,7 \text{ грн} = 0,44 \text{ млн грн.}$$

Вартість витрат  $V_{load\_4}$  на додаткову роботу по вивантаженню вагонів місцевого парку при перебазуванні коксу зі складу до доменного виробництва, за формулою (3.6), становлять:

$$V_{load\_4} = 216 \cdot 250 = 54000 \text{ грн} = 0,054 \text{ млн грн.}$$

Загальні витрати  $V_{coke\_4}$  по варіанту робіт №1 згідно проведених експериментів на моделі coke2024 згідно формули (3.1):

$$\begin{aligned} V_{coke\_4} &= 10274330 + 2338230 + 1046018,6 + 439523,7 + 54000 = \\ &= 14152102,3 \text{ грн} = 14,152 \text{ млн грн.} \end{aligned}$$

### 3.6 Аналіз витрат по варіантах

Результати економічних розрахунків по варіантах 1...4 наведені у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Аналіз за варіантами 1...4

Види витрат	Витрати по видах витрат, млн грн/рік			
Витрати на роботу тепловозу	10,93	10,711	10,492	10,274
Витрати на роботу крану	6,376	5,314	3,614	2,338
Витрати на використання вагонів магістрального типу	0,625	0,653	0,817	1,046
Витрати на використання вагонів промислового типу	0,649	0,597	0,504	0,44

Кінець таблиці 3.2

Види витрат	Витрати по видах витрат, млн грн/рік			
Витрати на додатковий обсяг вивантаження вагонів	0,162	0,135	0,087	0,054
Загалом:	18,742	17,41	15,514	14,152
Відхилення від базового варіанту 2	1,332	-	-1,896	-3,258

З огляду на отримані результати:

- базовий варіант №2 не є найбільш ефективним;
- варіант №1 є найгіршим за економічними показниками;
- варіант №4 є найбільш економічно привабливим з економією загальних експлуатаційних витрат 3,258 млн грн на рік.

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В дипломному проєкті розглядається аналіз ефективності транспортних схем доставки коксу на металургійний комбінат «Запоріжсталь» зі станції Запоріжжя-Ліве від зовнішніх постачальників.

В проєкті розглядається аналіз потенційних небезпек, які можуть вплинути на дослідника під час збору даних для дипломної роботи та провадяться заходи по їх усуненню [18-21].

### 4.1 Аналіз потенційних небезпек

Основні небезпеки:

- при навантаженні коксу, виникає несприятлива дія пилу як на організм вантажника, так і на дослідника. При вдиханні можливе запалення слимакових дихальних шляхів, а також явлення загального отруєння організму (зокрема, нудота);
- при перевантаженні коксу, можливо потрапляння матеріалу на робітника, що може призвести до травм;
- при вантажно-розвантажувальних роботах на відкритих ділянках цехів можливо переохолодження робітників в холодний час року, що сприяє простудним захворюванням;
- недостатній рівень освітлення на накопичувальних майданчиках може призвести до обрушення коксу з-за невірної організації складування вантажу;
- при перевезенні коксу навалом, є можливість його розм'якшення при підвищених температурах та твердіння. В процесі охолодження

створюється маса, яка важко роздрібнюється. Розколювання зшарувань коксу викликає утворення значної кількості пилу;

- ураження робітників та дослідника електричним струмом від не ізольованих або пошкоджених кабелів кранів РКП, що може призводити до електричної травми людини чи пожежно-небезпечної ситуації;

- наїзди залізничних транспортних засобів на робітників або дослідника при неузгодженні дій помічників машиніста-складачів поїздів з диспетчером;

- при обробці даних на ПК, на дослідника діє негативним чином впливають шкідливі фактори середовища в дослідницькій лабораторії.

В Додатку А показані заходи по їх усуненню. В Додатку Б розроблені розрахунки з даних, заміряних шкідливих факторі в лабораторії дослідника, де є ПК, для визначення доплати за ці шкідливі фактори. Додаток В враховує заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях.

## ВИСНОВКИ

Металургійна галузь Європи наразі перебуває у найгіршому стані з часу останньої економічної кризи та потребує прийняття певних заходів з боку ЄС для його покращення. У світі спостерігається надлишкове надходження сталеливарної продукції, в короткостроковій перспективі, через два роки, обсяги виробництва прогнозовано збільшаться на понад 150 млн т/рік. Китай здійснює виготовлення половини від світового виробництва сталі. Це загрожує зменшенню прибутків європейських металургів, може призвести до скорочення робочих місць та негативно впливає на довкілля.

