

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Транспортний факультет
(повне найменування інституту, факультету)

«Транспортні технології»
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проєкту (роботи)

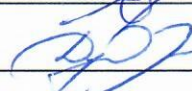
магістра
(ступінь вищої освіти)

на тему АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ТРАНСПОРТНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В
УМОВАХ ЗМІНИ СКЛАДУ ШИХТИ ДЛЯ ДОМЕННОГО ВИРОБНИЦТВА
В УМОВАХ ПАТ «ЗАПОРІЖСТАЛЬ»

Виконав: студент II курсу, групи T-811м

Спеціальності 275 Транспортні технології
(на залізничному транспорті)
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)
Транспортні технології
(на залізничному транспорті)

		<u>Вікторія ОВЕЧКИНА</u> (прізвище та ініціали)
Керівник		<u>Сергій ТУРПАК</u> (прізвище та ініціали)
Рецензент		<u>Ольга ДУДАРЕНКО</u> (прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»
 (повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут, факультет Транспортний факультет
 Кафедра «Транспортні технології»
 Ступінь вищої освіти магістр
 Спеціальність 275 Транспортні технології
(на залізничному транспорті)
 (код і найменування)
 Освітня програма (спеціалізація) Транспортні технології
(на залізничному транспорті)
 (назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

«Транспортні технології»

Сергій ТУРПАК

24.10.2022 року

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

Овечкіної Вікторії Іллівни

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Аналіз ефективності транспортних технологій в умовах зміни складу шихти для доменного виробництва в умовах ПАТ «Запоріжсталь»

керівник проєкту (роботи) Турпак Сергій Миколайович,

д-р техн. наук

затверджені наказом закладу вищої освіти від «31» жовтня 2022 р. №351

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 10.12.2022 р.

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) існуючі обсяги вантажоперевезень сировини до рудного двору, існуюча технологія виконання транспортних та вантажних робіт, характеристики рухомого складу

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналітична частина. 2. Основна частина. 2.1 Обсяги постачань сировини. 2.2 Розробка моделі доставки сировини. 2.2.1 Опис програмного блоку №1. 2.2.2 Опис програмного блоку №2. 2.2.3 Опис програмного блоку №3. 2.2.4 Опис програмного блоку №4. 2.2.5 Опис програмного блоку №5. 2.3 Експериментальні дослідження. 3. Економічна частина. 4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Презентація магістерської роботи.

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
Аналітична частина	Турпак С.М., проф.		
Основна частина	Турпак С.М., проф.		
Економічна частина	Харченко Т.В., ст. викл.		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Лазуткін М.І., доцент		

7. Дата видачі завдання 24.10.2022 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Аналітична частина	24.10-07.11.2022	
2	Основна частина	07.11-27.11.2022	
3	Економічна частина	28.11-05.12.2022	
4	Охорона праці	05.12-10.12.2022	
5	Оформлення МР	10.12-13.12.2022	
6	Перевірка МР на плагіат	12.12-18.12.2022	
7	Отримання зовнішніх рецензій	12.12-16.12.2022	
8	Захист магістерських робіт	19.12-23.12.2022	

Студент(ка)


(підпис)

Вікторія ОВЕЧКІНА
(прізвище та ініціали)

Керівник проєкту (роботи)


(підпис)

Сергій ТУРПАК
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ : 85 с., 48 рис., 4 табл., 16 джерел.

КОНЦЕНТРАТ ЗАЛІЗОРУДНИЙ, КОКС ДОМЕННИЙ, ВАПНЯК ДЛЯ ФЛЮСУВАННЯ, ЗАЛІЗНИЧНИЙ ТРАНСПОРТ, ВАПНО

Об'єкт дослідження – транспортна система доставки та вантажопереробки шихтових матеріалів для доменного цеху в умовах зменшення обсягу виробництва та зміни місць видобутку сировини.

