

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Транспортний
(повне найменування факультету)

«Транспортні технології»
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

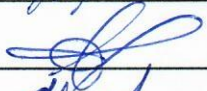
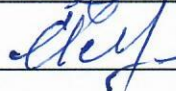
магістра
(ступінь вищої освіти)

на тему ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИВАНТАЖЕННЯ
ЗАЛІЗОРУДНОЇ СИРОВИНИ ШЛЯХОМ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ
РОЗФОРМУВАННЯ СОСТАВІВ НА ПАТ «ЗАПОРІЖСТАЛЬ»

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)»

		Олексій ДРОБОТ (прізвище та ініціали)
Керівник		Сергій ТУРПАК (прізвище та ініціали)
Рецензент		Наталія ЄВССЄВА (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

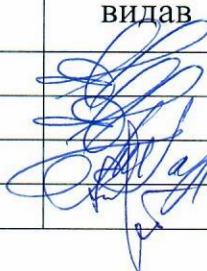
ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

ДРОБОТ Олексій Вікторович

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

- Тема проєкту (роботи) Підвищення ефективності вивантаження залізничної сировини шляхом удосконалення технології розформування составів на ПАТ «Запоріжсталь»
керівник проєкту (роботи) д-р. техн. наук, проф. ТУРПАК Сергій Миколайович
(науковий ступінь, вчене звання, ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)
затверджені наказом закладу вищої освіти від «26» листопада 2024 року №486
- Строк подання студентом проєкту (роботи) 16 грудня 2024 р.
- Вихідні дані до проєкту (роботи) існуюча транспортно-технологічна система доставки та вивантаження залізничної сировини, технологічні графіки перевезень, існуючі обсяги перевезень, графіки обробки составів
- Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналітична частина, 2. Основна частина, 2.1 Аналіз інтенсивності надходження залізничної сировини залізничним транспортом, 2.2 Розробка моделі PivdennaRudna імітації процесу організації вивантаження залізничної сировини, 2.2.1 Блок руху маршрутних составів, 2.2.2 Блок вивантаження составів із залізничною сировиною, 2.2.3 Блок імітації роботи паркового тепловозу в системі Південна-Рудна, 2.3 Експерименти на програмі PivdennaRudna 3. Економічна частина, 4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.
- 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)

Олексій ДРОБОТ

(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Керівник проєкту (роботи)

(підпис)

Сергій ТУРПАК

(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

ПЗ : 82 с., 48 рис., 6 табл., 14 джерел.

ВАГОН, ВАГОНОПЕРЕКИДАЧ, ЗАЛІЗОРУДНА СИРОВИНА,
ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ, РУДА, ТЕПЛОВОЗ

Об'єкт дослідження – транспортний процес організації перевезень та вивантаження залізорудної сировини на металургійному підприємстві.

Мета роботи – аналіз різних технологій розформування маршрутних составів із залізорудною сировиною на металургійному підприємстві.

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

В магістерській роботі досліджено транспортний процес організації перевезень та вивантаження залізорудної сировини на металургійному підприємстві «Запоріжсталь». На основі імітаційної моделі проаналізовано різні технології розформування маршрутних составів із залізорудною сировиною, виконані техніко-економічні розрахунки та обрано найбільш ефективний варіант організації робіт. Результати дослідження можуть бути використані в навчальному процесі випускової кафедри.

ЗМІСТ

	с.
Завдання на проєкт	2
Реферат.....	4
Зміст	5
Вступ	7
1 Аналітична частина	8
1.1 Аналіз основних транспортно-виробничих процесів підприємства «Запоріжсталь»	8
1.2 Транспортне обслуговування основних технологічних процесів	15
1.3 Транспортна система вивантаження залізорудної сировини «Південна-Рудна»	20
1.4 Постановка задач підвищення ефективності вивантаження залізорудної сировини шляхом удосконалення технології розформування составів	23
2 Основна частина	25
2.1 Аналіз інтенсивності надходження залізорудної сировини залізничним транспортом	25
2.2 Розробка моделі PivdennaRudna імітації процесу організації вивантаження залізорудної сировини	26
2.2.1 Блок руху маршрутних составів	27
2.2.2 Блок вивантаження составів із залізорудною сировиною	37
2.2.3 Блок імітації роботи паркового тепловозу в системі Південна-Рудна	48
2.3 Експерименти на програмі PivdennaRudna	54
3 Економічна частина	56

3.1 Розробка методики встановлення витрат при організації вивантаження залізорудної сировини	58
3.2 Вартість витрат за існуючим варіантом №1 при організації вивантаження залізорудної сировини	59
3.3 Вартість витрат за варіантом №2 при організації вивантаження залізорудної сировини	60
3.4 Вартість витрат за варіантом №3 при організації вивантаження залізорудної сировини	61
4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	65
Висновки	66
Перелік посилань	68
Додаток А. Аналіз потенційних небезпек	70
Додаток Б. Заходи по усуненню загальних небезпек та небезпек виробничої санітарії та гігієни праці	71
Додаток В. Дослідження шкідливих та небезпечних факторів виробничого середовища та напруженості праці	73
Додаток Г. Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях	81

ВСТУП

Металургійна галузь, не зважаючи на суттєві втрати та складнощі через військове вторгнення в Україну, залишається одним із головних факторів підтримки економіки нашої країни.

В магістерській роботі розглядаються процеси організації вивантаження залізорудної сировини, до якої відноситься залізна руда та залізорудний концентрату. Ця сировина надходить до металургійних підприємств у значній кількості, що обумовлює її доставку у складі однорідних маршрутних составів.

В якості характерного за показниками виробничих процесів та процесів організації транспортно-складських робіт підприємства для дослідження обрано металургійний комбінат Запоріжсталь, розташований у місті Запоріжжя.

Підвищення ефективності вивантаження залізорудної сировини можливе шляхом удосконалення технології розформування составів. Необхідно проаналізувати різні технології організації даних робіт та врахувати випадковий характер надходження маршрутних составів для вивантаження.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Аналіз основних транспортно-виробничих процесів підприємства «Запоріжсталь»

Ключовим виробничим процесом на підприємстві є виробництво рідкого чавуну, яке забезпечується доменним цехом з 1933 року [1]. Сьогодні це осучаснений та максимально автоматизований процес, реалізований на чотирьох доменних печах (рисунок 1.1 [2]).



Рисунок 1.1 – Випуск чавуну на доменній печі Запоріжсталі

Транспортний сервіс забезпечує залізнична станція Доменна, колії якої розташовуються обабіч від ряду доменних печей.

Рідкий чавун по жолобах та далі – через двускатні ванни спрямовується до чавуновозних ковшів. Ці ковші на лафетах збираються у чавуновозні состави (рисунок 1.2 [2]), та доставляються до міксерного відділення або безпосередньо до печей мартенівського цеху.



Рисунок 1.2 – Доставка чавуну до мартенівського цеху

На рисунку видно, що конструкція ковшів передбачає зачеплення спеціальними гаками кранів міксерного відділення та виступами для перекилення при розвантаженні на розливних машинах.

В мартенівському цеху після додаткового технологічного процесу усереднення чавуну у міксерах та додавання певних шихтових матеріалів, зокрема, метлобрухту, виконується мартенівська плавка матеріалу, після чого виготовлена сталь розливається до спеціальних металевих форм – виливниць (рисунок 1.3).



Рисунок 1.3 – Виливниці для розливу сталі

Вони встановлюються на спеціальних мульдових візках, де забезпечується підведення розплаву до них знизу, що покращує якість формування злитків.

Для формування потоку рідкої сталі використовуються спеціальні вогнетривкі матеріали.

Сталь спрямовується зі сталеливарного ковшу до приймальної воронки та вогнетривкого каналу, який розташовується всередині платформи з виливницями – рисунок 1.4 [2].



Рисунок 1.4 – Розлив сталі в мартенівському цеху

Після зниження температури через охолодження заповнених сталлю виливниць утворюються злитки металу. Для їх подальшої механічної обробки вони наново нагріваються до більш високих температур завдяки газовим нагрівачам, це забезпечує більшу пластичність металу.

Виконується перший етап прокатки на станах, після якого утворюються сляби (рисунок 1.5).



Рисунок 1.5 – Сляби на складі

Вони вже можуть реалізовуватись споживачам, проте їх більша частина прокатується у тонкий аркуш, який змотується у рулони – рисунок 1.6.



Рисунок 1.6 – Переміщення гарячекатаного прокату краном

Для переміщення даного прокату використовуються спеціальні захоплюючі пристрої – кліщі. Надалі рулони можуть бути обв'язані металевими міцними пакувальними стрічками та завантажені у вагони або автотранспортні засоби для відправлення споживачам, або спрямовані до іншого цеху – холодної прокатки для більш високотехнологічної обробки, яка передбачає:

- очищення поверхні від окалини хімічним шляхом (травильний агрегат показаний на рисунку 1.7);
- холодної прокатки та дресирування з метою ущільнення верхнього шару прокату;
- якісне пакування захисними матеріалами (рисунок 1.8).



Рисунок 1.7 – Травильний агрегат



Рисунок 1.8 – Лінія пакування рулонів холодної прокатки

Ця найякісніша продукція розміщується у залізничних вагонах, або автотранспорті у горизонтальному розташуванні рулонів. Для перевезень використовуються спеціальні металеві піддони та контейнери, які зменшують потребу у деревині для виготовлення дерев'яних піддонів – засобів кріплення продукції (рисунок 1.9).



Рисунок 1.9 – Розміщення холоднокатаних рулонів у вагоні

1.2 Транспортне обслуговування основних технологічних процесів

Основний технологічний процес доменного виробництва забезпечують залізничні станції:

- Східна (транзитна);
- Південна (сортувальна);
- Рудна (вивантажувальна).

Залізорудна сировина, перевезення якої розглядається у даній роботі, є основним компонентом виробництва чавуну, тому обсяги постачань обумовлюють доставку її маршрутними складами.

В якості сировини використовуються:

- залізна руда;
- залізорудний концентрат.

Після прийняття вагонів з вантажем на станції Укрзалізниці Запоріжжя-Ліве обмінним районом Запоріжсталі та оформлення документів, склад передається на станцію Східна [3], де зважується на вагах вхідної горловини та транзитом далі рухається до станції Південна, що показано на рисунку 1.10.

У разі зайнятості колій прийому Південної, склад може бути зупинений на колії 19 або 20, якщо тривалість зупинки значна, то в середині складу робиться розрив, для організації технологічного проходу оглядачів вагонів станції Східна [4].

На станції Південна, яка є однією зі станцій, що входять до Південного залізничного району, виконується:

- розформування складу;
- за необхідності – відновлення сипкості у гаражі розморожування;
- поділ на подачі – склади, які доставляються до станції Рудна для вивантаження на вагоноперекидачі.

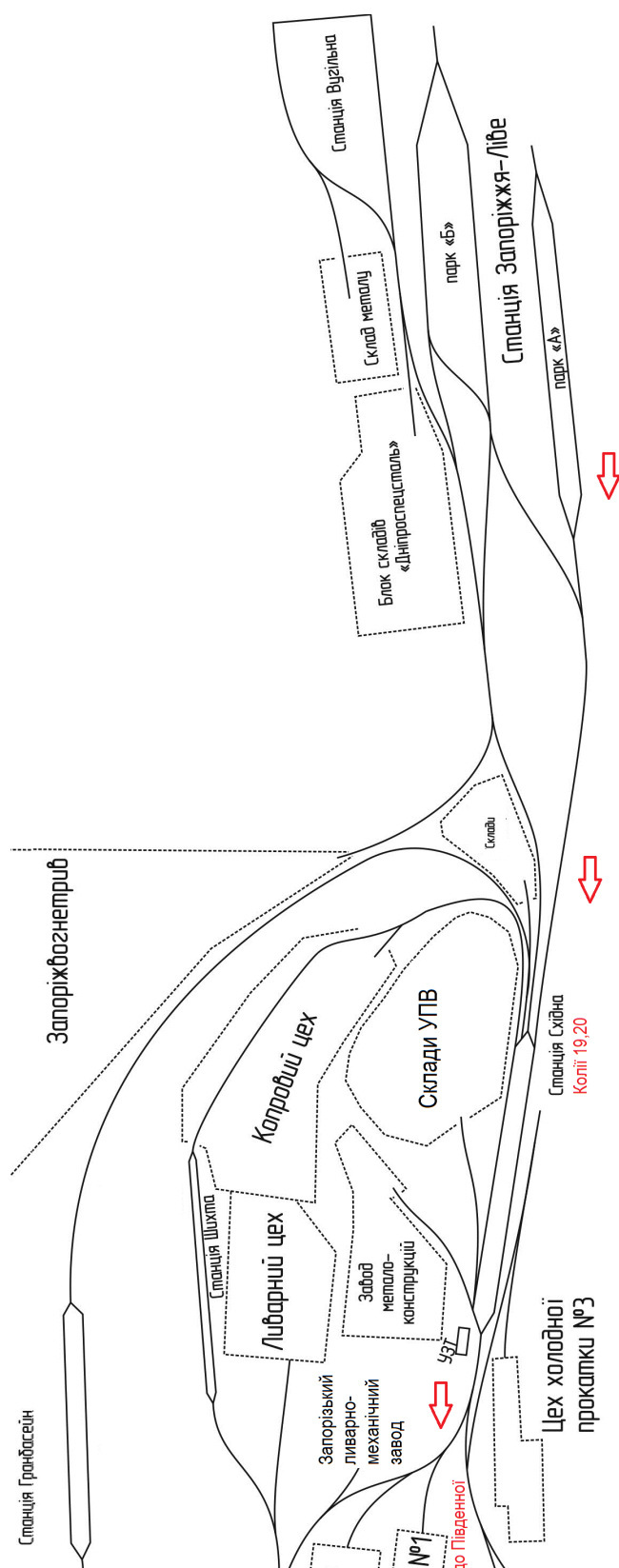


Рисунок 1.10 – Схема руху поїздів до станції Південна

Схема доставки залізничної сировини до пункту вивантаження показана на рисунку 1.11.

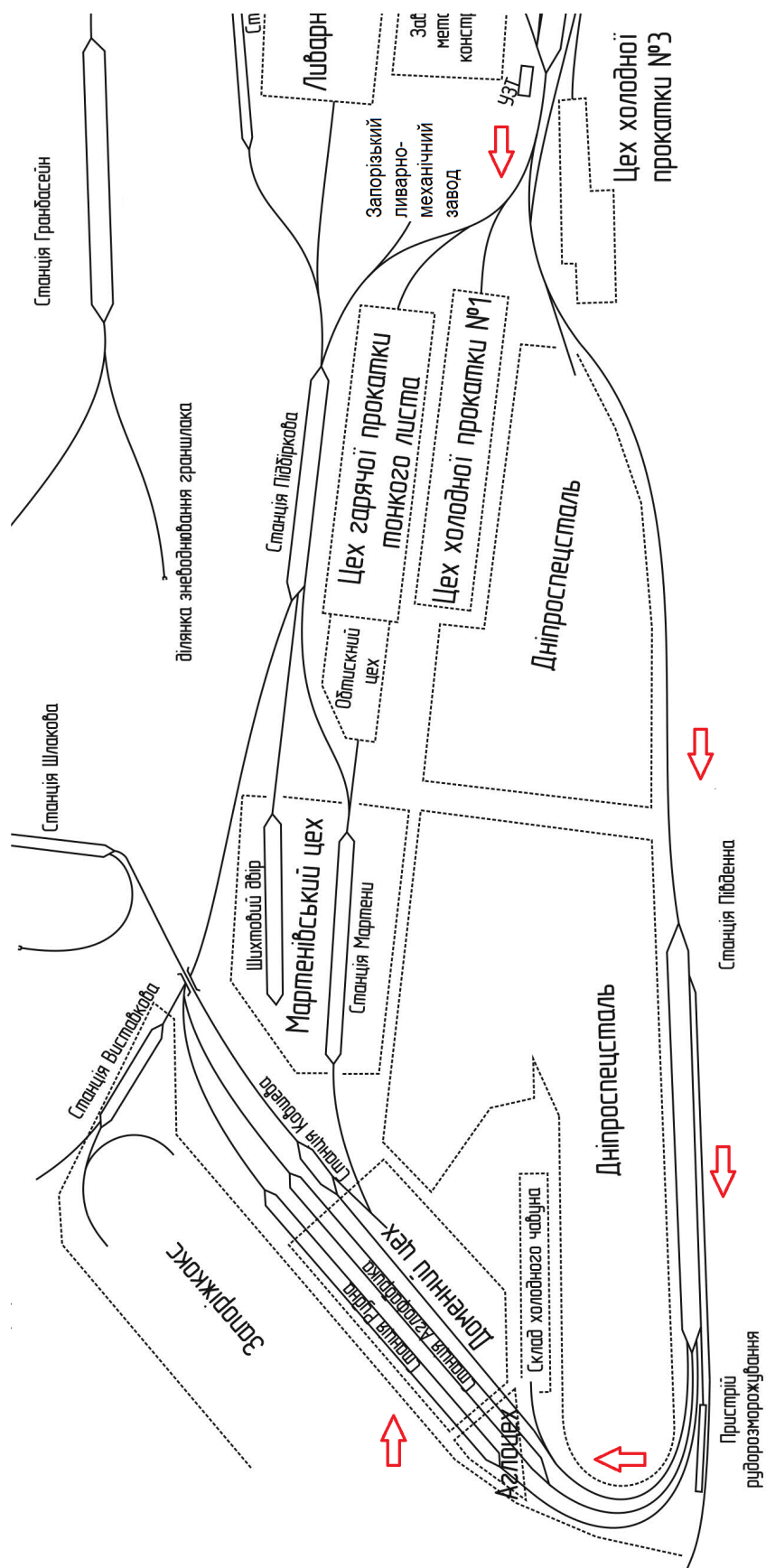


Рисунок 1.11 – Схема доставки залізорудної сировини до пункту вивантаження

У таблиці 1.1 представлені характеристики колій станції Південної [5].

Таблиця 1.1 – Характеристика колій станції Південної Запоріжсталі

Номери колій	Призначення	Корисна довжина колії у метрах	Місткість колії у піввагонах (хп - хоперах)
1	Приймально-відправна, сортувальна (вантажі на/зі станції Доменна)	319	20
2	Приймально-відправна, сортувальна (вантажі на/зі станції Доменна)	317	20
3	Приймально-відправна, сортувальна (вантажі на/зі станції Доменна)	358	22
4	Приймально-відправна, сортувальна (вантажі на/зі станції Доменна)	403	26
5	Приймально-відправна, сортування вагонів	555	37
6	Приймально-відправна, сортування вагонів	628	42
7	Приймально-відправна, сортування вагонів	723	49
8	Приймально-відправна (Східна, Рудна)	860	56

Продовження таблиці 1.1

Номери колій	Призначення	Корисна довжина колії у метрах	Місткість колії у піввагонах (хп - хоперах)
9	Приймально-відправна (Східна, Рудна)	761	52
10	Приймально-відправна, сортувальна (Східна, Рудна)	783	54
11	Приймально-відправна, сортувальна (Східна, Рудна)	772	53
12	Приймально-відправна, сортувальна (Східна, Південна Запоріжкоксу)	779	53
1/1АП	Вагова	275	17
22	Відстою вагонів	75	5
22а	Гараж колійної техніки	40	2
23	Витяжна, екіпірувальна (пісок)	250	12
24	Витяжна колія	270	17
1	Розігріву вантажів взимку, відстою вагонів влітку	210	15 (17хп)
2	Навантаження ваг.	100	6

Кінець таблиці 1.1

Номери колій	Призначення	Корисна довжина колії у метрах	Місткість колії у піввагонах (хп - хоперах)
2	Розігріву вантажів взимку, відстою вагонів влітку	210	15 (17хп)
3	Розігріву вантажів взимку, відстою вагонів влітку	210	15 (17хп)
4	З'єднувальна	224	16
1	Вивантаження ваг.	188	12

Виходячи з розміру колій прийому розмір маршрутного составу приймаємо 53 вагони.

1.3 Транспортна система вивантаження залізорудної сировини «Південна-Рудна»

Розглянемо транспортну систему вивантаження залізорудної сировини «Південна-Рудна», до складу якої входять:

- станція Південна;
- станція Рудна.

На рисунку 1.12 показана схема колій станції Рудної. Вагоноперекидач розміщений на колії №3.

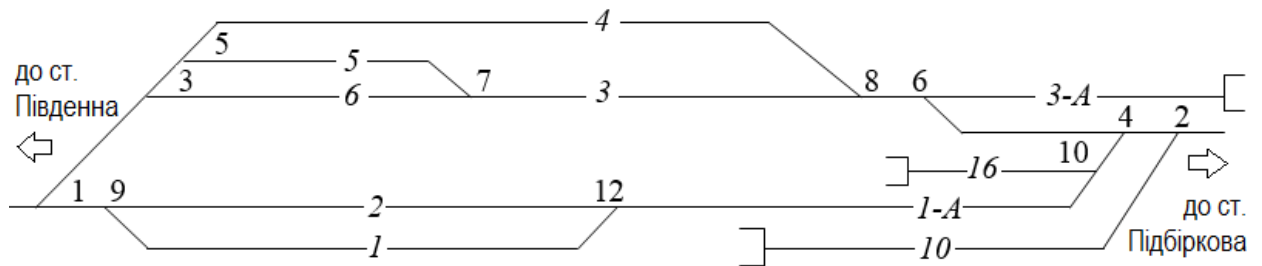


Рисунок 1.12 – Схема колій станції Рудної

Вагони для вивантаження подають згідно з заявкою змінного майстра дільниці підготовки та завантаження сировини доменного цеху. Вона передається телефонним зв'язком з реєстрацією диспетчеру Південного району або черговому по станції Південна. При цьому вказується найменування вантажу і кількість вагонів, необхідних для закладання штабеля на рудному дворі та взяття проб.

Заявки щодо плану закладання штабелю змінний майстер дільниці підготовки та завантаження сировини передає в електронному вигляді на електронну пошту диспетчеру Південного району, поїзному диспетчеру цеху експлуатації, начальнику Південного району не пізніше, ніж за півгодини до початку зміни.

Максимальний розмір составу зі станції Південна до станції Рудна становить 15 вагонів із залізорудною сировиною [6,7]. Після прибуття на станцію Рудну, він осаджується до вагоноперекидача за вказівкою чергового по станції Рудна, який попередньо отримує дозвіл від машиніста вагоноперекидача, який включає інформацію:

- про підняття стріли вагоноштовхача за межі верхнього габариту вагонів;
- що люлька вагоноперекидача встановлена в нормальне положення.