Металургійна галузь України перебуває ще у більш важкому стані через проблеми військового вторгнення в нашу країну. Проте, комбінат Запоріжсталь продовжує стабільно отримувати кокс від коксохімічного підприємства – Запоріжкоксу, яке виробляє наразі понад 70 тис. т коксу на місяць.

Виробництво комбінату Запоріжсталь протягом минулого 2023 року становило близько 2,7 млн т рідкого чавуну та 2,5 млн т сталі, тож, враховуючи роботу на рівні 70% від планової потужності, це є непоганим результатом. Було відвантажено понад 2 млн т металопрокату у рулонах та пачках споживачам. Військові дії будь-якої миті можуть негативно вплинути на дані процеси, тому в даному дослідженні виконується аналіз можливих варіантів розвитку подій, в тому числі при подаванні частини обсягів коксу залізничним транспортом з інших підприємств.

В магістерській роботі проаналізовано можливість роботи металургійного підприємства в умовах постачання доменного коксу на комбінат Запоріжсталь з двох джерел:

- з зовнішньої мережі шляхів залізниць України;
- від традиційного постачальника – підприємства Запоріжкокс.

Дана ситуація цілком можлива в умовах військового вторгнення та скорочення постачань коксівного вугілля вітчизняного виробництва до підприємств галузі.

В роботі створено імітаційну модель постачань доменного коксу із зовнішньої мережі залізниць та по промисловим залізничним коліям від місцевого виробника з метою встановлення найбільш економічно доцільних параметрів роботи даної транспортно-виробничої системи. Виконано експерименти для чотирьох варіантів організації робіт з різними значеннями кількості вагонів магістрального парку, які зберігаються на під'їзній колії з коксом.

З огляду на отримані економічні розрахунки встановлено:

- базовий варіант №2 не є найбільш ефективним;
- варіант №1 є найгіршим за економічними показниками;
- варіант №4 виявився найбільш економічно привабливим з економією загальних експлуатаційних витрат 3,258 млн грн на рік.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Європейські політики активізують зусилля щодо подолання кризи в металургії. GMK Center. URL : <https://gmk.center/ua/posts/ievropejski-politiki-aktivizujut-zusillya-shhodo-podolannya-krizi-v-metalurgii/> (дата звернення 18.10.2024)

2. «Запоріжжкокс» за 11 місяців виробив понад 800 тис. т продукції. GMK Center. URL : <https://gmk.center/ua/news/zaporizhkoks-za-11-misyaciv-virobiv-ponad-800-tis-t-produkcii/> (дата звернення 18.10.2024)

3. «Запоріжсталь»: підсумки виробництва у грудні та за 2023 рік. URL : <https://www.cci.zp.ua/zaporizhstal-pidsumky-vyrobnyctva-u-grudni-ta-za-2023-rik/> (дата звернення 19.10.2024)

4. Україна скоротить виробництво сталі вдвічі в разі окупації Покровської шахти. URL : [https://zaxid.net/ukrayina\\_skorotit\\_virobnitstvo\\_stali\\_vdvichi\\_v\\_razi\\_okupatsiyi\\_pokrovskoyi\\_shahti\\_n1595818](https://zaxid.net/ukrayina_skorotit_virobnitstvo_stali_vdvichi_v_razi_okupatsiyi_pokrovskoyi_shahti_n1595818) (дата звернення 20.10.2024)

5. 90 років майстерності: «Запоріжжкокс» відзначив ювілей з дня заснування підприємства. URL : <https://zaporozhcoke.com/novini/90-rokiv-maisternosti-zaporizhkoks-vidznachyv-iuvilei-z-dnia-zasnuvannia-pidpriemstva/> (дата звернення 20.10.2024)

6. Вагон для охолодженого коксу. Дніпровагонмаш. URL : <https://dvmash.biz/product/vagon-dlya-oholodzhenogo-koksu-22-4070/> (дата звернення 19.10.2024).

7. ПрАТ «ЮЖКОКС» URL – «Про підприємство»: <https://www.bkoks.dp.ua/company/> (дата звернення 19.10.2024).

8. Дніпровський металургійний завод. URL : <https://www.youtube.com/@%D0%94%D0%BD%D1%96%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B2%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B8%D0%B9%D0%BC%D0>

%B5%D1%82%D0%B0%D0%BB%D1%83%D1%80%D0%B3%D1%96%D0%B9%D0%BD%D0%B8%D0%B9%D0%B7%D0%B0%D0%B2%D0%BE%D0%B4 (дата звернення 19.10.2024).

9. Коксохімічне виробництво ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг». URL : <https://ukraine.arcelormittal.com/production-sytle/coke-production> (дата звернення 19.10.2024).