Мета роботи – удосконалення технології доставки та вантажопереробки шихтових матеріалів для доменного цеху в умовах зменшення обсягу виробництва та зміни місць видобутку сировини.

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

В роботі проаналізована технологія організації доставки та вантажопереробки шихтових матеріалів для доменного цеху в умовах зменшення обсягу виробництва та зміни місць видобутку сировини, на прикладі ПАТ «Запоріжсталь». Розроблена модель, визначені параметри її функціонування, виконані відповідні техніко-економічні розрахунки та обрано найефективніший варіант організації транспортних технологій.

ЗМІСТ

	с.
Завдання на проєкт	2
Реферат.....	4
Зміст	5
Вступ	7
1 Аналітична частина	9
1.1 Характеристика об'єктів доменного цеху	9
1.2 Характеристика складових шихти та підприємств-постачальників	12
1.3 Недоліки системи доставки сировини для шихти та постановка задач дослідження	22
2 Основна частина	24
2.1 Обсяги постачань сировини	24
2.2 Розробка моделі доставки сировини	27
2.2.1 Опис програмного блоку №1	28
2.2.2 Опис програмного блоку №2	34
2.2.3 Опис програмного блоку №3	40
2.2.4 Опис програмного блоку №4	42
2.2.5 Опис програмного блоку №5	46
2.3 Експериментальні дослідження	47
3 Економічна частина	58
3.1 Визначення економічних складових за варіантами організації робіт	59
3.2 Розрахунок економічних показників за третім варіантом доставки вапняку	62
3.3 Розрахунок економічних показників за шостим варіантом доставки вапняку	63

3.4 Підсумкова оцінка результатів економічного аналізу	64
4 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	67
4.1 Аналіз потенційних небезпек	67
4.2 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях	68
4.2.1 Заходи з пожежної безпеки	68
4.2.2 Заходи з цивільного захисту.....	68
Висновки	71
Перелік посилань	73
ДОДАТОК А. АНАЛІЗ ПОТЕНЦІЙНИХ НЕБЕЗПЕК	76
ДОДАТОК Б. ЗАХОДИ ПО ЗАБЕЗПЕЧЕННЮ БЕЗПЕКИ	78
ДОДАТОК В. ЗАХОДИ ПО ЗАБЕЗПЕЧЕННЮ ВИРОБНИЧОЇ САНІТАРІЇ ТА ГІГІЄНИ ПРАЦІ	79

ВСТУП

Початок військового вторгнення на Україну призвів до необхідності повної зупинки або переведення на тихій хід обладнання доменного цеху ПАТ «Запоріжсталь». Відновити виробництво на кінець весни 2022 року вдалось лише на половину від проєктних потужностей підприємства.

Втрата історичних постачальників сировини з Донецької області, автономної республіки Крим призвели до переорієнтації на джерела, розташовані на захід від міста Запоріжжя [1].

Звісно, що склад сировини для доменного виробництва змінився, як і обсяги та пропорційність основних компонентів:

- залізорудного концентрату;
- руди залізорудної;
- вапняку для флюсування;
- вапна.

Потребувались також зміни в технології доставки та вантажопереробки, які потребують техніко-економічного аналізу та можливого коригування з огляду на її ефективність.

Відтепер постачання найбільш масової сировини – залізорудного концентрату – маршрутними складами потребує економічного аналізу, та уточнення доцільності такої технології, зважаючи на значне збільшення часу затримки вагонів під накопиченням.

Площі рудного двору будуть залишатись напівпорожніми, як і вантажноприймальної траншеї, де здійснюється вивантаження сировини на вагоноперекидачі.

А це дозволяє організувати вивантаження вапняку для флюсування на вагоноперекидачі, що може бути більш ефективним, ніж розвантаження його на 4-й колії парку Бункера станції Аглофабрика.