Якщо стріла вагоноштовхача опущена або коліска вагоноперекидача піднята, машиніст вагоноперекидача попереджає чергового по станції про необхідність зупинки составу на відстані не ближче 50 метрів від штовхача.

При відсутності перед вагоноперекидачем вагонів, складач поїздів зупиняє состав за 5...10 метрів до накату вагоноперекидача.

Перед подаванням составу на фронт вивантаження, складач поїздів здійснює випуск повітря з гальмівної системи та роз'єднання гальмівних рукавів у составі на 5-й або 6-й колії.

При відсутності вагонів перед вагоноперекидачем вагони подаються з 5-ї або 6-ї колії на 3-ю колію без зупинки. У цьому разі випуск повітря і роз'єднання гальмівних рукавів здійснюється по 3-й колії після зупинки составу за 5...10 метрів до вагоноперекидача.

Складачу поїздів дозволяється з'єднувати вагони з раніше поданою подачею, в якій залишається не більше 5 невивантажених вагонів. Доєднання здійснюється у проміжок часу, коли штовхач здійснює наштовхування вагона на люльку вагоноперекидача. Сумарна кількість вагонів, яку може переміщувати штовхач, становить до 40 вагонів із залізородною сировиною.

Після одержання команди від розчіплювача вагонів про початок роботи машиніст вагоноштовхача встановлює стрілу на заднє автозчеплення першого за ходом руху вагона [7].

Розчеплення вагонів провадиться до наштовхування на накат вагоноперекидача першого по ходу візка вагона в составі. Після встановлення стріли на автозчеплення, розчіплювач підходить до заднього торця першого за ходом вагона і виконує розчеплення вагонів. Важелі задніх автозчеплень вагонів у подачі, у тому числі останнього вагона, фіксуються в положенні розчепа. Якщо ланцюжок від важеля автозчеплення занадто довгий, для фіксації важеля в положенні натягіння ланцюга використовується дерев'яний клин.

Після розчеплення вагонів працівник відходить на пішохідний місток з боку 4-ої колії і дає команду машиністові вагоноштовхача на подачу вагона рухом руки над головою. Машиністу вагоноштовхача забороняється подавати вагон до виходу розчіплювача на пішохідний місток з боку 4-ї колії.

Після від'їзду вагоноштовхача з вагоном на відстань понад 6 метрів, під час установа першого вагона на колісці вагоноперекидача, розчіплювач зсуває голівку переднього автозчеплення наступного вагону в напрямку рудного двору до упору, щоб забезпечити неможливість з'єднання вагонів на вагоноперекидачі при наступній подачі.

Виконавши ці операції, розчіплювач повертається на пішохідний місток з боку 4-ї колії, обходячи вагоноштовхач із заднього боку. Після переїзду вагоноштовхача до наступного вагона, він дає команду машиністу штовхача на встановлення стріли на автозчеплення вагона [7]. Швидкість під час з'єднання вагонів на колісці вагоноперекидача не повинна перевищувати 3 км/год.

Вивантажені вагони зіштовхуються у східному напрямку з вагоноперекидача, та потім гальмуються регулювальником швидкості руху вагонів, який встановлює гальмівні башмаки.

При накопиченні 7 вагонів, вони переставляються локомотивом порожнякової сторони рудного двору на колію 1-А, де огорожуються червоними щитами та очищуються працівниками ТОВ «СТС».

Після очищення та прибирання щитів та габаритів, локомотив переставляє вагони на 4-у колію, де накопичуються порожні состави із подальшим поверненням їх на станцію Південну.

1.4 Постановка задач підвищення ефективності вивантаження залізорудної сировини шляхом удосконалення технології розформування составів

Підвищення ефективності вивантаження залізорудної сировини можливе шляхом удосконалення технології розформування составів. В ході виконання роботи необхідно розглянути різні технології:

- традиційну, коли весь прибулий состав на станції Південна оглядається, після чого формуються подачі по 15 вагонів до станції Рудної, при цьому остання з них буде меншого розміру;
- в составі, який прибув, оглядаються лише 15 вагонів для більш швидкого формування першої подачі, лише після її відправлення продовжується подальший огляд составу;
- в составі, який прибув, оглядаються лише $(53 - 15 \cdot 3 = 8)$ вагонів – мінімальний розмір подачі, для якнайскорішого формування першої подачі, після її відправлення продовжується подальший огляд составу.

В ході роботи необхідно врахувати випадковий характер надходження маршрутних составів для вивантаження, тому аналіз ефективності рішень планується виконати на імітаційній моделі.

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Аналіз інтенсивності надходження залізорудної сировини залізничним транспортом

За даними довоєнного періоду виконаний аналіз інтервалів між передачею на станцію Східна маршрутних составів із залізорудним концентратом та рудою.

Діаграма щільності ймовірності цих інтервалів часу показана на рисунку 2.1.

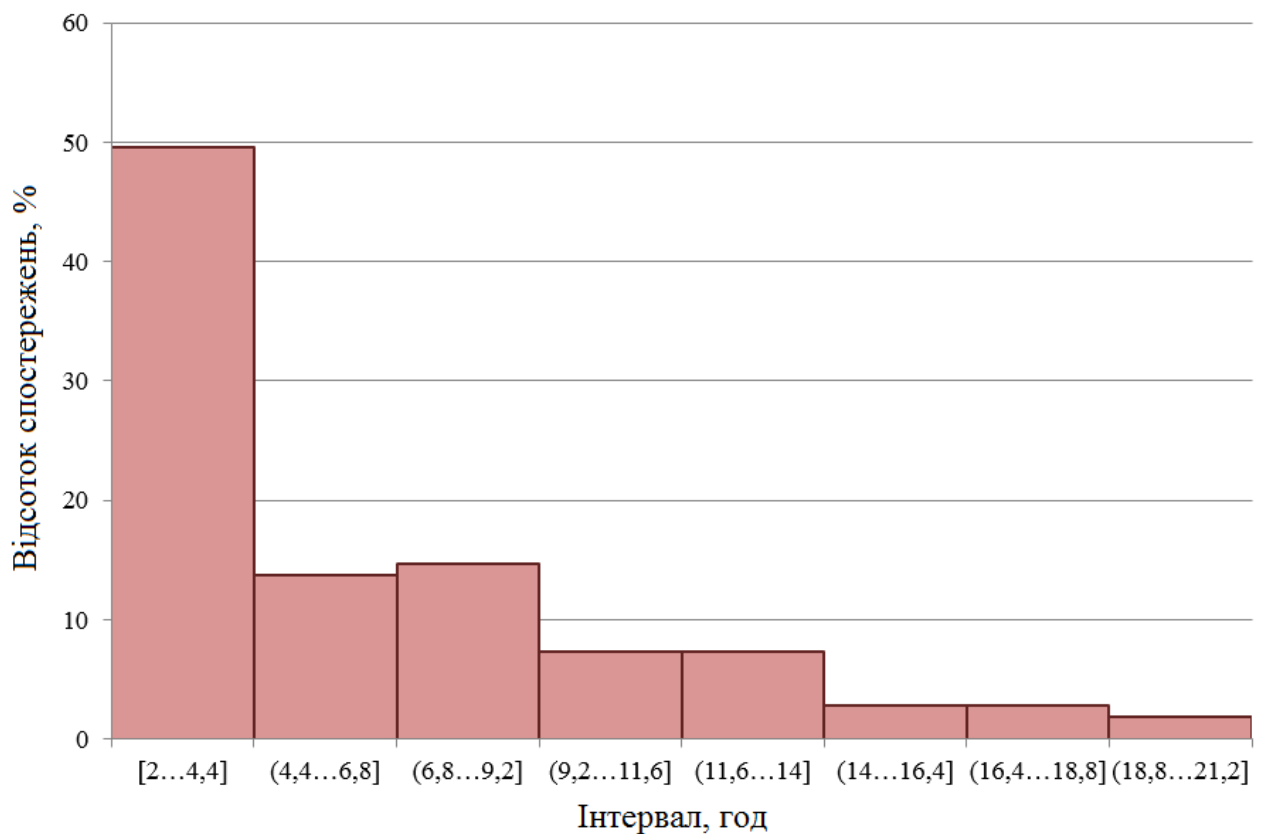


Рисунок 2.1 - Аналіз інтервалів між передачею на станцію Східна маршрутних составів із залізорудним концентратом та рудою

Був проаналізований ряд спостережень:

2; 9,1; 4,3; 4; 6; 6; 7,3; 4; 15,1; 4; 2; 4; 3,2; 2; 6; 2; 6,6; 2; 2; 4; 11,5; 4,4; 9,4; 2; 12,2; 13,3; 2; 2; 8,3; 6,5; 5,1; 9,3; 4; 2; 10,6; 2; 7,6; 2,4; 10,1; 4; 4; 11,3; 7,2; 2; 4; 12,1; 8; 4; 4; 6,1; 6; 2,2; 6; 17,3; 2; 4; 2; 2; 12; 2; 2; 19,3; 4; 4; 2; 2,2; 4; 8; 2; 17; 6,8; 4; 4; 4; 2; 8,8; 12,7; 7; 15,4; 13,2; 12,4; 2; 15,9; 18,4; 3,9; 20,5; 13,1; 2; 6; 4; 6,9; 4; 2; 10,3; 5,8; 9,2; 4; 5,3; 9,4; 2; 8,2; 8,5; 4,7; 7,4; 7; 4,8; 8,1; 4; 2; 13,7; 7; 7,5; 14,7; 2; 7,4; 9,7; 4; 4; 2; 11,6; 6,7; 2; 2; 6,5; 6,5; 2; 4; 12,3; 2; 6,3; 12,7; 2; 5,8; 5; 19,3; 4; 2; 10,4; 2.

Основні статистичні характеристики:

- мінімальний час передачі 2 год.;
- максимальний час передачі 20,5 год.;
- середнє значення 6,39 год.;
- стандартне відхилення 4,48 год.

При моделюванні процесу передачі на станцію Східна [8] маршрутних составів із залізорудним концентратом та рудою будемо використовувати експоненціальний теоретичний розподіл усічений у межах між 2 та 20,5 годинами.

2.2 Розробка моделі PivdennaRudna імітації процесу організації вивантаження залізорудної сировини

Структура моделі PivdennaRudna складається з трьох блоків. Перший блок описує просування маршрутних составів до станції Південної металургійного комбінату Запоріжсталь з зовнішньої мережі залізниць України – рисунок 2.2.

2.2.1 Блок руху маршрутних составів

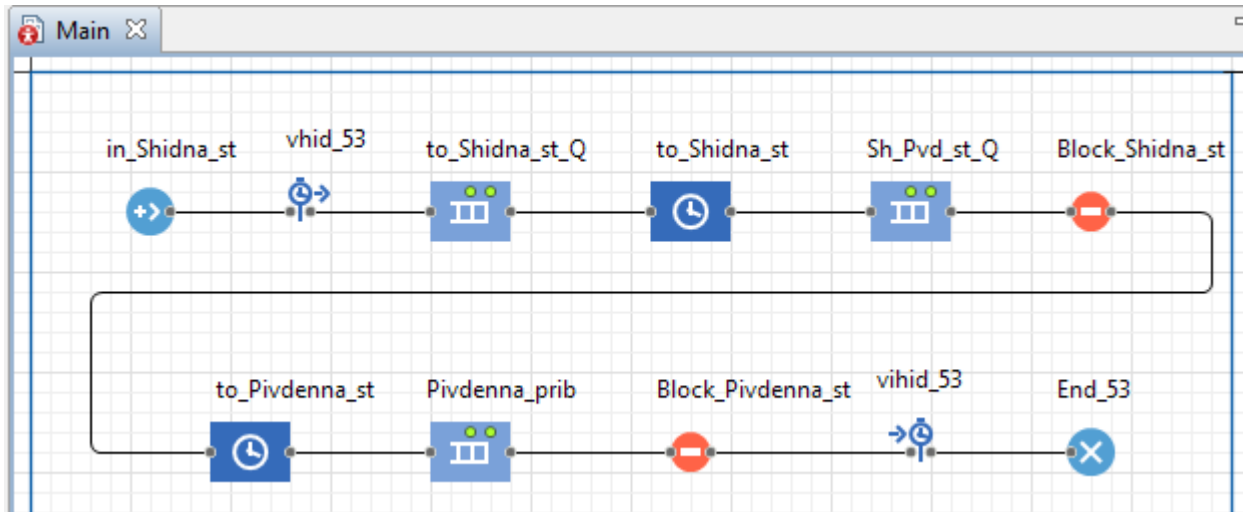


Рисунок 2.2 – Блок просування маршрутних составів до станції Південної металургійного комбінату Запоріжсталь з зовнішньої мережі залізниць України

Перший елемент блоку `in_Shidna_st` здійснює генерацію інтервалів надходження маршрутних составів відповідно до отриманих параметрів у попередньому підрозділі:

`exponential(2,20.5,6.39,0)`

тобто за усіченим експоненціальним розподілом інтервалів часу у межах від 2 до 20,5 годин.

Перша генерація відбувається при старті моделі, що показано на рисунку 2.3.

Елемент `vhid_53` визначає момент часу фіксації входження замовлень – маршрутних составів максимальною встановленою ЄТП [3] довжиною 53 вагони, що показаний на рисунку 2.4.

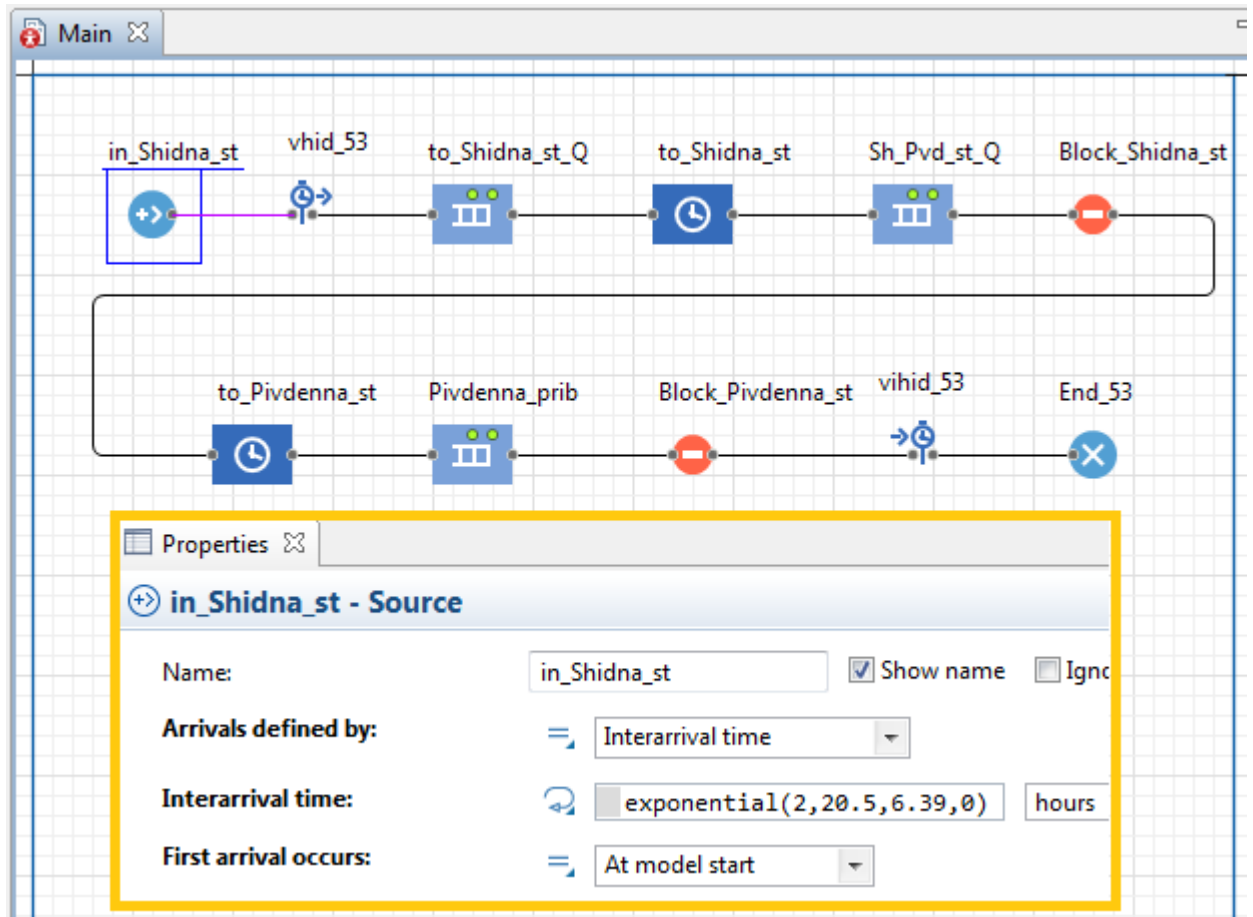


Рисунок 2.3 – Элемент блока in_Shidna_st

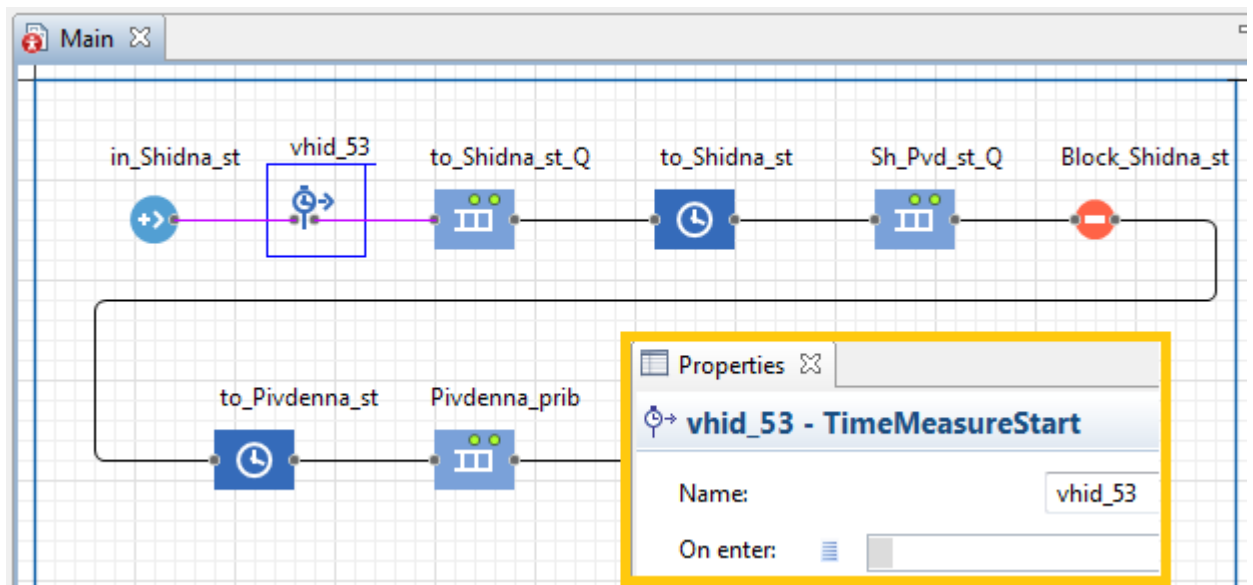


Рисунок 2.4 – Элемент vhid_53

Елемент to_Shidna_st_Q приймає на зберігання замовлення від елемента vhid_53, імітуючи чергу руху до станції Східна – рисунок 2.5.

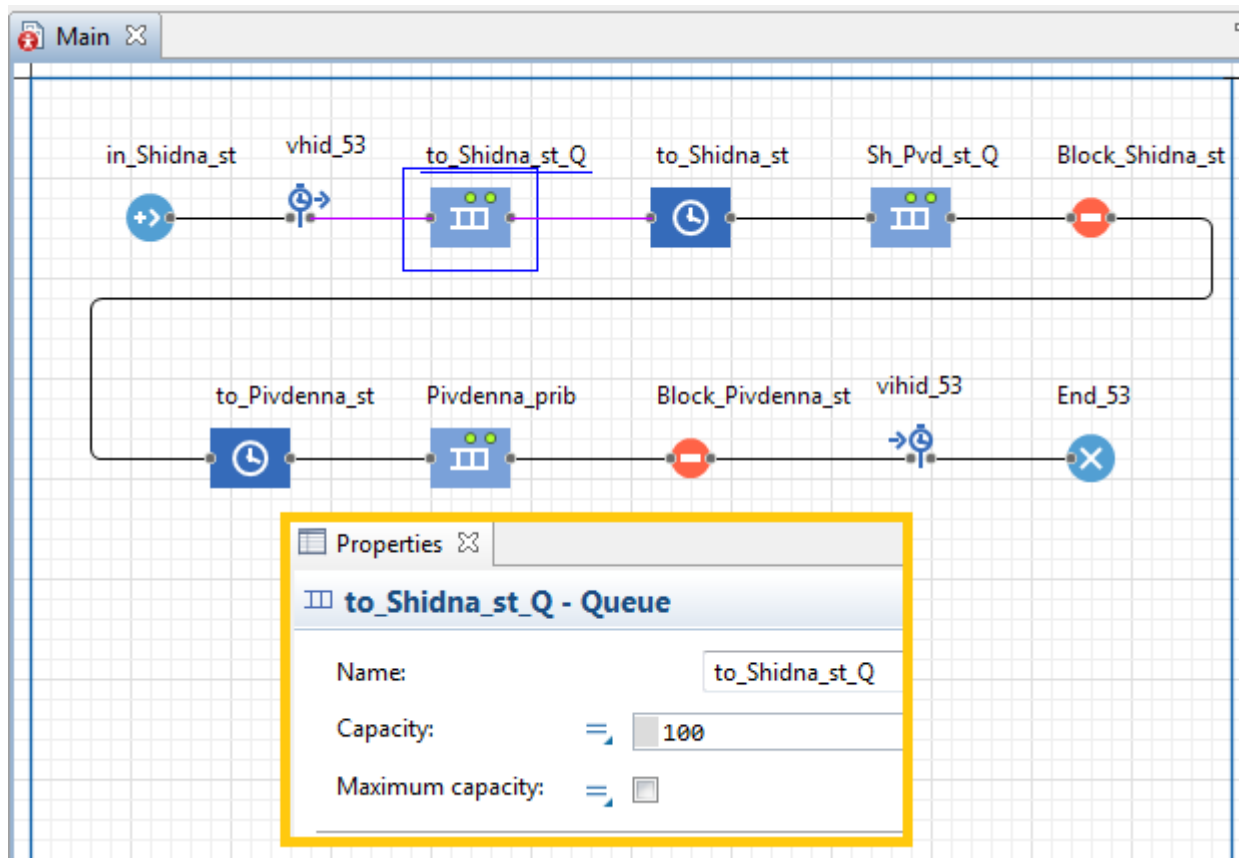


Рисунок 2.5 – Елемент to_Shidna_st_Q

Елемент to_Shidna_st імітує рух до станції Східна із врахуванням процесу зважування на вхідних тензометричних вагах.