10. Дніпровський металургійний завод. URL : <https://dmz-petrovka.dp.ua/index.php?page=news> (дата звернення 19.10.2024).

11. Війна кардинально змінила баланс на ринку коксівного вугілля України — дослідження GMK Center. URL : <https://gmk.center/ua/news/vijna-kardinalno-zminila-balans-na-rinku-koksivnogo-vugillya-ukraini-doslidzhennya-gmk-center/> (дата звернення 16.12.2024).

12. Польська JSW у III кварталі збільшила продажі коксівного вугілля на 12%. URL : <https://gmk.center/ua/news/polska-jsw-u-iii-kvartali-zbilshila-prodazhi-koksivnogo-vugillya-na-12-kv-kv/> (дата звернення 16.12.2024).

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

14. Технічно-розпорядчий акт станції Доменна. – Запоріжжя: ПАТ «Запоріжсталь», 2021. – 27с.

15. 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», 2021. – 42с.

16. 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.

17. 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.

18. 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.

19. 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).

20. 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)

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

## ДОДАТОК А

### ЗАХОДИ ПО ЗАБЕЗПЕЧЕННЮ БЕЗПЕКИ

1. Під час розвантаження коксу з хоперів необхідно, при відкритті люків, робітнику відійти на безпечну відстань щоб запобігти травмування. «Правила охорони праці під час навантажувальних-розвантажувальних робіт» Наказ № 21 від 19.01.2015.

2. При навантаженні коксу, який в стані навалом, його збризкують водою перед навантаженням для зменшення пиловиникнення. Для цього на ділянці встановлюють водопровідні крани для поливу та каналізаційні трапи.

3. Вантажні роботи з коксом та його транспортування не дозволяється при швидкості повітря більш ніж 3 м/сек. Всі роботи на відкритому повітрі повинні виконуватися відповідно Наказу № 822 від 26.07.2004 «Про затвердження Правил норм перевезення небезпечних вантажів».

4. Для уникнення можливих наїздів залізничним транспортом необхідно щоб робітники та дослідники були вдягнені в жилети зі світловідбивними смугами та узгоджувати свої дії з головним диспетчером по радіозв'язку відповідно Наказу № 822 від 26.07.2004 «Про затвердження Правил норм перевезення небезпечних вантажів».

5 Для попередження ураження електричним струмом необхідно проводити перевірку знань на 4 чи 3 групи з електробезпеки , забезпечувати устрій захисного заземлення, проводити періодичні перевірки справності кабельних барабанів. Всі силові кабелі для уникнення випадкового пошкодження укладені в спеціальні жолоба.

## ДОДАТОК Б

### ЗАХОДИ З ВИРОБНИЧОЇ САНІТАРІЇ ТА ГІГІЄНИ ПРАЦІ

1. Для попередження попадання пилу від руди, коксу, вапняку та інших в легені робітників необхідно застосовувати засоби індивідуального захисту [18-20].

До таких відноситься застосування респіраторів – державний стандарт ДСТУ 7339:2011 «Системи стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту».

2. Для попередження переохолодження робітників необхідно забезпечити їх теплим одягом відповідно ДСТУ 7339:2011 «Системи стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту».

3. Для забезпечення нормативного рівня освітленості на майданчику навантаження передбачено обладнання освітленості в розмірі 30 лк відповідно ДБН В.2-5-28-2018 «Природне та штучне освітлення». Робоче освітлення розміщено на щоглах поза зоною майданчика. Для освітлення застосовуються прожектори типу ПЗС-35 з газорозрядними лампами ДРЛ-700 або світлодіодні прожектори.

Відповідно замірам в лабораторії де є ПК, заносимо ці дані в таблицю 4.1 відповідності, що впливають на дослідника в процесі провадження іспитів.

Відповідно до додатка А [18], за витратами енергії, визначаємо категорію робіт для дослідника лабораторії обладнаної ПК. Умови праці, за витратами енергії, не перевищують 140 Вт (90-120 ккал/год.) та повинні відповідати легким фізичним роботам – категорії Іб.

Таблиця Б.1 – Відповідності, що впливають на дослідника в процесі провадження іспитів

Фактор (показник)	Фактичне значення	Час дії год.
<b>Умови праці:</b>		
Мікроклімат за ТНС-індексом, $t, ^\circ C$	27	8
Освітленість приміщення $E, лк$	320	8
Розряд і підрозряд зорових робіт, $Z_{op}$	A-2	—
Рівень шуму $L, дБ A$	86	5
<b>Напруженість праці:</b>		
Загальні енергозатрати організму, $Bm$	300	7
Стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук)	38000	6
<b>Важкість праці:</b>		
Тривалість зосередження уваги (в % від часу зміни)	76	7
Тривалість робочого дня, год.	8	8

З додатків [18], відповідно до категорії робіт Іб, 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 Б.2 «Результати оцінювання за бальною шкалою».

Таблиця Б.2 – Результати оцінювання за бальною шкалою

Фактор (показник)	Вимірні показники $P_{вим}$	Час дії год.(хв.)	ГДК, ГДР, показники, $P_{дон}$	$X_{визн}$ , бали	Клас умов праці	$X_i$ , бали
1	2	3	4	5	6	7
Мікроклімат за ТНС-індексом, $t, ^\circ C$	27	8	22,9-25,8	3	3.3	3
Освітленість приміщення $E, лк$	320	8	400	—	3.1	1
Розряд і підрозряд зорових робіт, $Z_{op}$	A-2	—	—	—	—	—
Рівень шуму $L, дБА$	86	5	50	—	3.1	0,63
Загальні енергозатрати організму, $Bm$	300	7	290	0,91	3.2	2
Стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук)	38000	6	40000	0,71		
Тривалість зосередження уваги (в % від часу зміни)	76	7	75	0,89		
Тривалість робочого дня, год.	8	8	8	0,15		

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

- для гігієнічної оцінки мікроклімату використовуємо ТНС-індекс, додаток Б [18]. Розрахунковий коефіцієнт  $X_{визн}$  при оцінці мікроклімату визначаємо в балах, за формулою:

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

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

а) Загальні енергозатрати організму,  $K_{знач} = 1,0$

$$X_{визн} = \frac{P_{вим} \cdot T \cdot K_{знач}}{8 \cdot P_{дон}} = \frac{300 \cdot 7 \cdot 1,0}{8 \cdot 290} = 0,91;$$

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

$$X_{визн} = \frac{P_{вим} \cdot T \cdot K_{знач}}{8 \cdot P_{дон}} = \frac{38000 \cdot 6 \cdot 1,0}{8 \cdot 40000} = 0,71;$$

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

$$X_{визн} = \frac{P_{вим} \cdot T \cdot K_{знач}}{8 \cdot P_{дон}} = \frac{76 \cdot 7 \cdot 1,0}{8 \cdot 75} = 0,89;$$

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

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

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

- для мікроклімату, відповідно до значення розрахункового коефіцієнта  $X_{\text{вим}} = 2$ , з таблиці 7.2 – 3 клас, 2 ступінь (3.2) [18];

- при оцінці освітленості робочої зони приміщення, клас та ступінь шкідливості умов праці визначаємо у відповідності до  $P_{\text{вим}} = 320$  лк, за додатками Г та табл. Г.1 – 3 клас, 1 ступінь (3.1) [18];

- для гігієнічної оцінки рівня шуму, клас та ступінь шкідливості умов праці визначаємо у відповідності до виміряного значення рівня шуму  $P_{\text{вим}} = 86$  дБА, за додатками Д та табл. Д.1 – 3 клас, 1 ступінь (3.1) [18];

- клас і ступінь важкості та напруженості праці визначаємо як суму розрахованих балів усіх показників  $X_{\text{визн}}$  за формулою [18]:

$$X_{\text{сум}} = \sum_{i=1}^n X_i = 0,91 + 0,71 + 0,89 + 0,15 = 2,66$$

З таблиці [18] за значенням суми розрахованих балів показників  $X_{\text{сум}} = 2,66$  – 3 клас, 2 ступінь (3.2);

Тому що 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, 2 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, 3 ступеню умов праці, а час його дії уже врахований, тому –  $X_{cm} = X_i = 3$ ;

- 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, 1 ступеню умов праці та діє протягом 5 годин, тому значення  $X_i$  визначаємо за формулою 7.4 [18]:

$$X_i = X_{cm} \cdot \frac{T}{8} = 1 \cdot \frac{5}{8} = 0,63$$

- для оцінки впливу важкості та напруженості праці, виходимо з того що вони відповідають 3 класу, 2 ступеню умов праці, а час їх дії уже врахований, тому –  $X_{cm} = X_i = 2$ ;

Для визначення конкретного розміру доплати, умови праці оцінюємо по сумі значень  $X_i$ , за формулою [18]:

$$X_{факт} = \sum_{i=1}^n X_i = 3 + 1 + 0,63 + 2 = 6,63$$

Розмір доплати за умовами праці визначаємо в залежності від їх фактичного стану –  $X_{факт} = 6,63$ , 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», розмір доплати до тарифної ставки (окладу) – 16 % [18].