Тривалість затримки:

$$22 \text{ хв.}/60 = 0,37 \text{ год.}$$

що вказано в параметрах to_Shidna_st_Q – рисунок 2.6.

Місткість елементу обмежена одним замовленням, інші будуть затримані у черзі to_Shidna_st_Q. Після цього вони переходять до черги Sh_Pvd_st_Q – показана на рисунку 2.7.

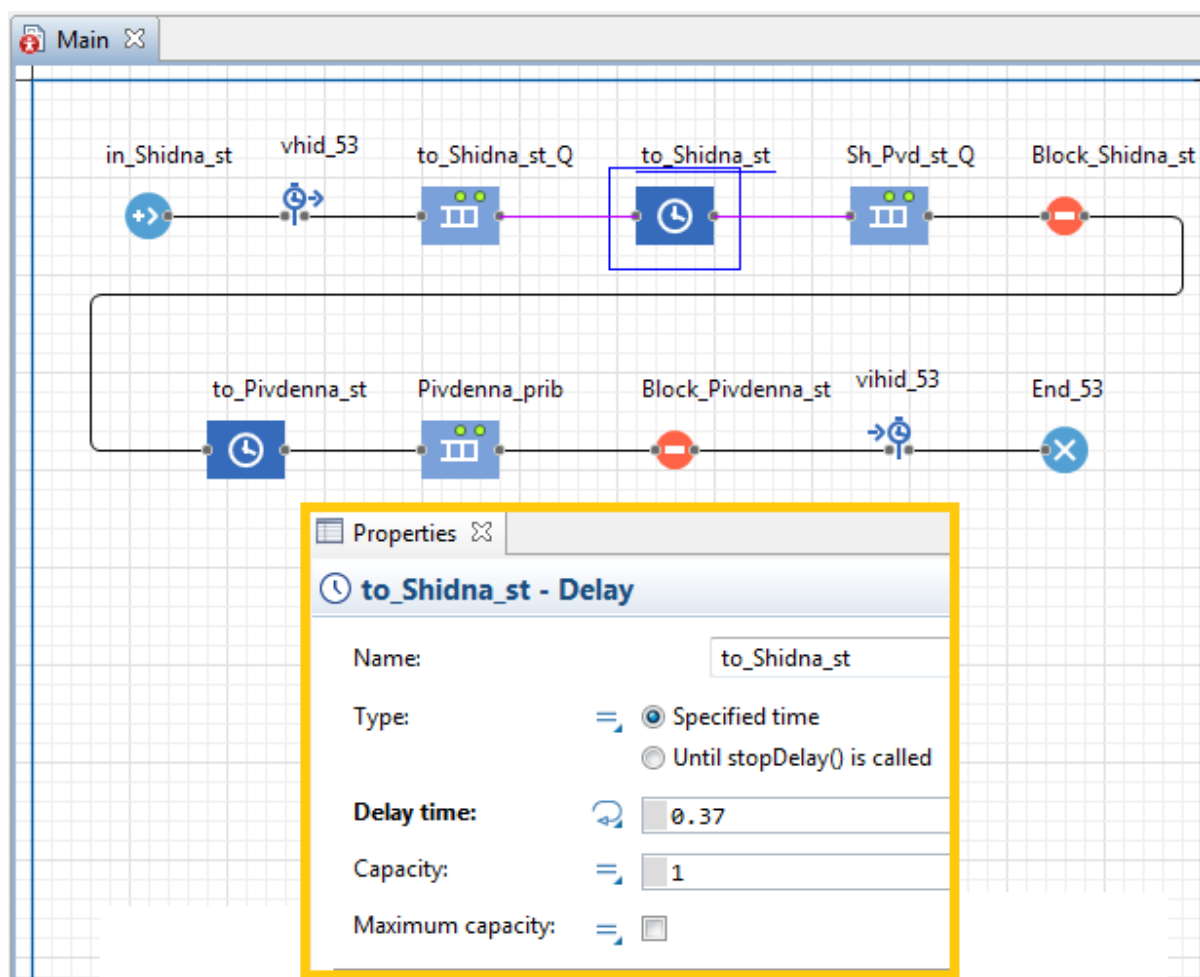


Рисунок 2.6 – Элемент to_Shidna_st_Q

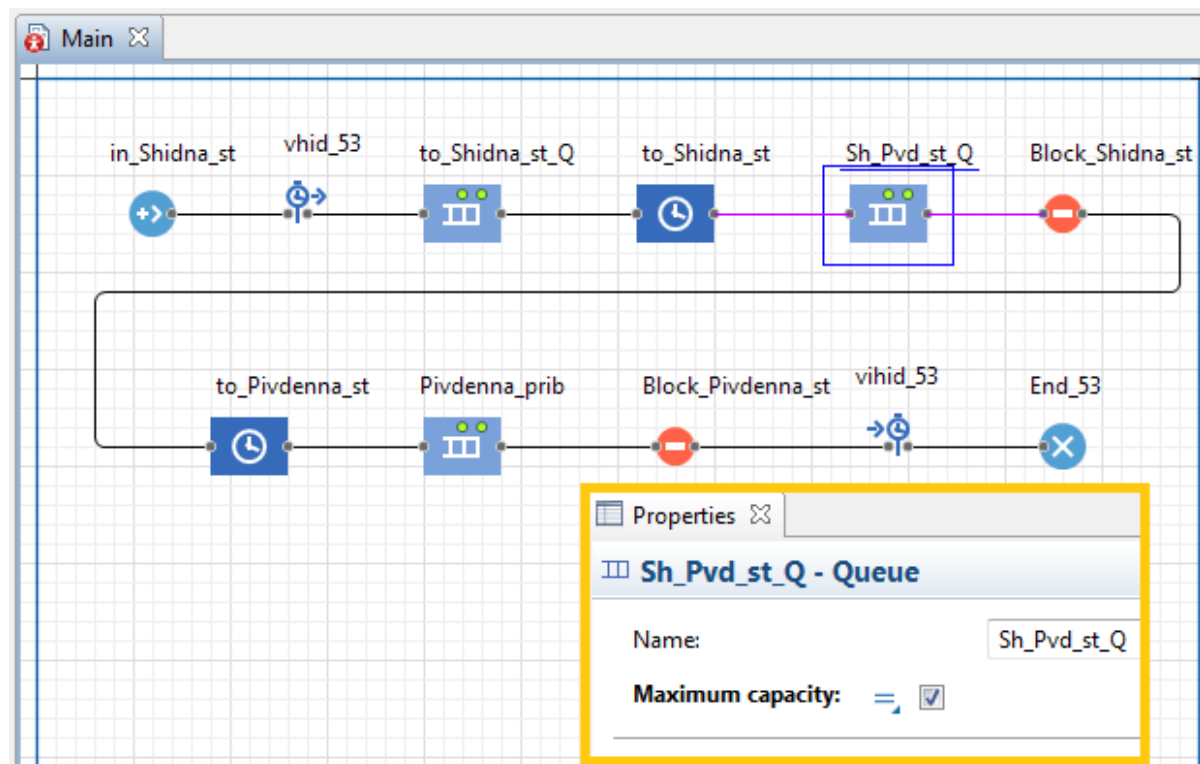


Рисунок 2.7 – Черга Sh_Pvd_st_Q

Елемент Block_Shidna_st – рисунок 2.8 – блокує замовлення в черзі Sh_Pvd_st_Q, цей процес керується елементом, який буде розглянутий нижче.

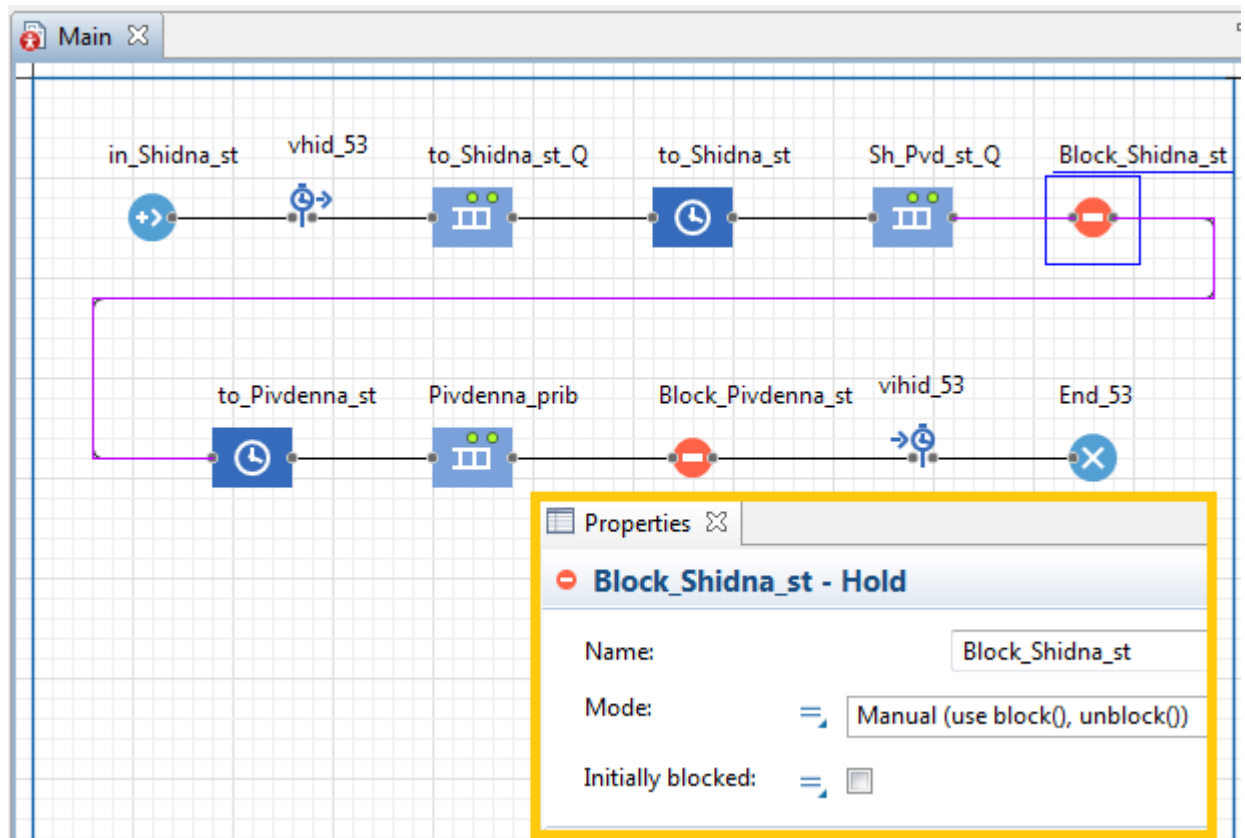
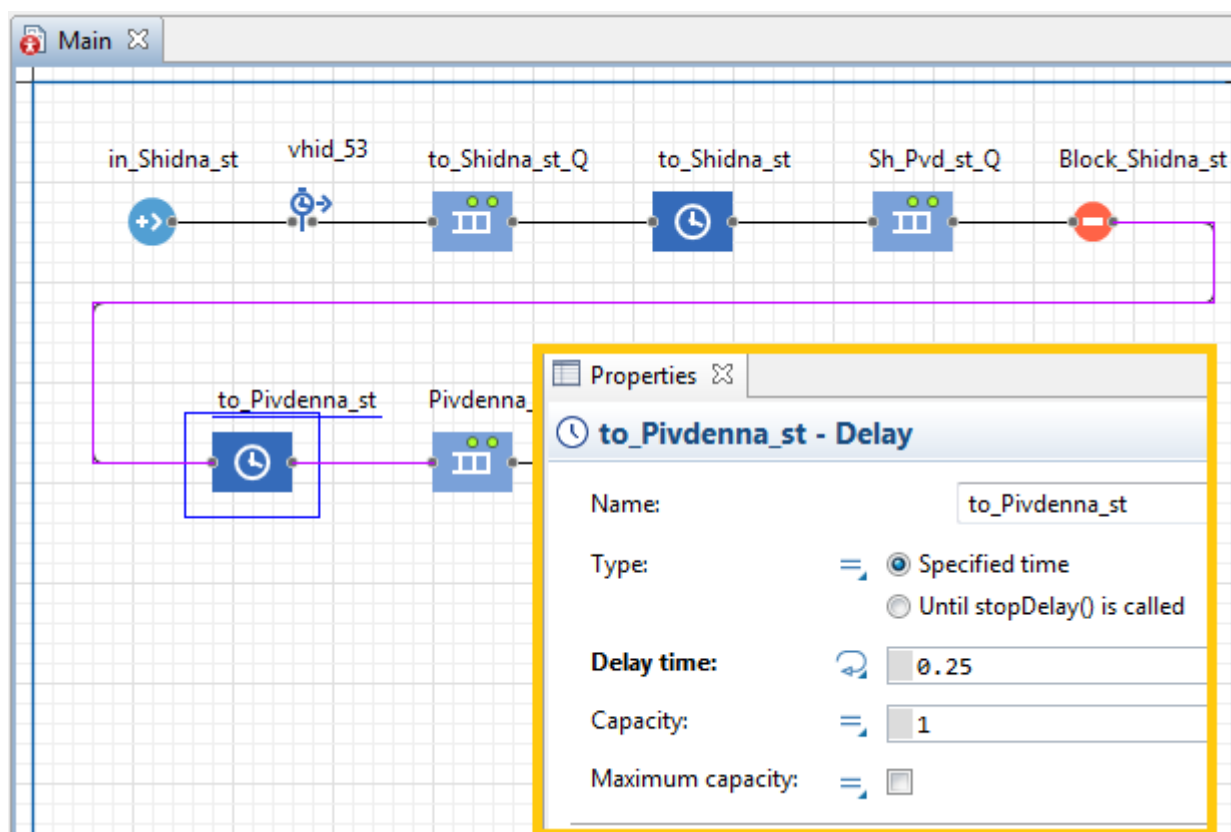
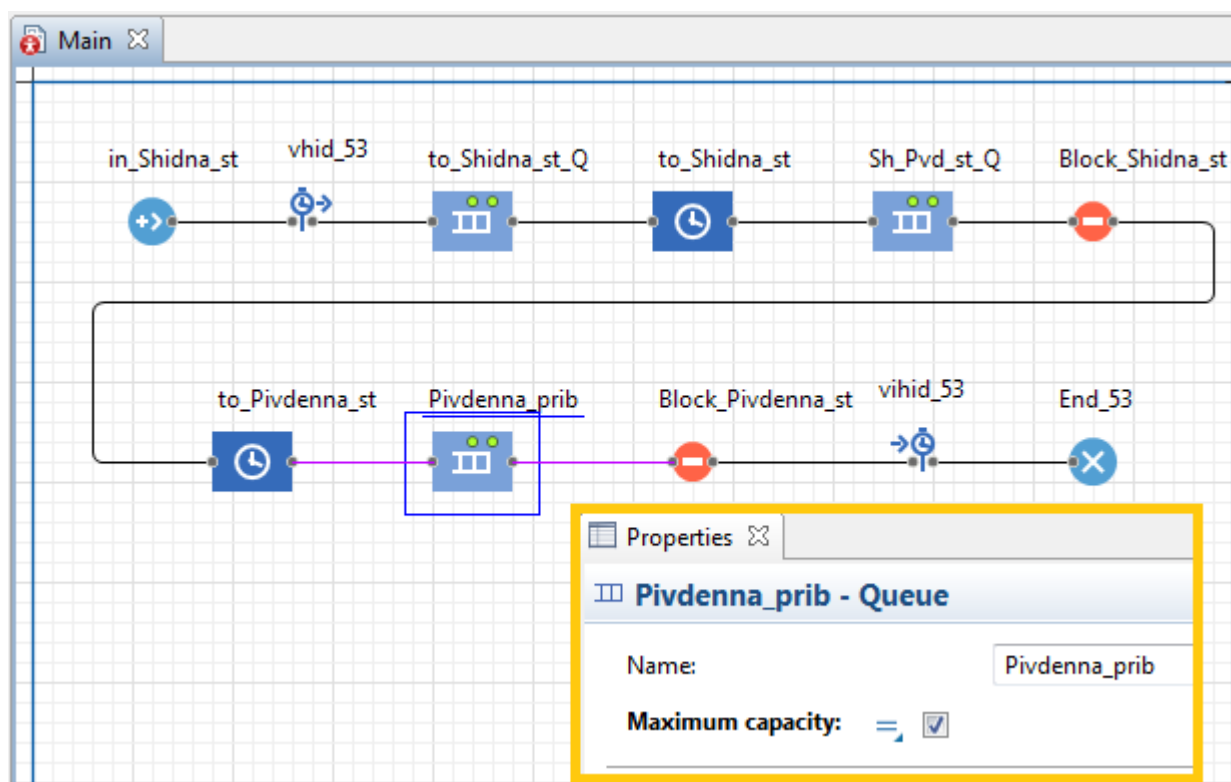


Рисунок 2.8 – Елемент Block_Shidna_st

Це блокування імітує процес зупинки составів на станції Східна, у випадку, якщо приймальні колії станції Рудна зайняті попередньо прибулими складами із залізородною сировиною.

Як було зазначено в аналітичній частині, тривала затримка може передбачати вимогу до створення розриву в середині составу для проходження працівників вагонної служби.

Наступний елемент to_Pivdenna_st імітує рух составу до станції Південна – рисунок 2.9. Знаходження поїзду на перегоні імітує черга Pivdenna_prib – рисунок 2.10.

Рисунок 2.9 – Элемент `to_Pivdenna_st`Рисунок 2.10 – Черга `Pivdenna_prib`

В цій черзі можливою є нетривала зупинка через неприйняття поїзда станцією Південною, що регулює елемент блокування Block_Pivdenna_st, показаний на рисунку 2.11.

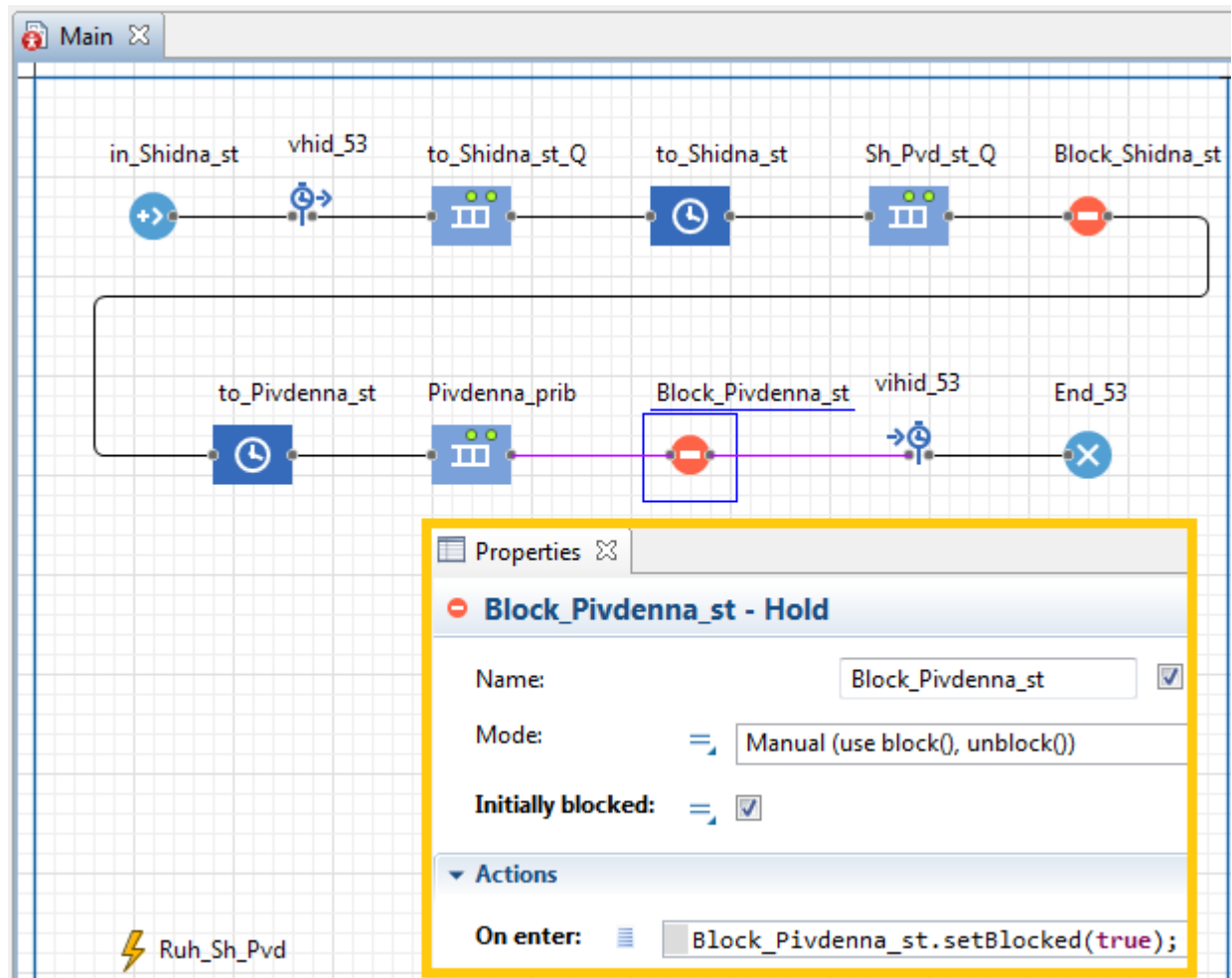


Рисунок 2.11 – Елемент Block_Pivdenna_st

При входженні замовлення до Block_Pivdenna_st, даний елемент автоматично блокується:

```
Block_Pivdenna_st.setBlocked(true);
```

а управління блокаторами блоку елементів, який розглядається, здійснює елемент Ruh_Sh_Pvd – рисунок 2.12.

Properties ×

⚡ Ruh_Sh_Pvd - Event

Name: ☒ Show name ☐ Ignore

Visible: ☒ yes

Trigger type: ▼

Mode: ▼

☒ Use model time ☐ Use calendar dates

First occurrence time (absolute): ▼

Occurrence date: ▼ ▼

Recurrence time: ▼

☒ Log to database
[Turn on model execution logging](#)

▼ Action

```

if (Pivdenna_prib.size()>0)
{Block_Shidna_st.setBlocked(true);}
else
{Block_Shidna_st.setBlocked(false);}
//блокування відправлення зі Східної, якщо зайнятий перегін
if (κ_10_11_Pivdenna_Q.size()>53)
{Block_Pivdenna_st.setBlocked(true);}
else
{Block_Pivdenna_st.setBlocked(false);}
//блокування прийому на Східну, якщо зайняті колії

```

Рисунок 2.12 – Елемент Ruh_Sh_Pvd

Код елементу Ruh_Sh_Pvd:

```

if (Pivdenna_prib.size()>0)
{Block_Shidna_st.setBlocked(true);}
else
{Block_Shidna_st.setBlocked(false);}

```

здійснює блокування відправлення зі Східної, якщо зайнятий перегін, а код:

```
if (к_10_11_Pivdenna_Q.size()>53)
{Block_Pivdenna_st.setBlocked(true);}
else
{Block_Pivdenna_st.setBlocked(false);}
```

виконує блокування поїзду на станції Східній, якщо зайняті колії прийому 10 та 11 станції Південна.

Елемент vihid_53 фіксує час закінчення руху составів в блоці, який розглядається в даному підрозділі – рисунок 2.13.

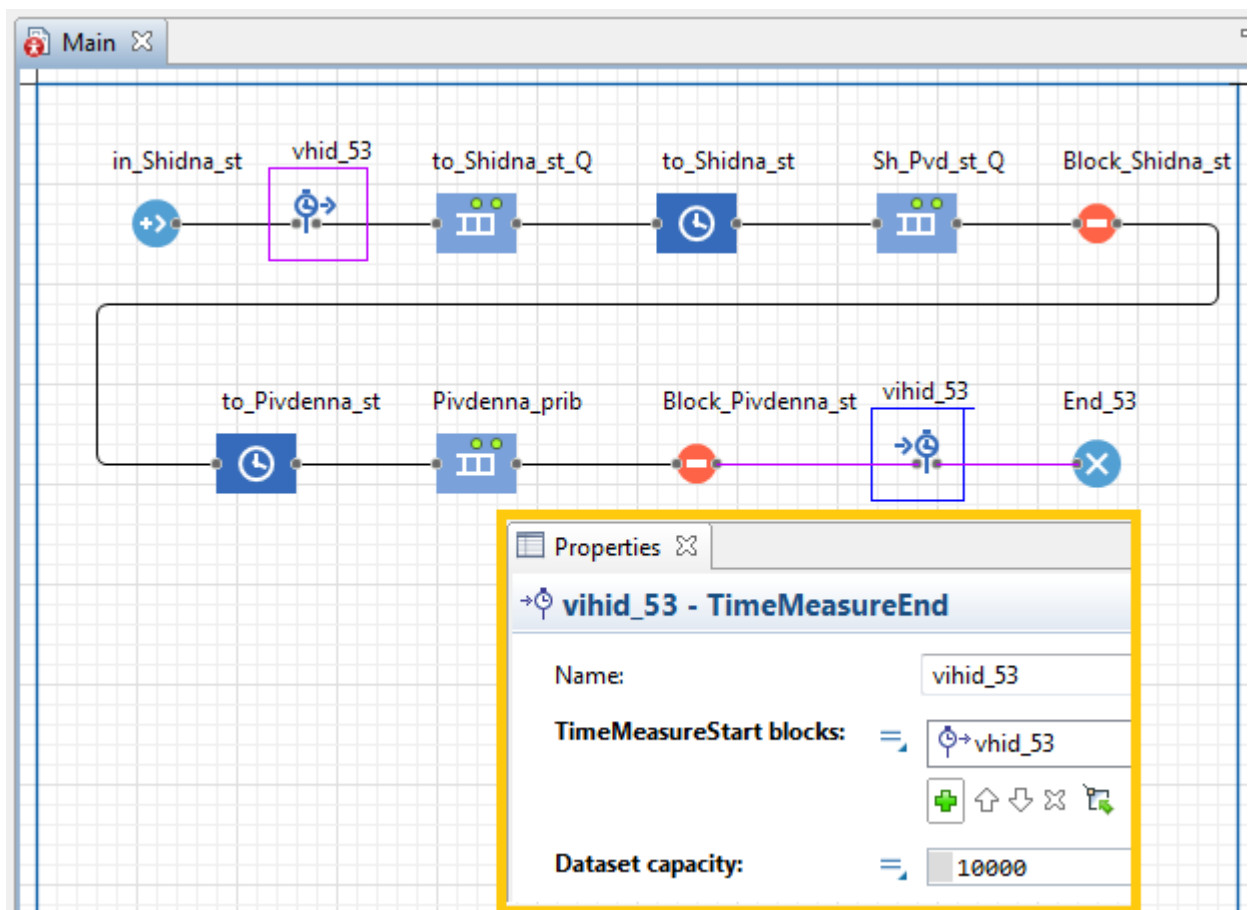


Рисунок 2.13 – Елемент vihid_53

Кінцевий елемент End_53 (рисунок 2.14) при знищенні замовлень-маршрутів, викликає в наступному блоці появу замовлень-вагонів:

```
in_Pivdenna_st.inject(uniform_discr(51,53));
if (κ_10_11_Pivdenna_Q.size()==0)
{
V_on_Pivd = V_start_pod;
}
```

у діапазоні від 51 до 53 одиниць та встановлює розмір першої подачі V_on_Pivd відповідно до варіанту організації робіт (перед запуском кількості вагонів першої подачі присвоюється змінній V_start_pod).

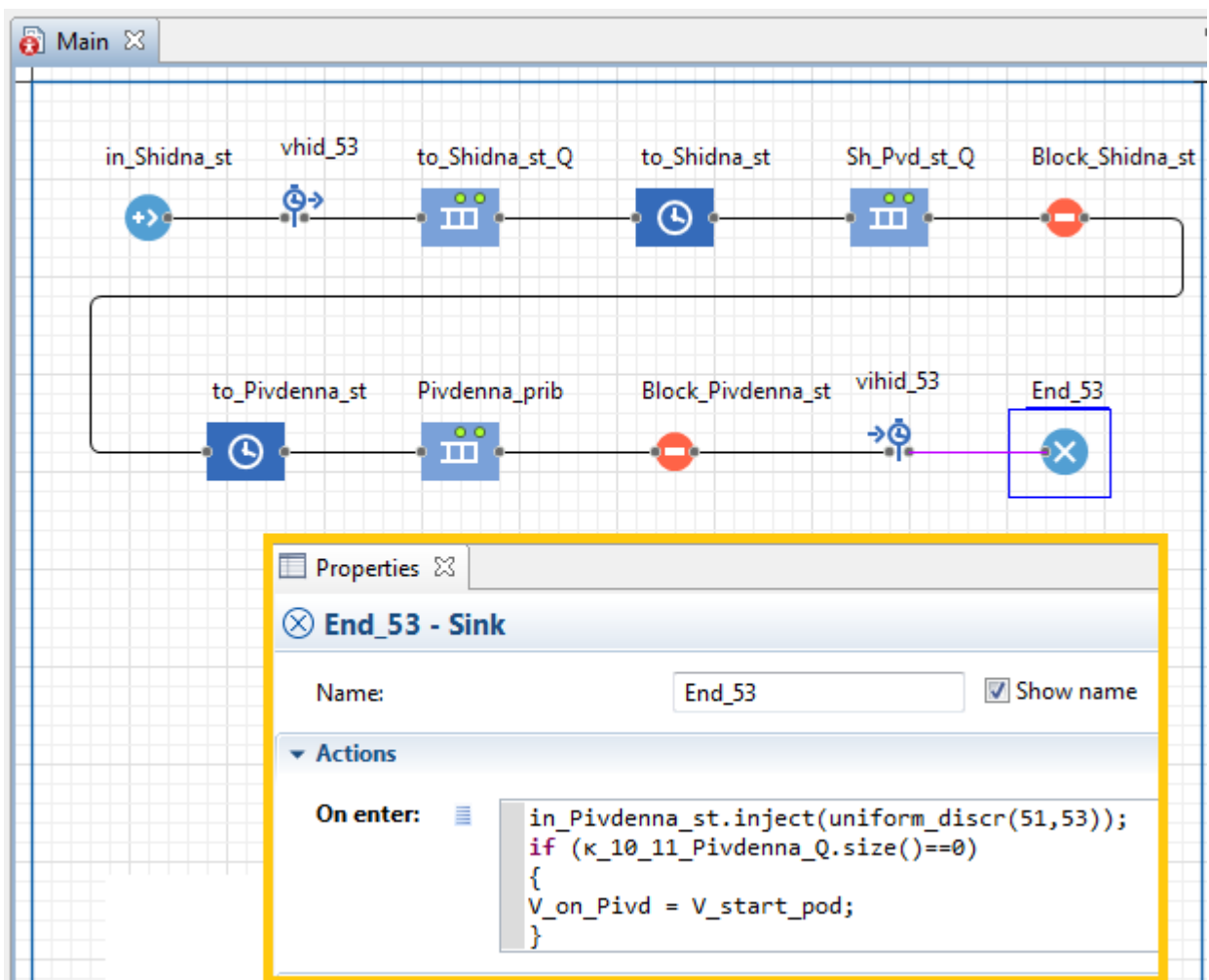


Рисунок 2.14 – Елемент End_53

2.2.2 Блок вивантаження составів із залізорудною сировиною

Блок вивантаження составів із залізорудною сировиною в системі Південна-Рудна показаний на рисунку 2.15.

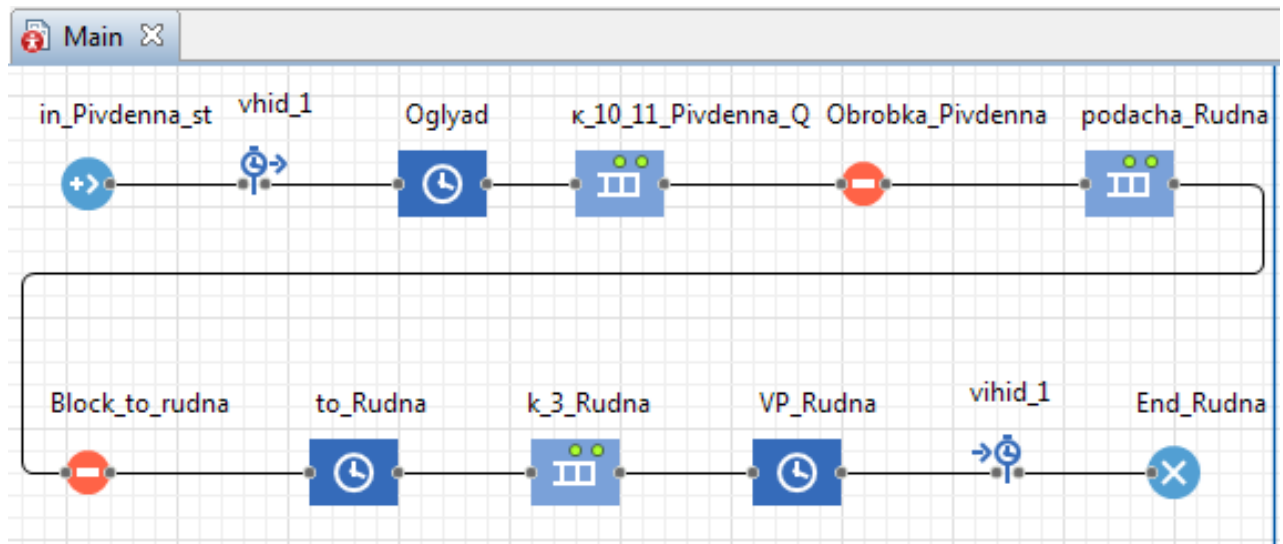
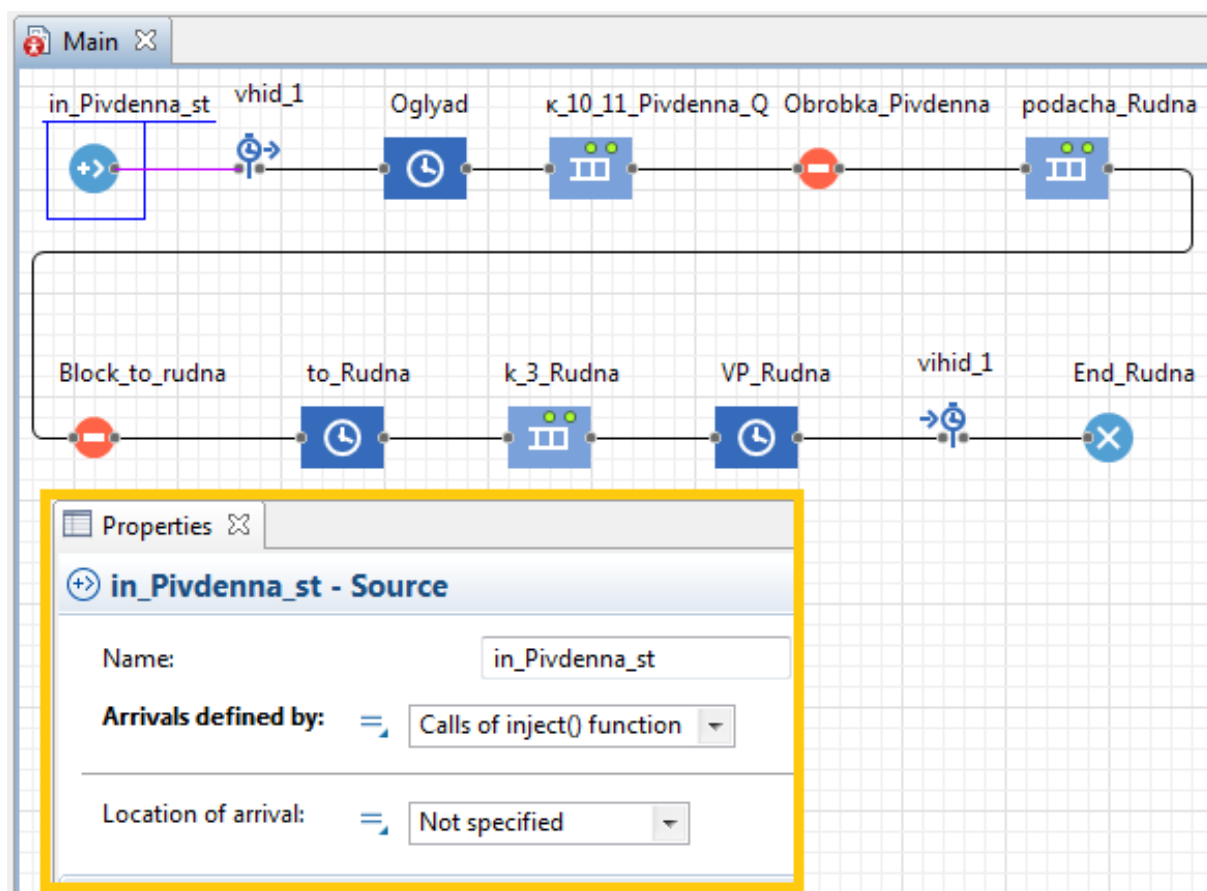
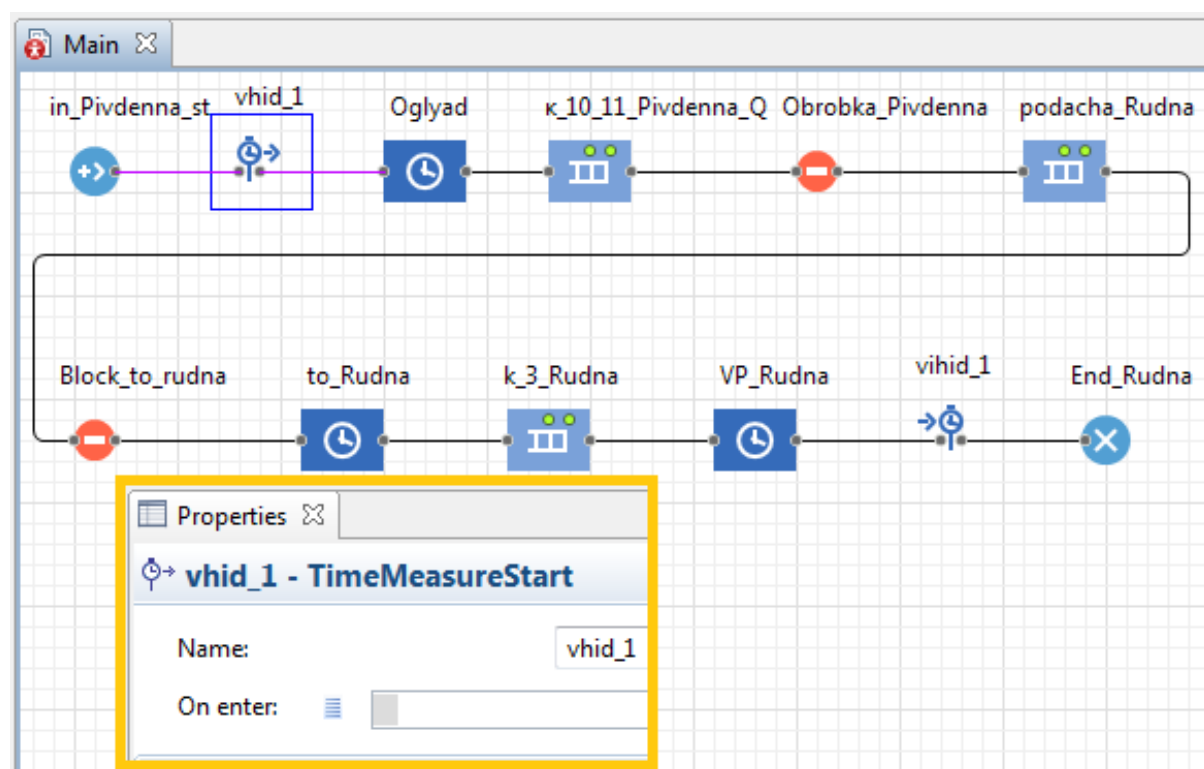


Рисунок 2.15 – Блок вивантаження составів із залізорудною сировиною в системі Південна-Рудна

Даний блок описує технологічні процеси:

- огляду составу;
- формування подачі;
- вивантаження вагонів на вагоноперекидачі.

З елементу `in_Pivdenna_st` (рисунку 2.16) методом виклику в кінці попереднього блоку утворюються замовлення-вагони, що переходять до елементу `vhid_1`, яким фіксується початок їх перебування в системі Південна-Рудна – рисунок 2.17.

Рисунок 2.16 – Элемент `in_Pivdenna_st`Рисунок 2.17 – Элемент `vhid_1`

Елемент Oglyad (рисунок 2.18) виконує затримку, пов'язану з операцією огляду вагонів. Час затримки визначається змінною `time_obrob` відповідно до варіанту, за яким виконується експеримент.

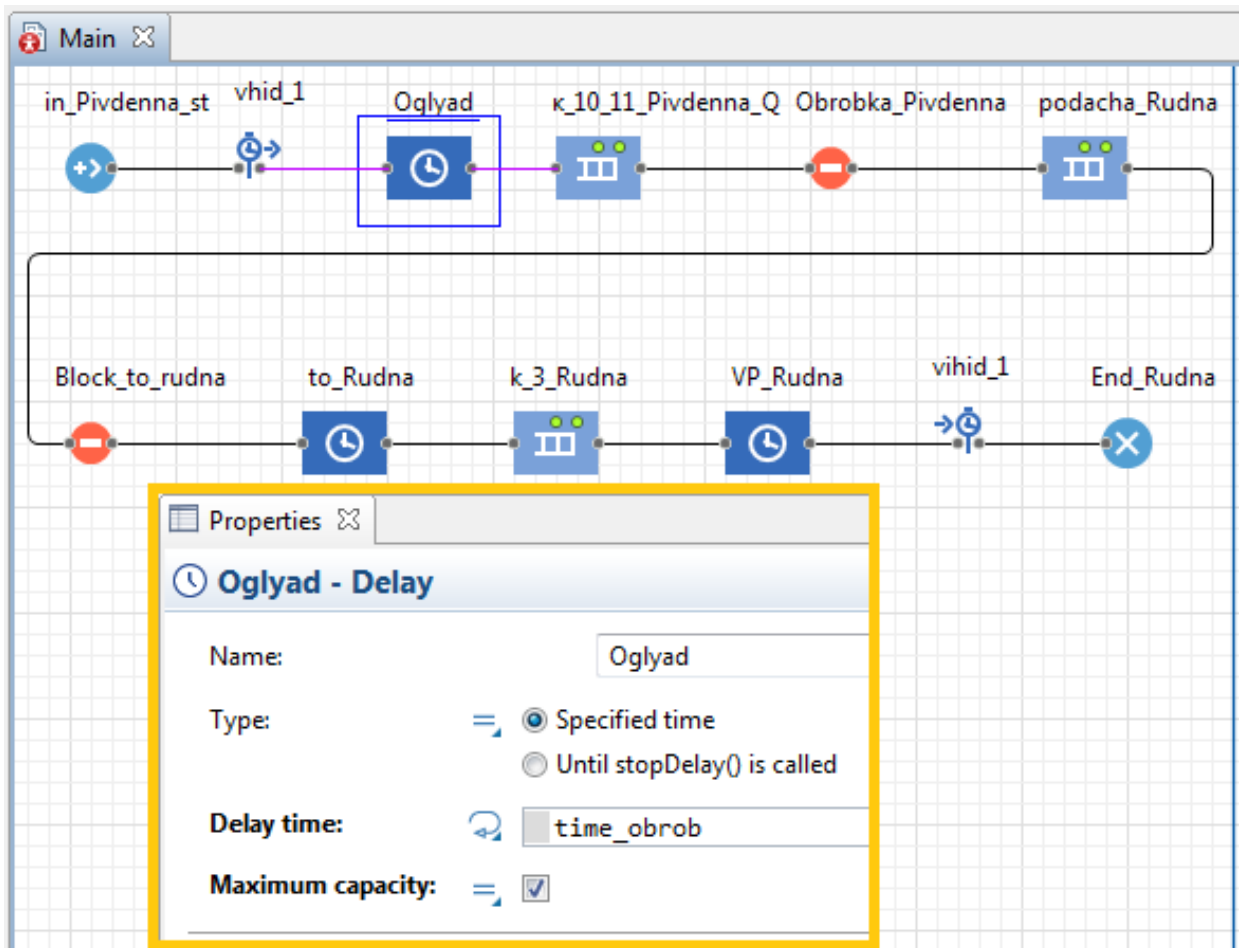


Рисунок 2.18 – Елемент Oglyad

Наступний елемент-черга `к_10_11_Pivdenna_Q`, у випадку, коли огляд усіх визначених за варіантом вагонів закінчено, імітує перебування на коліях прийому Південної №10,11 та фіксує випадки одночасного перебування на цій станції понад одного маршрутного составу:

```
if (Oglyad.size()==0)
{
```

```

if (κ_10_11_Pivdenna_Q.size()>51) m_2=m_2+1;
}

```

фіксуючи збільшення значення змінної m_2 . Це необхідно, для визначення випадків збільшення кількості подач при неkratності їх довжині двох составів при роботі за принципом встановлення першої подачі у 8 вагонів.