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 в 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 I б, тому необхідно привести ці умови у відповідність до нормативних значень, які відповідають оптимальним параметрам для категорії I б, 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 А-2, нормована загальна освітленість якого, на робочих столах –  $E = 400$  лк;

- рівень шуму в робочій зоні дослідника – 50 дБА;

- загальні енергозатрати організму, до 174 Вт;

- стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук), до 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 забезпечення нормованої освітленості приміщення яка відповідає розряду зорових робіт необхідно провести додаткові розрахунки та визначитися з потужністю ламп, типом ламп та світильників та їх раціональним розміщенням;

- для зниження рівня шуму в робочій зоні дослідника необхідно замість матричних принтерів застосувати лазерні; з метою зниження зовнішнього шуму замінити вікна на пластикові з трикамерним склопакетом;

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

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

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

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 [18], у розмірі 16 %.

## ДОДАТОК В

### ЗАХОДИ БЕЗПЕКИ У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Заходи безпеки з пожежної безпеки [18].

Для попередження займання ізоляції на складі необхідно захистити електропроводку від пошкодження, розмістивши її в товстостінні труби, відповідно вимогам ДСТУ 7237:2011 «Система стандартів безпеки праці. Електробезпека». На складі з вугіллям клас можливої пожежі буде визначен як «А», а категорія приміщення складу по пожежній безпеці – до «Г». Площа складу складає – 1760 кв.м. Згідно НАПБ 03.001-2004 «Типові норми належності вогнегасників» обираються 6 порошкових вогнегасників ВП-8. Первинні засоби пожежогасіння розташовуються при вході до складу на пожежному щиті, та із внутрішньої сторони на стінах чи колонах складу.

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

На накопичуваному майданчику площею 4550 кв. м необхідно розташувати пожежні щити. Клас можливої пожежі на майданчику дорівнюється А (кокс), по пожежонебезпеці до категорії Д. Необхідна кількість вогнегасників згідно НППБ 03.001- 2004 «Типові норми належності вогнегасників» обираються 12 водно порошкові вогнегасники ВП-8.

Первинні засоби пожежогасіння розташовуються на пожежних щитах.

Заходи з цивільного захисту [21]. Цивільний захист (ЦЗ) на промисловому об'єкті ( надалі - на об'єкті) організується з метою захисту персоналу об'єкта і населення, що проживає поблизу від нього, від надзвичайних ситуацій (НС) природного, техногенного і військового характеру.

Основними завданнями ЦЗ на об'єкті є:

- захист персоналу об'єкта і населення від НС;
- підвищення стійкості функціонування об'єкта в умовах НС;
- проведення аварійно-рятувальних і інших невідкладних робіт у вогнищах ураження і зонах катастрофічного затоплення.

На всіх об'єктах цивільний захист (ЦЗ) організовується з метою своєчасної підготовки їх до захисту від наслідків надзвичайних ситуацій (НС), зниження втрат, створення умов для підвищення стійкості роботи об'єктів і своєчасного проведення рятувальних і інших невідкладних робіт (РІНР).

Відповідальність за організацію й стан ЦЗ, за постійну готовність її сил і умов до проведення РІНР несе відповідальність начальник ЦЗ (НЦЗ) об'єкта – керівник підприємства, установи, організації.

Штаб ЦЗ проводить захід щодо захисту працівників і службовців і забезпечує своєчасне оповіщення населення про погрозу або виникнення НС. Організовує й забезпечує безперервне керування ЦЗ. Розробляє план дій органів керування й сил ЦЗ об'єкта із застереженням і ліквідації НС, періодично змінюється й організовує його виконання. Організовує й контролює навчання працівників, що служать із ЦЗ й підготовки невоєнізованих формувань об'єкта.

На об'єкті залежно від характеру його виробничої діяльності створюються служби ЦЗ: оповіщення і зв'язки; медична; радіаційного й хімічного захисту; охорони цивільного порядку; протипожежна; енергопостачання й світломаскування; аварійно-технічна; притулків і вкриттів; транспортна; матеріально-технічного постачання й інші. На них покладає виконання спеціальних заходів і забезпечення дій формувань при проведенні РІНР.

Управління службами виконують їх начальники, які призначаються наказом НЦЗ об'єкта, із числа начальників відділів, цехів, на базі яких вони

створені. Начальники служб зобов'язані підтримувати в постійній готовності сили і засоби служби, знати моральні та ділові якості підлеглих і проводити з ними виховну роботу, заняття і навчання. Начальники служб беруть участь у розробці плану дій органів управління і сил із запобігання та ліквідації НС і самостійно розробляють необхідні документи служби. На них покладає своєчасне забезпечення підлеглих формувань спеціальним майном і технікою.