Елемент $\kappa_{10_11_Pivdenna_Q}$ показаний на рисунку 2.19.

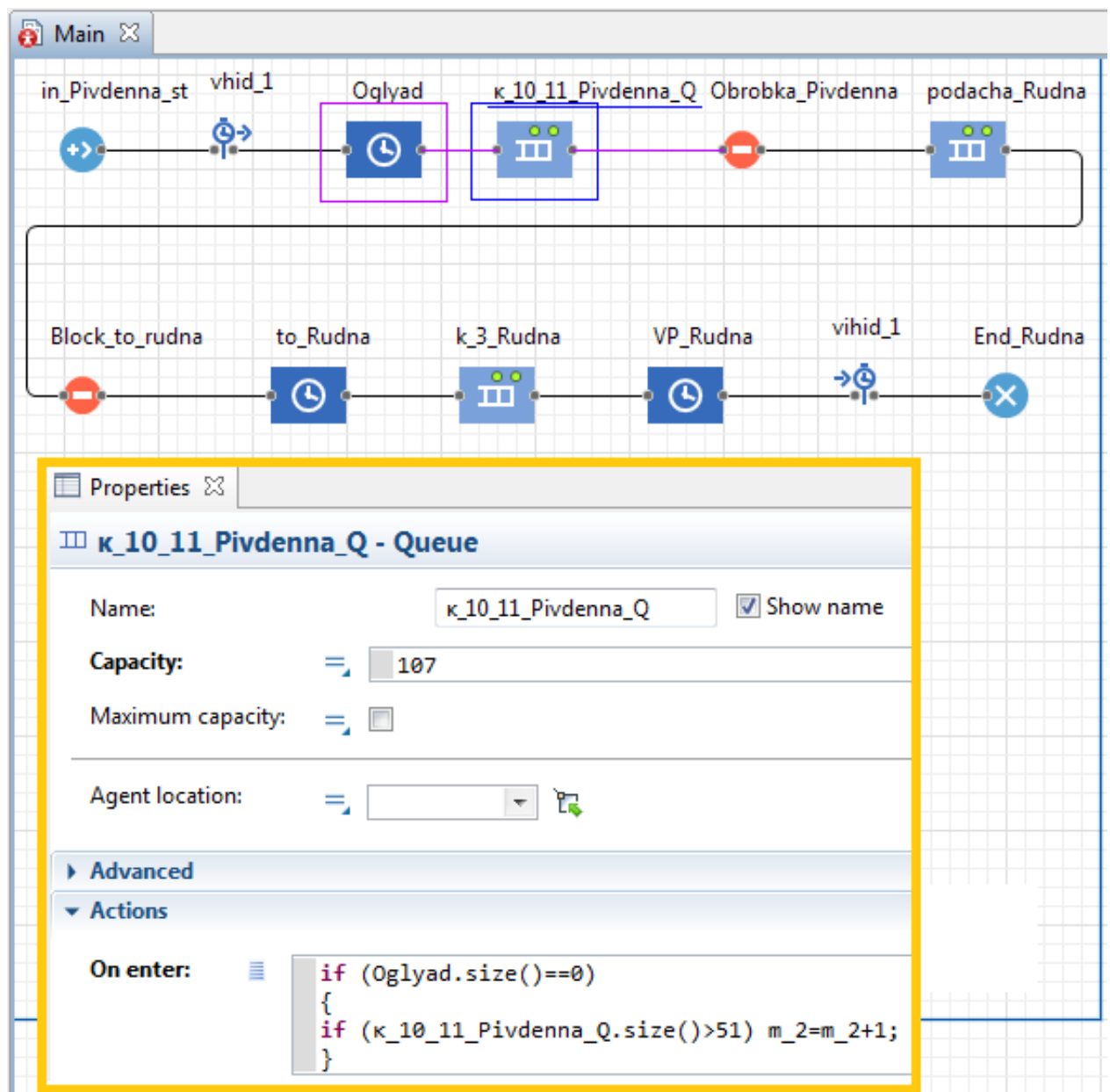


Рисунок 2.19 – Елемент $\kappa_{10_11_Pivdenna_Q}$

Елемент Obrobka_Pivdenna (рисунок 2.20) блокує вихід замовлень з черги κ_{10_11_Pivdenna_Q}, імітуючи формування составів.

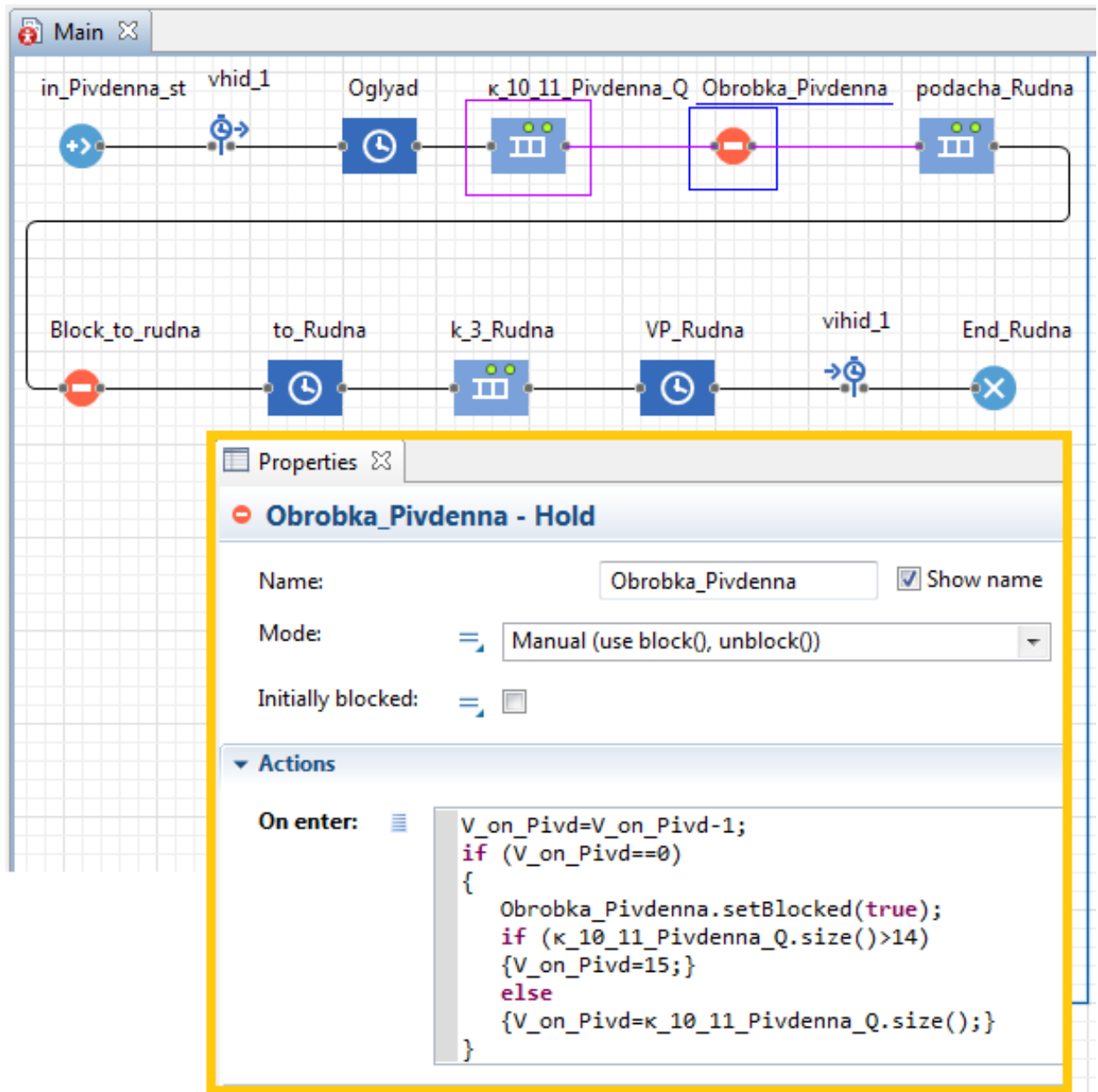


Рисунок 2.20 – Елемент Obrobka_Pivdenna

Вказаний в елементі код:

```

V_on_Pivd=V_on_Pivd-1;
if (V_on_Pivd==0)

```

```

{
    Obrobka_Pivdenna.setBlocked(true);
    if (к_10_11_Pivdenna_Q.size()>14)
        {V_on_Pivd=15;}
    else
        {V_on_Pivd=к_10_11_Pivdenna_Q.size();}
}

```

зупиняє проходження замовлень після зменшення до нуля значення змінної V_on_Pivd, яка визначає розмір подач.

Спочатку виконується формування першої подачі відповідно до встановленого варіантом значення V_on_Pivd, потім, при наявності на коліях прийому понад 14 вагонів подачі формуються у максимальному розмірі – 15 одиниць, якщо кількість менша 15 – то у цій кількості вагонів.

Сформована подача вагонів перебуває у елементі-черзі podacha_Rudna – рисунок 2.21.

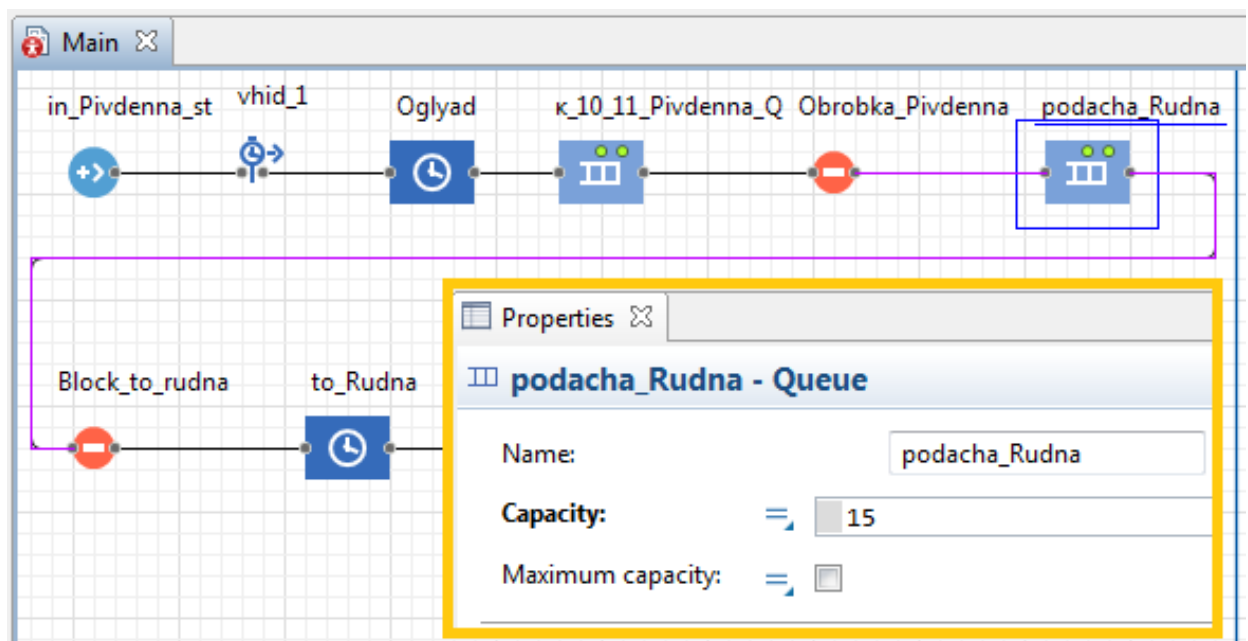


Рисунок 2.21 – Черга podacha_Rudna

На початку роботи програми наступний елемент-блокатор Block_to_rudna є розблокованим – рисунок 2.22.

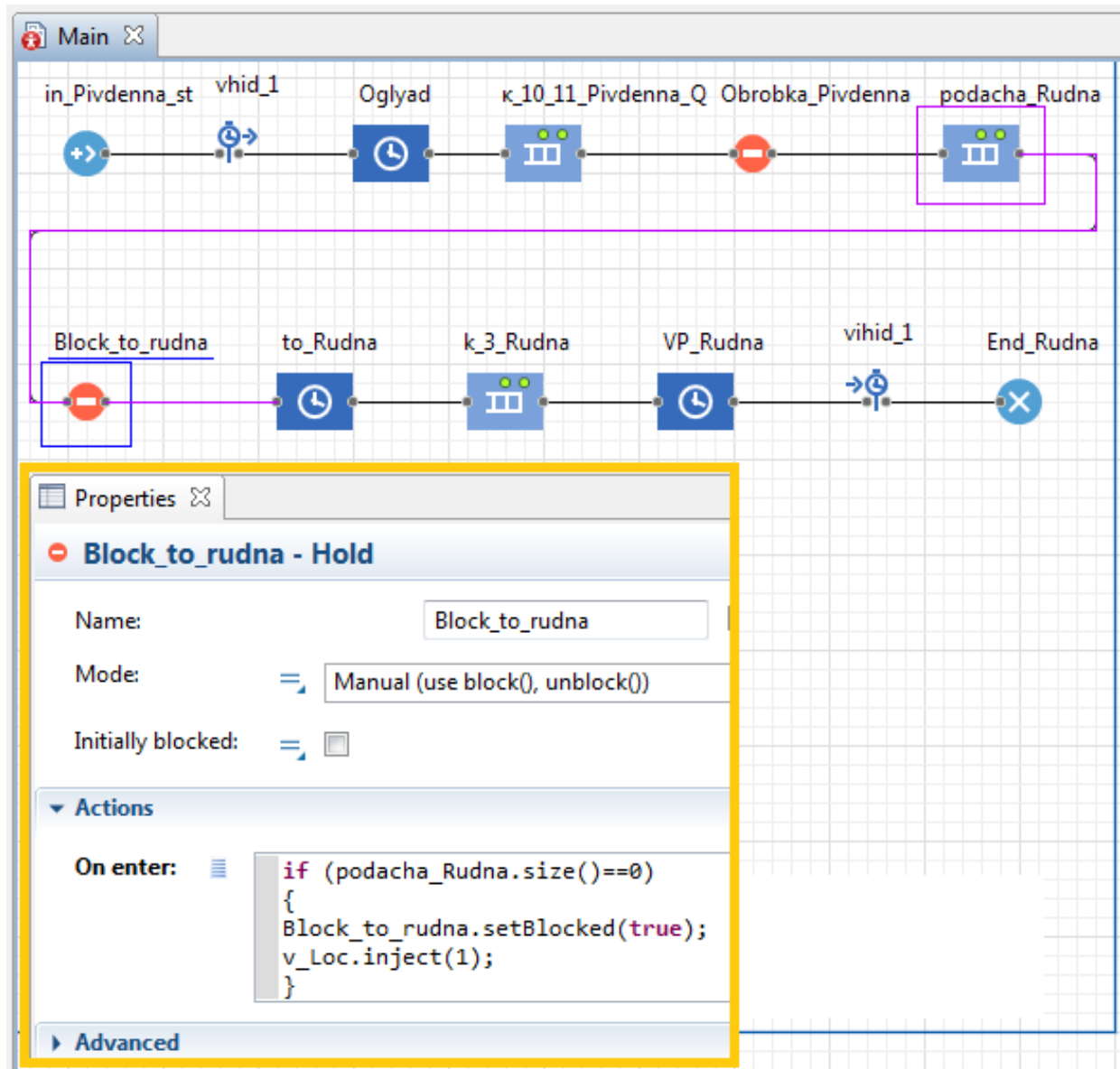


Рисунок 2.22 – Елемент Block_to_rudna

А після проходження через нього усіх вагонів подачі, він блокується завдяки коду:

```
if (podacha_Rudna.size()==0)
{
```

```

Block_to_rudna.setBlocked(true);
v_Loc.inject(1);
}

```

також здійснюється виклик замовлення у наступному блоці, який імітує роботу паркового локомотиву.

Також розблокування Block_to_rudna виконується з наступного блоку імітації роботи паркового тепловозу.

Час підготовки, руху та розформування составів на Рудній перед вагоноперекидачем імітує елемент затримки to_Rudna – рисунок 2.23.

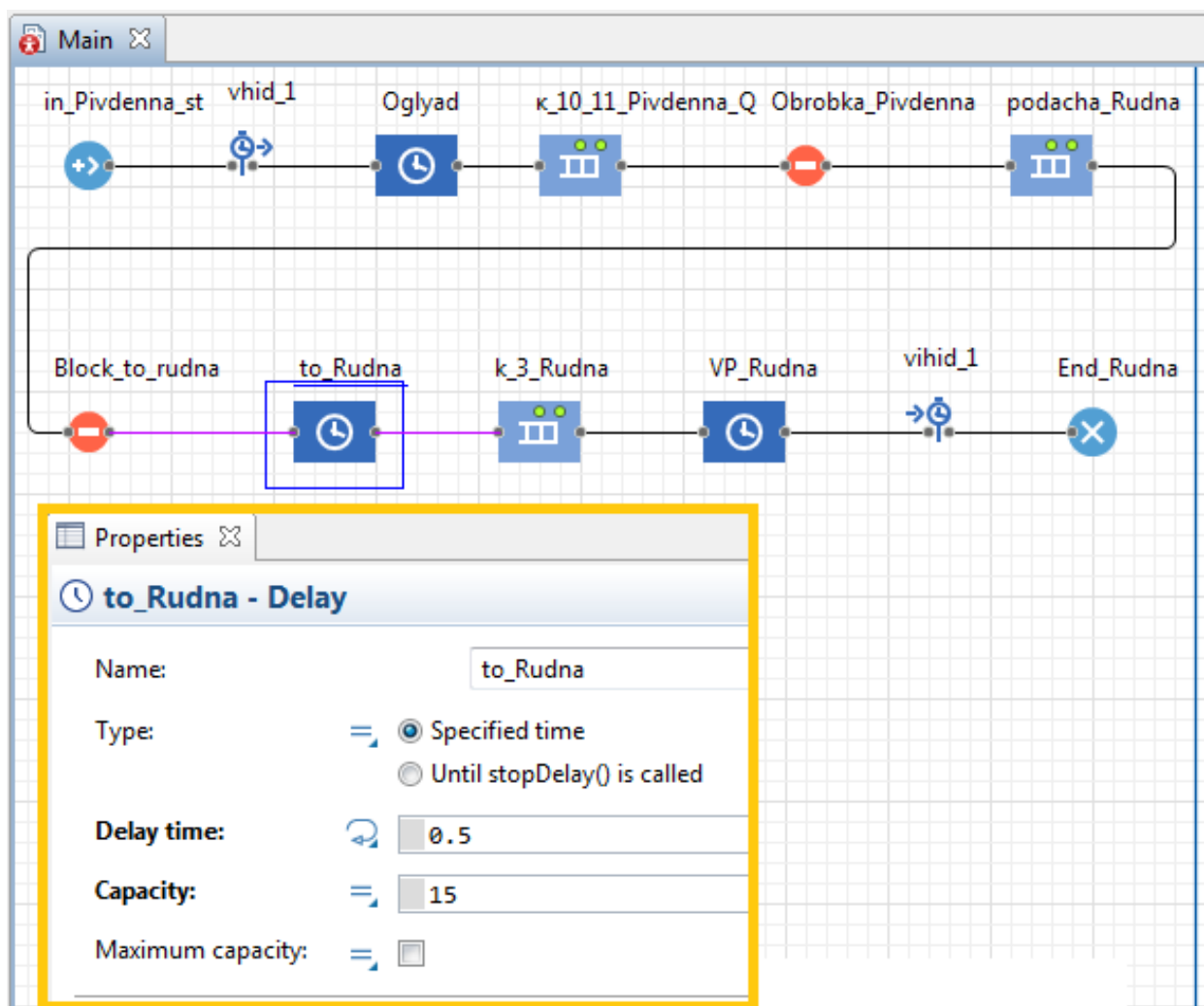


Рисунок 2.23 – Елемент затримки to_Rudna

Елемент k_3_Rudna імітує чергу вагонів, які очікують вивантаження на вагноперекидачеві – рисунок 2.24.

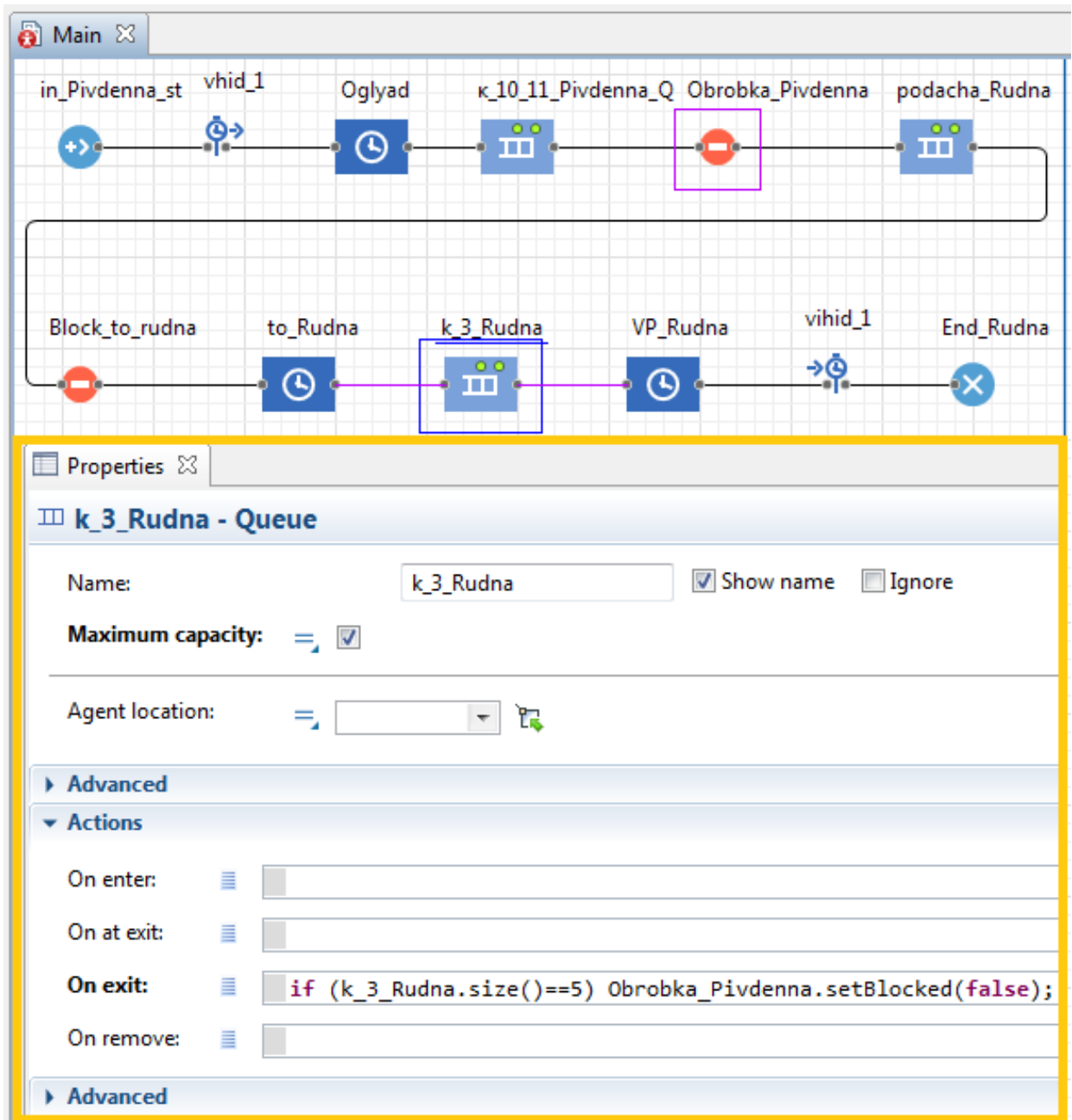


Рисунок 2.24 – Елемент k_3_Rudna

Також код в цьому елементі розблоковує процес формування подачі:

```
if (k_3_Rudna.size()==5) Obrobka_Pivdenna.setBlocked(false);
```

Елемент затримки VP_Rudna (рисунок 2.25) імітує процес вивантаження вагонів на вагоноперекидачі: місткість елементу – один вагон, час затримки – 3,6 хвилини.

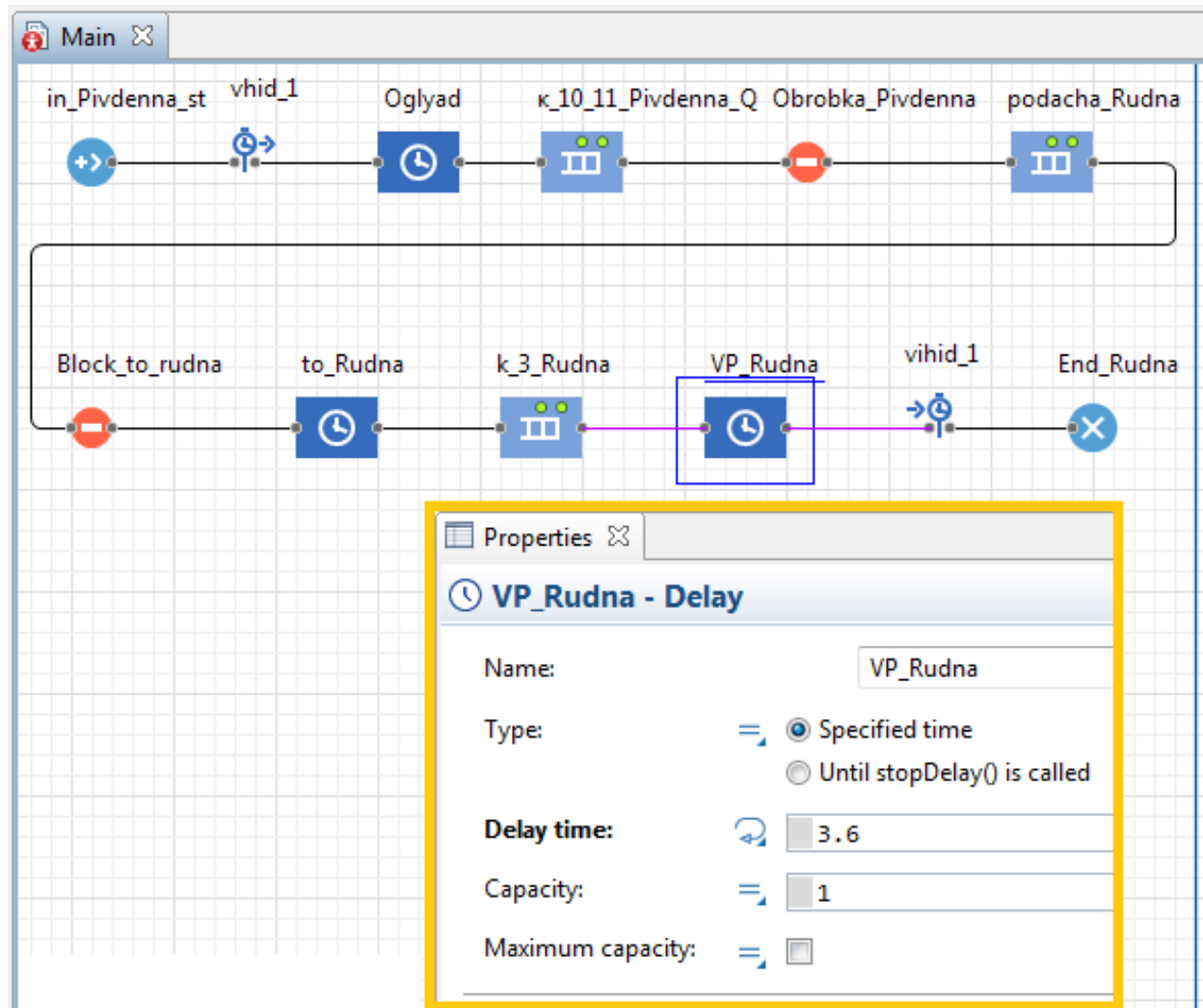
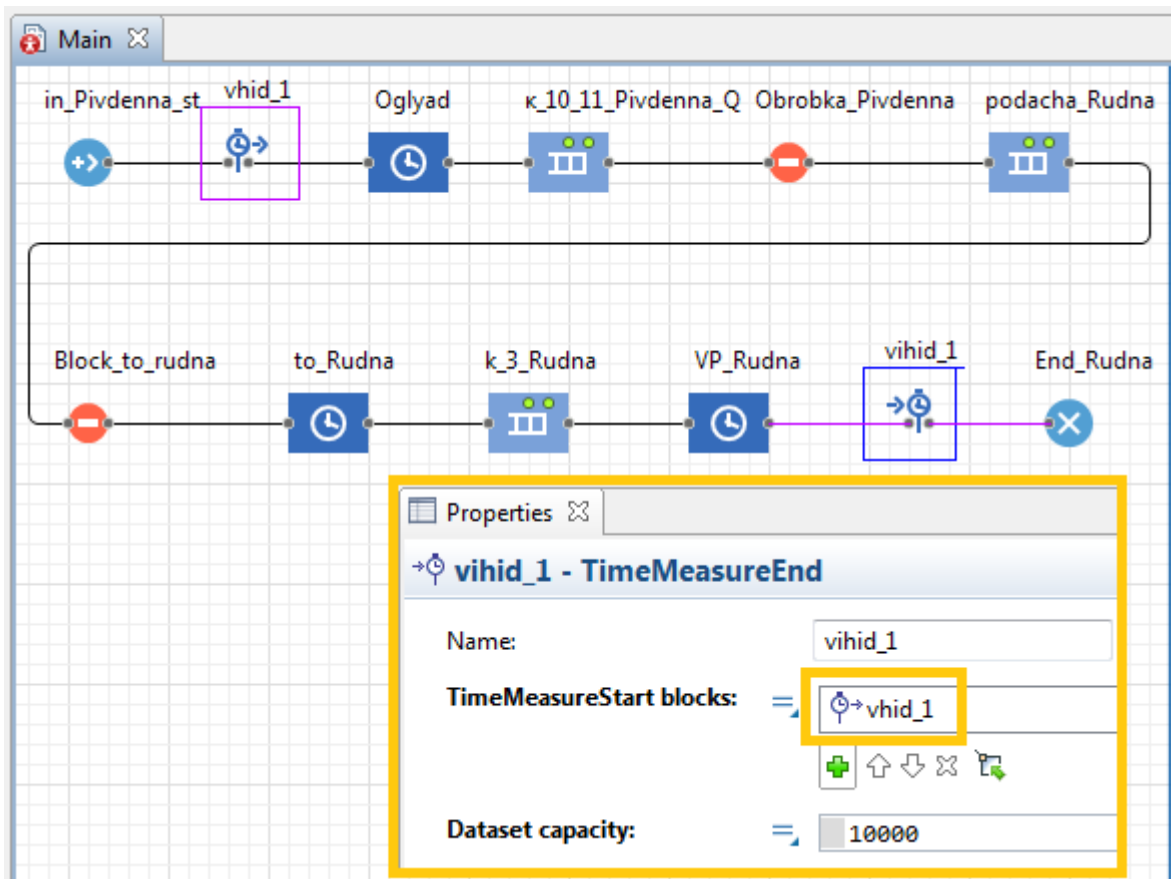
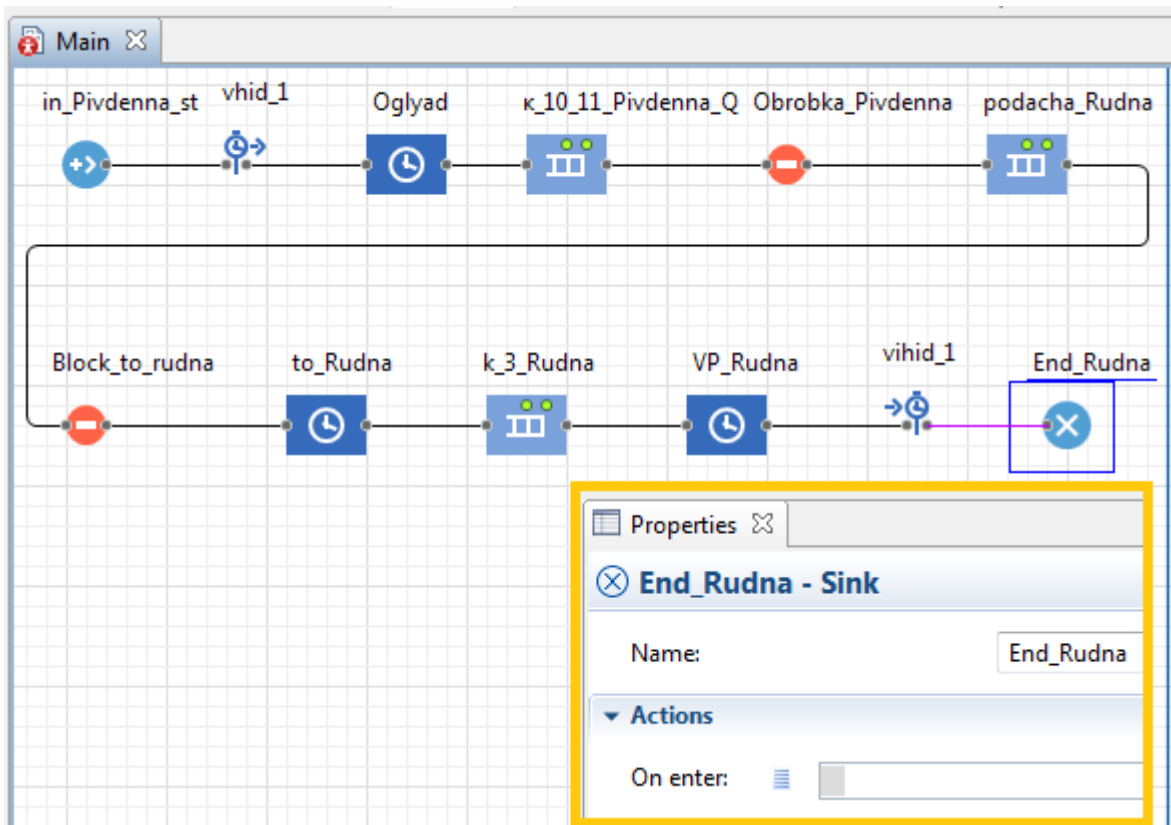


Рисунок 2.25 – Елемент VP_Rudna

Елемент **vhid_1** фіксує час перебування вагонів до закінчення процесу вивантаження на вагоноперекидачі – рисунок 2.26.

Після цього замовлення знищуються елементом **End_Rudna**, показаним на рисунку 2.27.

Рисунок 2.26 – Элемент `vihid_1`Рисунок 2.27 – Элемент `End_Rudna`

2.2.3 Блок імітації роботи паркового тепловозу в системі Південна-Рудна

Блок імітації роботи паркового тепловозу в системі Південна-Рудна показаний на рисунку 2.28.

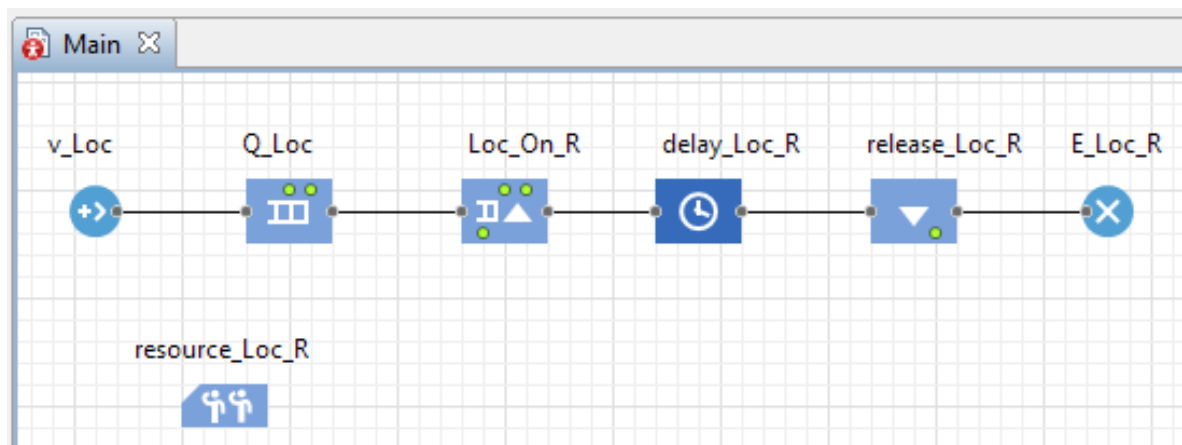


Рисунок 2.28 – Блок імітації роботи паркового тепловозу в системі Південна-Рудна

Згенеровані елементом v_Loc (рисунок 2.29) замовлення потрапляють до черги Q_Loc – рисунок 2.30.

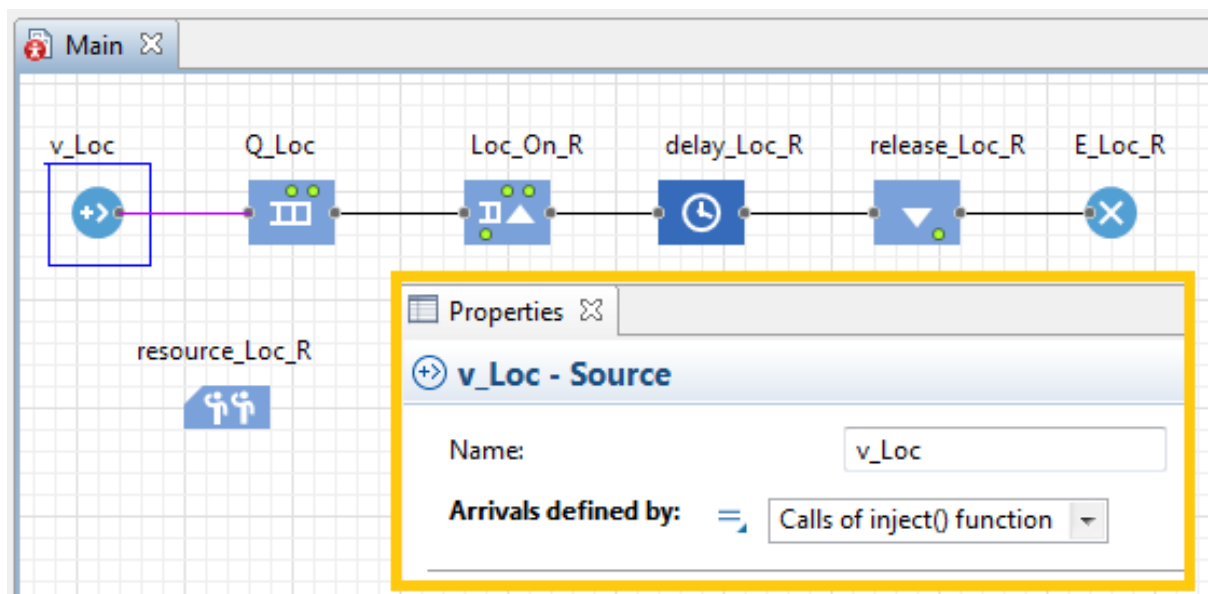


Рисунок 2.29 – Елемент v_Loc

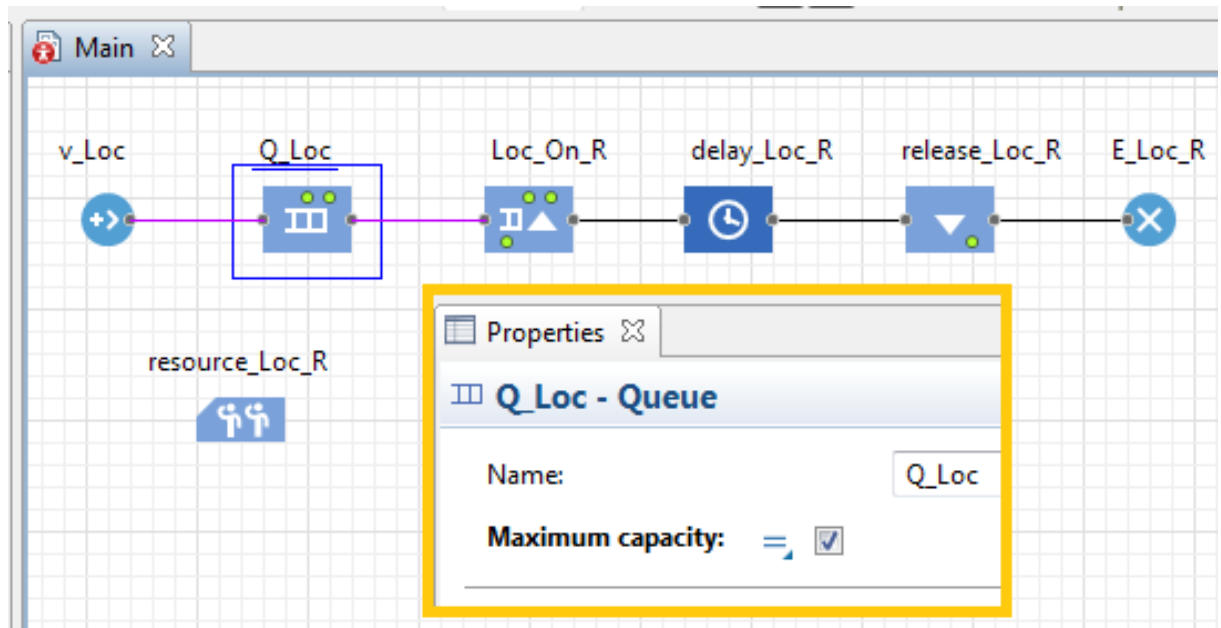


Рисунок 2.30 – Черга Q_Loc

В ній вони очікують на приєднання ресурсу – паркового тепловозу станції Рудна. Технологічно можливим є залучення до 2 тепловозів, що і зазначено у параметрах пулу ресурсів resource_Loc_R – рисунок 2.31.

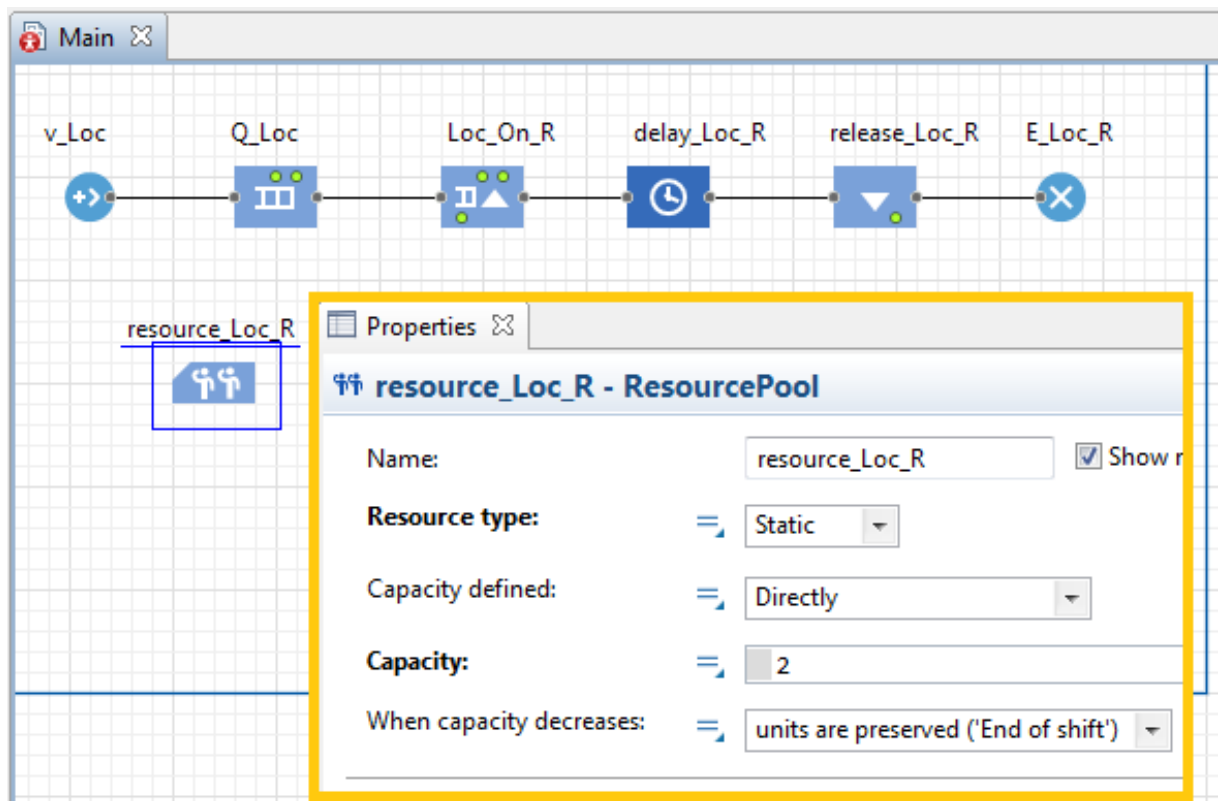


Рисунок 2.31 – Пул ресурсів resource_Loc_R

Приєднання ресурсу до замовлення виконує елемент Loc_On_R – рисунок 2.32.

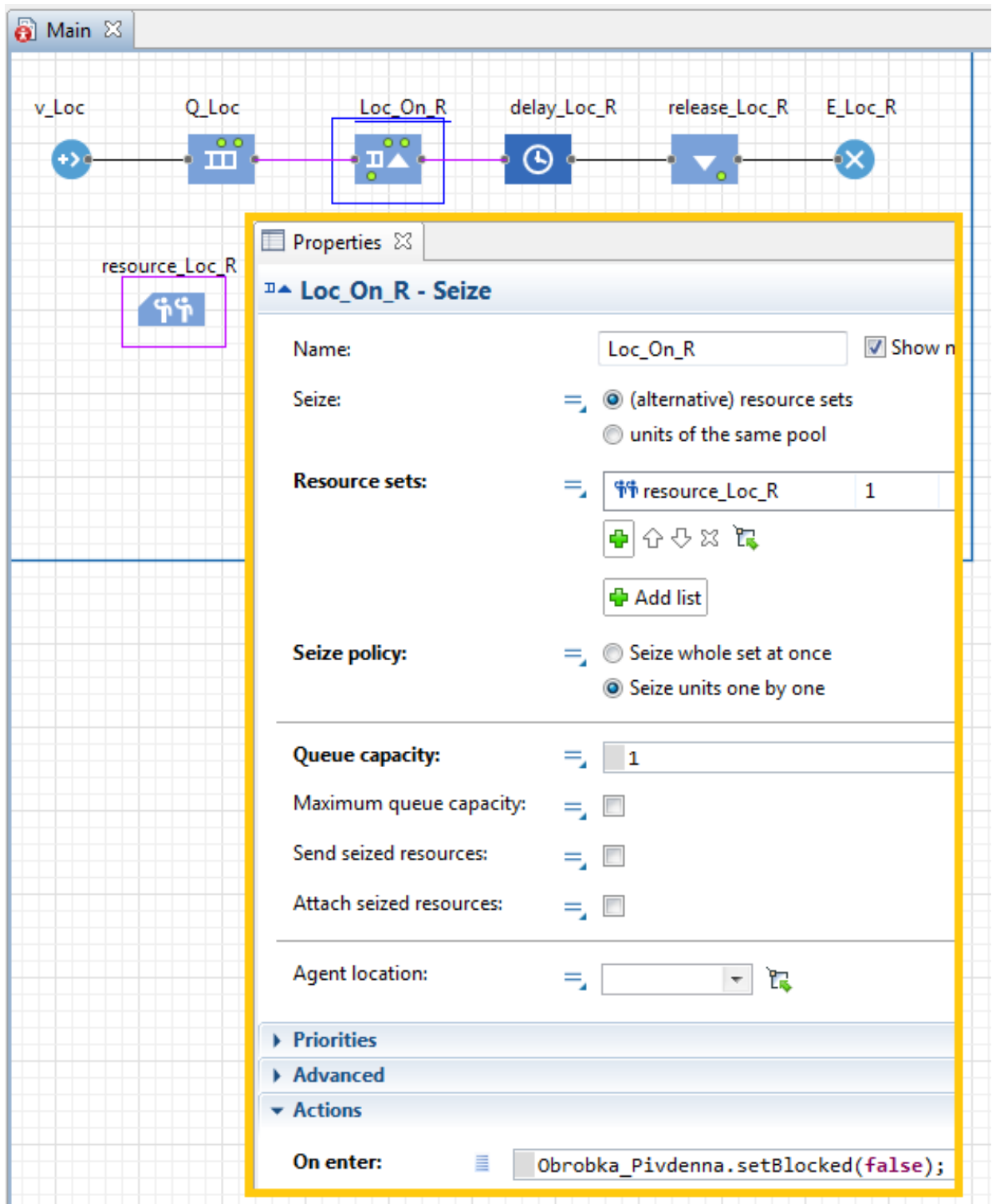


Рисунок 2.32 – Елемент Loc_On_R

Окрім цієї функції, елемент Loc_On_R розблоковує в момент приєднання процес обробки чергової подачі вагонів:

```
Obrobka_Pivdenna.setBlocked(false);,
```

розблоковуючи елемент Obrobka_Pivdenna.

Елемент delay_Loc_R виконує затримку відповідно до часу використання тепловозу – рисунок 2.33.

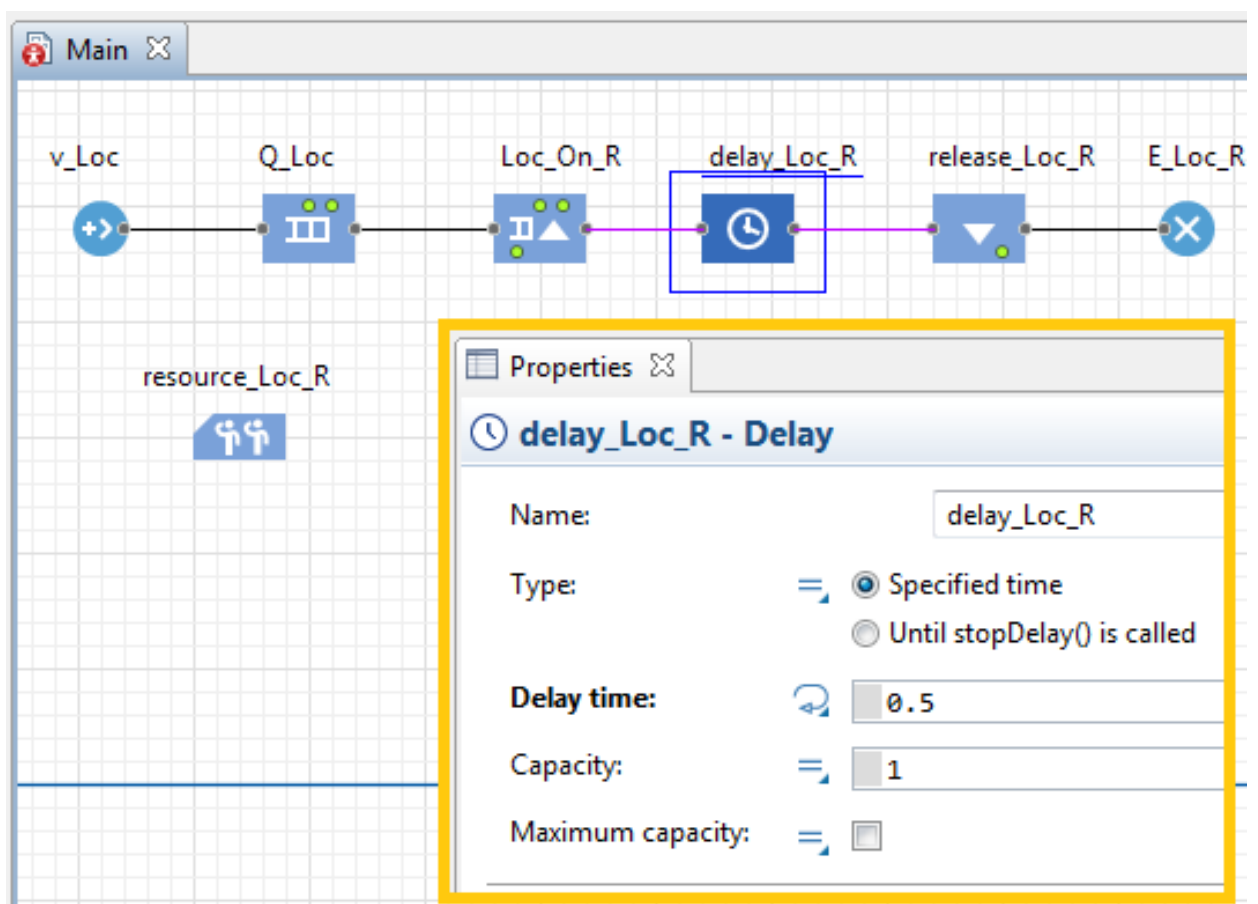


Рисунок 2.33 – Елемент delay_Loc_R

Після цього ресурс звільняється елементом release_Loc_R, що показаний на рисунку 2.34.

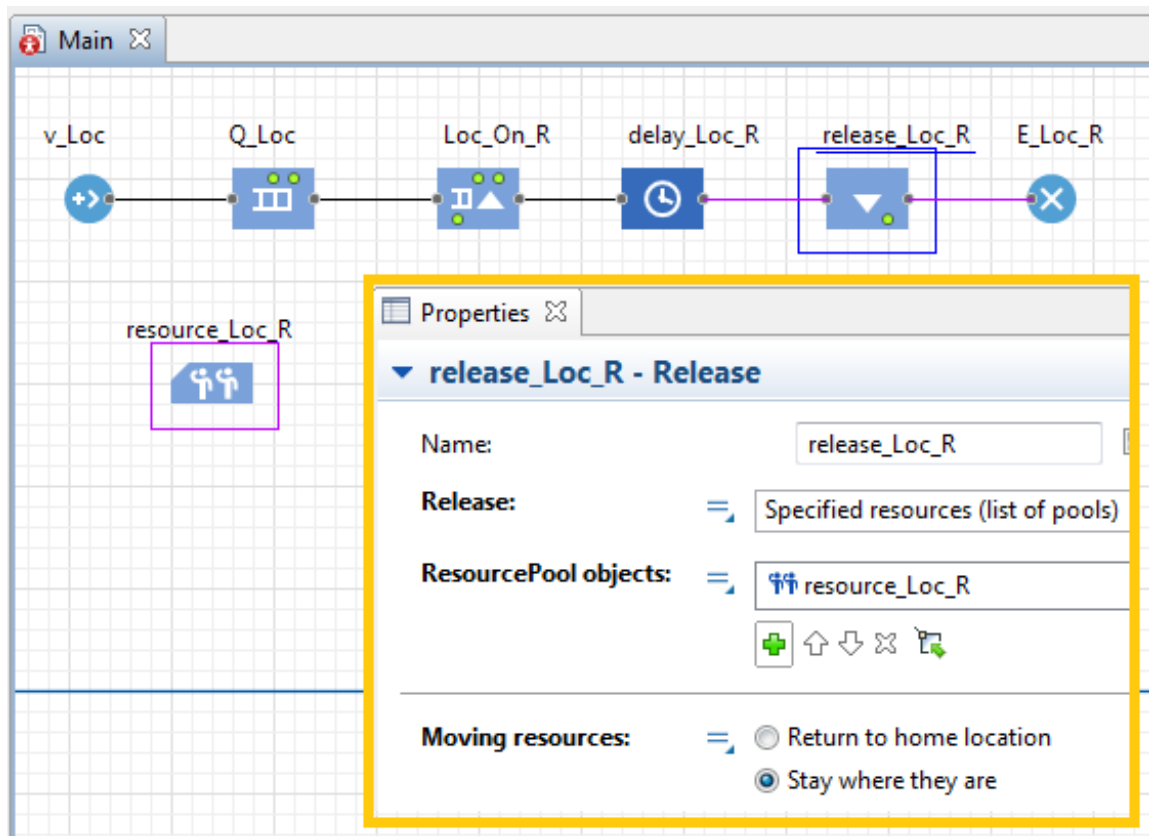


Рисунок 2.34 – Елемент release_Loc_R

Останній елемент блоку E_Loc_R (рисунок 2.35) знищує замовлення та розблоковує можливість чергового руху подачі вагонів з Південної на Рудну.

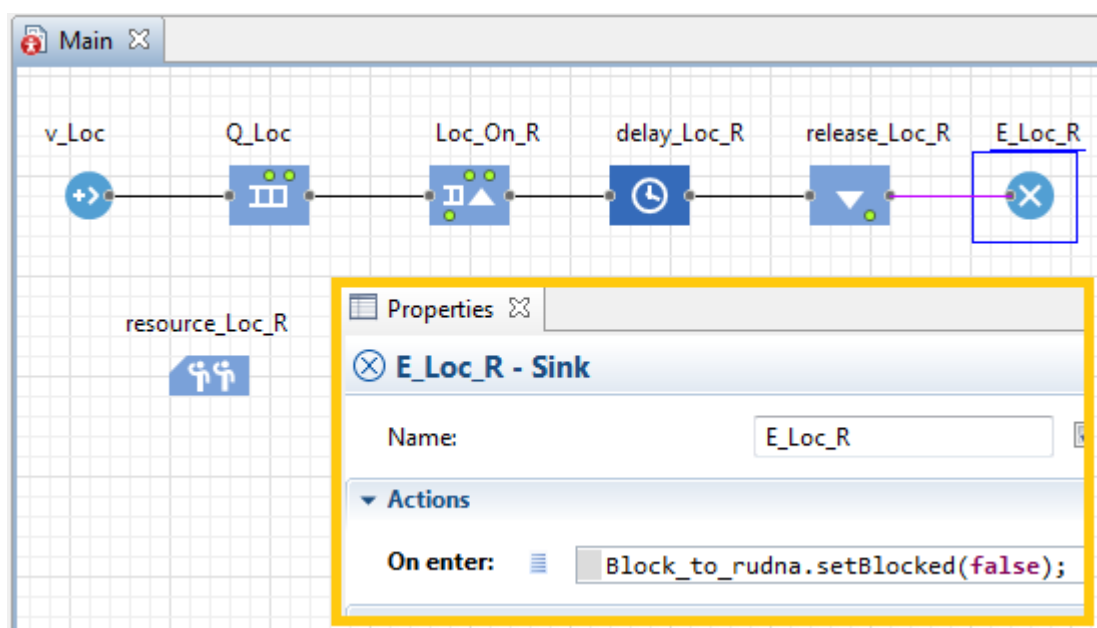


Рисунок 2.35 – Елемент E_Loc_R

Програма PivdennaRudna має вигляд, показаний на рисунку 2.36.

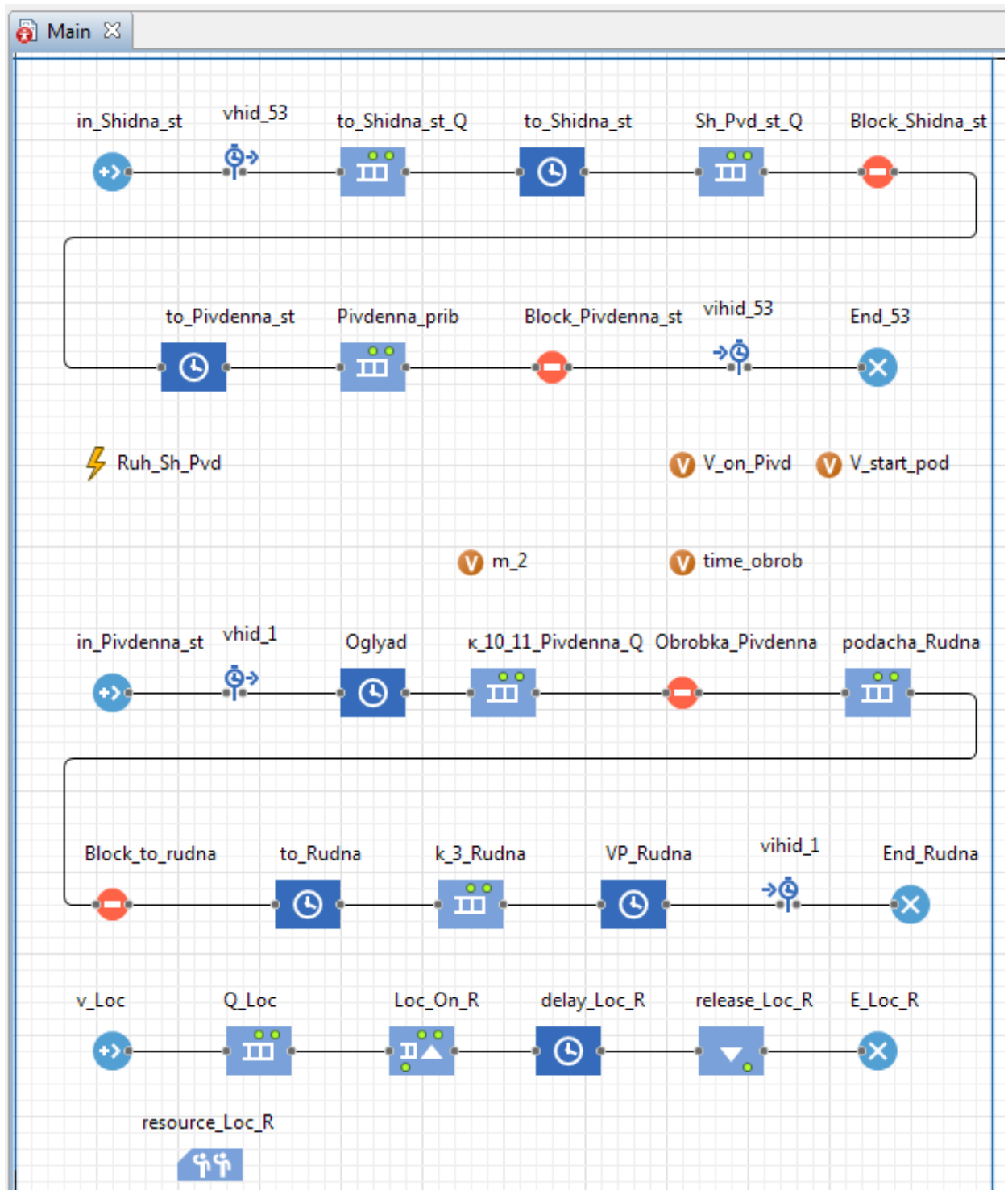


Рисунок 2.36 – Програма PivdennaRudna

Переходимо до експериментів на PivdennaRudna.

2.3 Експерименти на програмі PivdennaRudna

Виконуємо описані раніше експерименти за трьома варіантами роботи програми PivdennaRudna та зводимо отримані результати до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Результати експериментів на PivdennaRudna, за місяць

Тип показника, одиниця виміру	Варіант 1 (існуючий, огляд усього составу, подачі по 15 вагонів)	Варіант 2 (огляд першої подачі – 15 вагонів)	Варіант 3 (огляд першої подачі – 8 вагонів)
Кількість вивантажених маршрутних составів, од.	113	113	113
Кількість вивантажених вагонів, од.	5877	5877	5877
Середня кількість вагонів у составі, од.	52	52	52
Час користування вагонами від приймання до вивантаження, ваг.-год.	19869	17430	16849

Кінець таблиці 2.1

Тип показника, одиниця виміру	Варіант 1 (існуючий, огляд усього составу, подачі по 15 вагонів)	Варіант 2 (огляд першої подачі – 15 вагонів)	Варіант 3 (огляд першої подачі – 8 вагонів)
Тривалість роботи паркового локомотива при подаванні до вивантаження, лок.-год.	226	226	314
Невикористане місце в гаражі розморожування, ваг.	-	-	56

Визначимо економічні показники за отриманими результатами роботи програми PivdennaRudna.

3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

В магістерській роботі розглядаються процеси організації вивантаження залізорудної сировини – руди та залізорудного концентрату, які надходять до металургійних підприємств у значній кількості, що обумовлює їх переважну доставку у складі однорідних маршрутних составів.

В якості характерного за показниками організації транспортно-складських робіт підприємства обрано металургійний комбінат Запоріжсталь, розташований у місті Запоріжжя.

В аналітичній частині встановлено, що підвищення ефективності вивантаження залізорудної сировини можливе шляхом удосконалення технології розформування составів. В ході виконання роботи було розглянуто три технології організації даних робіт:

- традиційна, коли весь прибулий до станції Південна состав оглядається, після чого формуються подачі по 15 вагонів до станції Рудної, при цьому остання з них буде меншого розміру (при максимальному розрахунковому розмірі 53 вагони – маршрутний состав, остання подача становитиме 8 вагонів. Проте, якщо за час розвантаження надійде состав розміром 52 вагони, кількість подач буде оптимальною – 7 подач по 15 вагонів, тобто разом $53+52=105$ вагонів);
- в составі, який прибув, оглядаються лише 15 вагонів для більш швидкого формування першої подачі, лише після її відправлення продовжується подальший огляд составу;
- в составі, який прибув, оглядаються лише $(53 - 15 \cdot 3 = 8)$ вагонів – мінімальний розмір подачі, для якнайскорішого формування першої подачі, після її відправлення продовжується подальший огляд составу.

В ході роботи враховано випадковий характер надходження маршрутних составів для вивантаження – аналіз ефективності рішень виконано на основі використання імітаційної моделі PivdennaRudna, яка розроблена і описана у основній частині роботи.

У таблиці 3.1 наведено показники роботи моделі PivdennaRudna за календарний рік.

Таблиця 3.1 – Результати роботи моделі PivdennaRudna, за календарний рік

Тип показника, одиниця виміру	Варіант 1 (існуючий, огляд усього составу, подачі по 15 вагонів)	Варіант 2 (огляд першої подачі – 15 вагонів)	Варіант 3 (огляд першої подачі – 8 вагонів)
Час користування вагонами від приймання до вивантаження, ваг.-год.	238428	209160	202188
Тривалість роботи паркового локомотива при подаванні до вивантаження, лок.-год.	2712	2712	3768
Невикористане місце в гаражі розморожування, ваг.	-	-	168

Розробимо методику встановлення витрат при організації вивантаження залізорудної сировини за трьома варіантами на основі [9,10].

3.1 Розробка методики встановлення витрат при організації вивантаження залізорудної сировини

Загальні витрати $V_{\text{залрс}_i}$ по трьох варіантах згідно даних проведених експериментів на моделі PivdennaRudna визначимо за формулою:

$$V_{\text{залрс}_i} = V_{\text{пл_зрс}_i} + V_{\text{т_зрс}_i} + V_{\text{розм_зрс}_i}, \quad (3.1)$$

де $V_{\text{пл_зрс}_i}$ – витрати на користування вагонами в процесі від прибуття до їх розвантаження, грн;

$V_{\text{т_зрс}_i}$ – вартість роботи паркового тепловозу Південної станції при організації подавання вагонів до вагоноперекидача, грн;

$V_{\text{розм_зрс}_i}$ – додаткова вартість роботи камер розморожування на неповний обсяг їх технологічного завантаження вагонами з залізорудною сировиною, грн.

Витрати комбінату $V_{\text{пл_зрс}_i}$ на користування вагонами в процесі від прибуття до їх розвантаження визначимо згідно формули:

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

де $T_{\text{пл_зрс}_i}$ – тривалість користування вагонами в процесі від прибуття до їх розвантаження, у ваг.-годинах;

$C_{\text{пл_зрс}}$ – вартість вагоно-години користування вагонами із залізорудною сировиною, грн.

Вартість роботи паркового тепловозу $V_{т_зрс_i}$ Південної станції при організації подавання вагонів до вагоноперекидача визначимо згідно формули:

$$V_{т_зрс_i} = T_{т_зрс_i} C_{т_зрс}, \quad (3.3)$$

де $T_{т_зрс_i}$ – час роботи паркового тепловозу Південної станції при організації подавання вагонів до вагоноперекидача, лок.-год.;

$C_{т_зрс}$ – собівартість лок.-години роботи тепловозу, грн.

Вартість $V_{розм_зрс_i}$ роботи камер розморожування на неповний обсяг їх технологічного завантаження вагонами з залізорудною сировиною визначимо за формулою:

$$V_{розм_зрс_i} = N_{розм_зрс_i} C_{розм_зрс}, \quad (3.4)$$

де $N_{розм_зрс_i}$ – кількість вагонів, які могли бути розміщені у камерах розморожування при скороченому розмірі подачі, од.;

$C_{розм_зрс}$ – середня собівартість витрат на розморожування одного вагону, грн.

3.2 Вартість витрат за існуючим варіантом №1 при організації вивантаження залізорудної сировини

Витрати комбінату $V_{пл_зрс_1}$ на користування вагонами в процесі від прибуття до їх розвантаження згідно формули (3.2):

$$V_{\text{пл_зрс_1}} = 238428 \cdot 58,33 = 13907505,24 \text{ грн.}$$

Вартість роботи паркового тепловозу $V_{\text{т_зрс_1}}$ Південної станції при організації подавання вагонів до вагоноперекидача визначимо згідно формули (3.3):

$$V_{\text{т_зрс_1}} = 2712 \cdot 1265 = 3430680 \text{ грн.}$$

Витрати $V_{\text{розм_зрс_1}}$ на роботу камер розморожування при неповному обсязі їх технологічного завантаження вагонами з залізорудною сировиною відсутні.

Загальні витрати $V_{\text{залрс_1}}$ по першому варіанту згідно даних проведеного експерименту на моделі PivdennaRudna визначимо за формулою (3.1):

$$V_{\text{залрс_1}} = 13907505,24 + 3430680 = 17338185,24 \text{ грн} = 17,34 \text{ млн грн.}$$

3.3 Вартість витрат за варіантом №2 при організації вивантаження залізорудної сировини

Витрати комбінату $V_{\text{пл_зрс_2}}$ на користування вагонами в процесі від прибуття до їх розвантаження згідно формули (3.2):

$$V_{\text{пл_зрс_2}} = 209160 \cdot 58,33 = 12200302,8 \text{ грн.}$$

Вартість роботи паркового тепловозу $V_{т_зрс_2}$ Південної станції при організації подавання вагонів до вагоноперекидача визначимо згідно формули (3.3):

$$V_{т_зрс_2} = 2712 \cdot 1265 = 3430680 \text{ грн.}$$

Витрати $V_{розм_зрс_2}$ на роботу камер розморожування при неповному обсязі їх технологічного завантаження вагонами з залізорудною сировиною відсутні.

Загальні витрати $V_{залрс_2}$ по другому варіанту згідно даних проведеного експерименту на моделі PivdennaRudna визначимо за формулою (3.1):

$$V_{залрс_2} = 12200302,8 + 3430680 = 15630982,8 \text{ грн} = 15,63 \text{ млн грн.}$$

3.4 Вартість витрат за варіантом №3 при організації вивантаження залізорудної сировини

Витрати комбінату $V_{пл_зрс_3}$ на користування вагонами в процесі від прибуття до їх розвантаження згідно формули (3.2):

$$V_{пл_зрс_3} = 202188 \cdot 58,33 = 11793626,04 \text{ грн.}$$

Вартість роботи паркового тепловозу $V_{т_зрс_3}$ Південної станції при організації подавання вагонів до вагоноперекидача визначимо згідно формули (3.3):

$$V_{т_зрс_3} = 3768 \cdot 1265 = 4766520 \text{ грн.}$$

Витрати $V_{\text{розм_зрс_3}}$ на роботу камер розморожування при неповному обсязі їх технологічного завантаження вагонами з залізорудною сировиною визначимо згідно формули (3.4):

$$V_{\text{розм_зрс_3}} = 168 \cdot 1210 = 203280 \text{ грн.}$$

Загальні витрати $V_{\text{залрс_3}}$ по третьому варіанту згідно даних проведеного експерименту на моделі PivdennaRudna визначимо за формулою (3.1):

$$\begin{aligned} V_{\text{залрс_3}} &= 11793626,04 + 4766520 + 203280 = 16763426,04 \text{ грн} = \\ &= 16,76 \text{ млн грн.} \end{aligned}$$

Економія у порівнянні з існуючим варіантом становить:

- для другого варіанту:

$$E_{\text{залрс_2}} = 17338185,24 - 15630982,8 = 1707202,44 \text{ грн.}$$

- для третього варіанту:

$$E_{\text{залрс_3}} = 17338185,24 - 16763426,04 = 574759,2 \text{ грн.}$$

Другий варіант більш економічний, ніж третій:

$$1707202,44 > 574759,2.$$

Результати економічних розрахунків по варіантах організації робіт згідно даних проведених експериментів на моделі PivdennaRudna наведені у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Аналіз економічних розрахунків по варіантах організації робіт згідно даних проведених експериментів на моделі PivdennaRudna, грн/рік

Економічний показник організації робіт з доставки залізорудної сировини	Варіант 1 (існуючий, огляд усього складу, подачі по 15 вагонів)	Варіант 2 (огляд першої подачі – 15 вагонів)	Варіант 3 (огляд першої подачі – 8 вагонів)
Плата за користування вагонами від приймання до вивантаження, ваг.-год.	13907505	12200303	11793626
Собівартість роботи паркового локомотива при подаванні до вивантаження	3430680	3430680	4766520
Втрати при невикористання місця в гаражі розморожування	-	-	203280
Загальні витрати	17338185	15630983	16763426
Економія витрат	-	1707202	574759

Згідно проведених економічних розрахунків по варіантах організації робіт з організації розформування составів із залізорудною сировиною встановлено, що найбільш ефективним є варіант з оглядом першої подачі – 15 вагонів, за рахунок скорочення часу до початку виконання вантажних операцій і більш ефективного використання паркового локомотиву через кратність даного розміру подачі розмірам двох составів та розміру камери розморожування вантажів.

Економічний ефект за рахунок організаційних заходів становить понад 1,7 млн грн на рік.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В даному дипломному проекті підвищення ефективності вивантаження залізорудної сировини шляхом удосконалення технології розформування составів на ПАТ «Запоріжсталь» розглянутий аналіз потенційних небезпек, які можуть вплинути на дослідника та робітників. Розроблені заходи по їх усуненню. Розглянуті небезпеки при роботі на ПК [11-13].

Основними потенційними небезпеками є наступні:

- при навантаженні мілкої руди, яка переміщується безтарним способом, пил сильно діє на організм вантажника і на дослідника. При вдиханні можливе запалення слимакових дихальних шляхів, а також явлення загального отруєння (нудота).

- у разі постачання руди у біг-бегах, при розвантаженні можливим є обрив вантажу з-за несправних такелажних тросів, ненадійного кріплення траверси до гаку крану. Це може призвести до травмування робітників. Проте в даній роботі процеси виконання вантажних робіт виконуються на вагоноперекидачі.

Далі в додатку А показаний аналіз потенційних небезпек.

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

В додатку В приведений розрахунок дослідження шкідливих факторів виробничого середовища, значення яких були заміряні в лабораторії дослідника де є ПК.

В додатку Г представлені заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях [14].

ВИСНОВКИ

В магістерській роботі були розглянуті процеси організації вивантаження залізорудної сировини, яка надходять до металургійних підприємств у значній кількості, що обумовлює їх переважну доставку у складі однорідних маршрутних составів.

В якості базового підприємства для проведення даного дослідження обрано металургійний комбінат Запоріжсталь, який розташований у місті Запоріжжя.

В аналітичній частині було встановлено, що підвищення ефективності вивантаження залізорудної сировини можливе шляхом удосконалення технології розформування составів. В ході виконання роботи було розглянуто три технології організації даних робіт:

- традиційну, коли весь прибулий состав на станції Південна оглядається, після чого формуються подачі по 15 вагонів до станції Рудної, при цьому остання з них буде меншого розміру;
- в составі, який прибув, оглядаються лише 15 вагонів для більш швидкого формування першої подачі, лише після її відправлення продовжується подальший огляд составу;
- в составі, який прибув, оглядаються лише $(53 - 15 \cdot 3 = 8)$ вагонів – мінімальний розмір подачі, для якнайскорішого формування першої подачі, після її відправлення продовжується подальший огляд составу.

Задля врахування випадкового характеру надходження маршрутних составів для вивантаження було розроблено імітаційну модель PivdennaRudna та шляхом статистичного аналізу визначено відповідні параметри моделювання.

За результатами експериментів на моделі PivdennaRudna визначені основні технічні показники, а згідно проведених економічних розрахунків по варіантах організації робіт з організації розформування составів із залізорудною сировиною встановлено, що найбільш ефективним є варіант з оглядом першої подачі – 15 вагонів, за рахунок скорочення часу до початку виконання вантажних операцій і більш ефективного використання паркового локомотиву через кратність даного розміру подачі розмірам двох составів та розміру камери розморожування вантажів.

Економічний ефект за рахунок організаційних заходів становить понад 1,7 млн грн на рік.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. «Запоріжсталь»: підсумки виробництва у жовтні 2024 р. URL : <https://zaporizhstal.com/pres-centr/novini/zaporizhstal-pidsumki-virobnictva-u-zhovtni-2024-r/> (дата звернення 02.11.2024)
2. Сайт міста Запоріжжя. URL : <https://www.061.ua/> (дата звернення 15.10.2024)
3. Єдиний технологічного процесу роботи під'їзної колії ЗМК «Запоріжсталь» і станції примикання Запоріжжя-Ліве. – Запоріжжя: ПАТ «Запоріжсталь», 2021. – 196с.
4. Технічно-розпорядчий акт станції Східна. – Запоріжжя: ПАТ «Запоріжсталь», 2020. – 54с.
5. Технічно-розпорядчий акт станції Південна. – Запоріжжя: ПАТ «Запоріжсталь», 2021. – 45с.
6. Технічно-розпорядчий акт станції Рудна. – Запоріжжя: ПАТ «Запоріжсталь», 2021. – 27с.
7. Міжцехова інструкція по взаємодії працівників доменного, агломераційного цехів, гаража рудорозморожування ЦРРС УЗТ, ЦПВ, робітників ОВВО, ВТК, ЦТВС з працівниками Південного залізничного району ЦЕ УЗТ при обслуговуванні залізничними перевезеннями. – Запоріжжя: ПАТ «Запоріжсталь», 2018. – 41с.
8. Турпак, С. М. Логістичні системи управління залізничним транспортом металургійних підприємств [Текст]: монографія / С. М. Турпак. – Херсон : Грін Д. С., 2015. – 264 с.
9. 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.

10. 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.

11. 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.

12. 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).

13. 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)

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

ДОДАТОК А

АНАЛІЗ ПОТЕНЦІЙНИХ НЕБЕЗПЕК

При вивантаженні мілкої руди на залізничні платформи кранами можливо розсипання його, що призводить до травмування робітників. Пил також діє на дихальні шляхи робітників.

При вивантаженні з вагонів вантажу, можливо обрушення сипучих матеріалів на робітників, що призведе до травм.

Є небезпека наїзду на робітників вагонів з рудою.

Можливе ураження робітників струмом від не ізольованих та пошкоджених кабелів крану, що може призвести до електричних травм.

Не достатнє освітлення ділянки, де відбувається вивантаження вантажу, призводить до не вірного розвантаження, спричиняє виникнення несприятливих ситуацій (не вірне стропування, наїзд вагонів на робітників та інше).

При вантажно-розвантажувальних роботах можливо переохолодження робітників в холодний час року, що призводить до простудних захворювань.

Пожежі на кранах можуть виникнути від самозаймання, загорання обтиральних, горючих матеріалів та від не виконання елементарних вимог протипожежної безпеки.

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

ДОДАТОК Б

ДОСЛІДЖЕННЯ ШКІДЛИВИХ ТА НЕБЕЗПЕЧНИХ ФАКТОРІВ ВИРОБНИЧОГО СЕРЕДОВИЩА ТА НАПРУЖЕНОСТІ ПРАЦІ

Розроблені заходи по усуненню загальних небезпек та небезпек виробничої санітарії та гігієни праці.

Для виключення травмування під час вивантажувальних робіт, запропоновано застосування спеціального траверсного захвату, який дозволяє швидко й надійно кріпити біг-беги при розвантаженні. Перед початком роботи стропальник перевіряє стан стропів траверси та стропів, якими траверса кріпиться до гаку крана. НПАОП 0.00-5. «Правила охорони праці під час вантажно-розвантажувальних робіт».

Під час розвантаження руди з хоперів, необхідно, при відкритті люків, робітнику відійти на безпечну відстань щоб запобігти травмування.

Для запобігання наїздів на робітників залізничним транспортом, необхідно оглядачів вагонів, складачів поїздів або вантажників одягнути в сигнальні жилети зі світловідбиваючими смугами та узгоджують свої дії за допомогою радіостанції (стаціонарна - у машиніста поїзду, переносна у вантажників). Місця перетину доріг із залізничними коліями повинні облаштовуватися знаками безпеки та сигналізацією. ДСТУ 7238:2011 «Система стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту».

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.

Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці.

Для забезпечення не попадання пилу від руди в легені робітників необхідно застосовувати засоби індивідуального захисту. До таких відноситься застосування респіраторів. ДСТУ 7339:2011 «Системи стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту».

Для забезпечення нормативного рівня освітленості на майданчику навантаження передбачено обладнання освітленості в розмірі 30 лк відповідно ДБН В.2.ю5-28-2006 «Природне та штучне освітлення» . Робоче освітлення розміщено на щоглах поза зоною майданчика. Для освітлення застосовуються прожектори типу ПЗС-35 з газоразрядними лампами ДРЛ-700.

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

ДОДАТОК В

ДОСЛІДЖЕННЯ ШКІДЛИВИХ ТА НЕБЕЗПЕЧНИХ ФАКТОРІВ ВИРОБНИЧОГО СЕРЕДОВИЩА ТА НАПРУЖЕНОСТІ ПРАЦІ

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

На робочому місці лабораторії обладнаної ПК, були проведені дослідження та виміри показників шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу, результати яких занесені до таблиці.

Таблиця В.1 – Вихідні данні

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

У відповідності до вихідних даних, вносимо наявні фактори умов праці та виробничого середовища що впливають на працівника в процесі трудової діяльності їх фактичне значення та час дії вносимо до стовпчиків 1, 2, 3, таблиці Результатів оцінювання.

Відповідно до додатків методичних вказівок [11], за витратами енергії, визначаємо категорію робіт для дослідника лабораторії обладнаної ПК.

Умови праці, за витратами енергії, не перевищують 140 Вт (90-120 ккал/год.) та повинні відповідати легким фізичним роботам – категорії Іб.

З додатків [11], 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 В.2.

Таблиця В.2 – Результати оцінювання за бальною шкалою

Фактор (показник)	Вимірні показники $P_{вим}$	Час дії год.(хв.)	ГДК, ГДР, показники, $P_{доп}$	$X_{визн}$, бали	Клас умов праці	X_i , бали
1	2	3	4	5	6	7
Мікроклімат за ТНС-індексом, $t, ^\circ C$	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, $З_{ор}$	А-2	—	—	—	—	—
Рівень шуму L , дБА	86	5	50	—	3.1	0,63
Загальні енергозатрати організму, Вт	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 вносять їх значення до стовпчика 5, таблиці 2:

- для гігієнічної оцінки мікроклімату використовуємо ТНС-індекс, додаток Б [11]. Розрахунковий коефіцієнт $X_{визн}$ при оцінці мікроклімату визначаємо в балах, за формулою 7.1 [11]:

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

- для показників важкості та напруженості праці розрахункові коефіцієнти визначаються за основними та допоміжними показниками, що є характерними для конкретного робочого місця, за формулою 7.2 [11]:

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), $K_{знач} = 0,15$

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

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

- для мікроклімату, відповідно до значення розрахункового коефіцієнта $X_{визн} = 2$, з таблиці 7.2 [11] – 3 клас, 2 ступінь (3.2);

- при оцінці освітленості робочої зони приміщення, клас та ступінь шкідливості умов праці визначаємо у відповідності до $P_{вим} = 320$ лк, за додатком Г та табл. Г.1 [11] – 3 клас, 1 ступінь (3.1);

- для гігієнічної оцінки рівня шуму, клас та ступінь шкідливості умов праці визначаємо у відповідності до виміряного значення рівня шуму $P_{вим} = 86$ дБА, за додатком Д та табл. Д.1 [11] – 3 клас, 1 ступінь (3.1);

- клас і ступінь важкості та напруженості праці визначаємо як суму розрахованих балів усіх показників $X_{визн}$ за формулою 7.3 [11]:

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

З таблиці 7.3 [11] за значенням суми розрахованих балів показників $X_{сум} = 2,66$ – 3 клас, 2 ступінь (3.2);

В результаті досліджень, відповідно до розрахунків, встановлено, що умови праці на робочому місці 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 2:

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

- 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 – $X_{см} = X_i = 1$;

- 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 [11]:

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

- 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 7.5 [11]:

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

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», з таблиці 7.4 [11]. Розмір доплати до тарифної ставки (окладу) – 16 %.

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

а) 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 «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу» до даного робочого місця;

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

- мікрокліматичні умови, за інтегральним показником теплового навантаження середовища – ТНС-індексом – $20,2-22,8^{\circ}\text{C}$;
- освітленість приміщення для роботи з дисплеями відповідає розряду здорових робіт А-2, нормована загальна освітленість якого, на робочих столах – $E = 400 \text{ лк}$;
- 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.

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

1.3 метою забезпечення оптимальних параметрів мікроклімату в приміщенні лабораторії обладнаному ПК, згідно вимог ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування», передбачена система централізованого водяного опалення з радіаторами, а на теплий період, зважаючи на те, що площа приміщення становить 25 м^2 передбачений побутовий кондиціонер типу Electrolux EACS-24 HLO/N3.

Виходячи з того, що один кондиціонер розрахований на приміщення площею – 30 м^2 .

З метою забезпечення необхідного повітрообміну у приміщенні лабораторії обладнаному ПК з ВДТ (ЕП), зважаючи на те, що об'єм приміщення становить 85 м^3 , передбачена система механічної припливно-витяжної вентиляції – методом рекуперації, за допомогою двох рекуператорів типу Prana-200G. Які забезпечують 3-кратний обмін повітря за годину, виходячи з того, що один рекуператор забезпечує наступний повітрообмін: приплив – $135 \text{ м}^3/\text{год}$, витяг – $125 \text{ м}^3/\text{год}$.

Оптимальні рівні позитивних ($n+$) і негативних ($n-$) іонів у повітрі приміщення лабораторії з ВДТ (ЕП) відповідають вимогам ГН 2152-80 «Санітарно-гігієнічні норми допустимих рівнів іонізації повітря виробничих та громадських приміщень» і становить: $n+ = 1500-30000$ (шт. на 1 см^3); $n- = 3000-5000$ (шт. на 1 см^3). Підтримку оптимального рівня легких позитивних і негативних аероіонів у повітрі на робочих місцях забезпечують за допомогою біполярних коронних аероіонізаторів.

2. 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.

3. 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.

4. Для зменшення загальних енергозатрат організму, необхідно скоротити тривалість робочого дня до 6 або 7 год.

5. 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.

6. 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 [11], у розмірі 16 %.

ДОДАТОК Г

ЗАХОДИ БЕЗПЕКИ У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Заходи з цивільного захисту. Оповіщення населення про загрозу і виникнення надзвичайної ситуації у мирний та військовий періоди та постійне інформування його про наявну обстановку - одне з важливих завдань цивільного захисту України. Для цього створюється система, організаційно-технічне об'єднання засобів для передачі сигналів і розпоряджень органів управління цивільного захисту.

Система оповіщення та інформативного забезпечення створюється завчасно в усіх ланках пунктів управління.

Основу системи оповіщення утворюють автоматизована система централізованого оповіщення мережі зв'язку та радіомовлення, а також спеціальні засоби.

Автоматизована система оповіщення створюється завчасно на базі загальнодержавної мережі зв'язку та радіомовлення і поділяється на державну та територіальну. Вона може забезпечити оповіщення населення, поєднавши місцеву телефонну мережу для подачі сигналу «Увага всім!» та повну інформацію за допомогою засобів радіомовлення й телебачення.

Оповіщення підпорядкованих штабів, органів управління цивільного захисту і населення організовується і забезпечується старшими органами управління.

Додатково в Україні створюється локальна державна система оповіщення про загрозу катастрофічного затоплення в разі руйнування гідроспоруд на р. Дніпро.

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

На майданчику площею 4400 кв. м необхідно розташувати пожежні щити. Клас можливої пожежі на майданчику дорівнюється В, по пожежонебезпеці до категорії Д. Необхідна кількість вогнегасників згідно НППБ 03.001- 2004 «Типові норми належності вогнегасників» обираються 12 водяно порошкові вогнегасники ВП-8.

Первинні засоби пожежогасіння розташовуються на пожежних щитах.