Крім того, дана колія може бути використана у якості фронту очищення вагонів після проходження процедури розвантаження на вагоноперекидачеві. Завдяки значній довжині, вона може вмістити значну кількість вагонів та дозволити їм більш тривалий час знаходитись під очищенням за зменшенням кількості вантажників у зміні, не зупиняючи процес вивантаження, як це б відбувалось на станції Рудна.

Тож, поставлені в магістерській роботі задачі є актуальними в умовах військового стану.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Характеристика об'єктів доменного цеху

Доменний цех є первинним та ключовим об'єктом підприємства Запоріжсталь [1]. Саме тут беруть початок основні транспортно-виробничі процеси, які забезпечуються наступним чином:

- передаванням сировини та матеріалів від магістрального залізничного транспорту – станції Запоріжжя Ліве Укрзалізниці на станцію Східна комбінату, та, надалі, до Південного залізничного району, який розподіляється на станції Південна, Рудна та Аглофабрика;
- передаванням палива від станції Південна підприємства Запоріжжкокс;
- головним складом доменного цеху є рудний двір, де зберігаються вантажі та здійснюється їх підготовка до використання у виробництві;
- рудний двір обслуговується з північної сторони станцією Рудна, а з південної – станцією Аглофабрика;
- станція Аглофабрика відділяє рудний двір від лінійки доменних печей, лінія розташування яких, в свою чергу, роз'єднує чавунну та шлакову сторони доменного цеху;
- шлакова та чавунна сторона сходяться у західній частині доменного цеху та через утворену горловину колій поєднуються з ділянкою розливних машин, складом холодного чавуну та станцією Південною; так само Південна станція поєднується перегонами зі станціями Аглофабрика та Рудна;
- зі східної сторони основні вантажні транспортні потоки доменного цеху спрямовуються: зі шлакової сторони – до станцій Шлакова та

далі – до станції Гранбасейн, через яку є вихід до колії станції Східна; з чавунної сторони – до міксерного відділення та безпосередньо до сталерозливних печей мартенівського цеху;

- неосновний потік вантажів з чавунної сторони складає рідкий чавун, який доставляється до станції Шихта через станцію Підбіркова, де з нього виготовляються виливниці для мартенівського цеху;
- у зворотному напрямку зі станції Підбіркова надходять допоміжні матеріали для роботи доменного цеху – цегла, пісок та ін.;
- з північної сторони рудного двору розташовані такі транспортно-технологічні об'єкти, як баштовий вагоноперекидач із вантажоприймальною траншеєю уздовж усього рудного двору; ділянка очищення вагонів вантажниками; колія навантаження трансферкарів сировиною для аглофабрики із приймальними бункерами;
- з південної сторони рудного двору розташовані такий транспортно-технологічний об'єкт, як бункерна естакада, одна з колій якої розташована на консольній основі задля вивантаження сировини з вагонів безпосередньо на склад; під іншими коліями розташовані приймальні бункери доменних печей, під ними – вагони-ваги та скіпові ями з підйомником, завдяки яким матеріали завантажуються у доменні печі;
- зі східної сторони рудного двору горловини станцій Аглофабрика та Рудна з'єднуються у перегін до станції Підбіркова;
- з західної сторони рудного двору знаходиться агломераційний цех, основним об'єктом якого є аглофабрика, яка виробляє агломерат;
- для виробництва агломерату доставку залізорудної сировини, окрім трансферкарів на станції Рудна, використовується прилегла до аглофабрики частка рудного двору, де зберігається вапняк для флюсування;

- спікання залізорудної сировини із вапняком та ін. добавками здійснюється на пластинчастих конвеєрах агломашин – утворюється агломерат, який доставляється у хоперах з аглофабрики на бункери доменних печей;
- доставка вугілля з базисного складу (територія поблизу станції Запоріжжя-Ліве – станція Вугільна, яка межує зі станцією Східна), яке використовується для пиловугільного вдування у доменні печі задля економії природного газу та коксу.

Загальний вигляд території рудного двору та доменних печей із позначенням основних об'єктів транспортно-виробничої сфери показаний на рисунку 1.1.

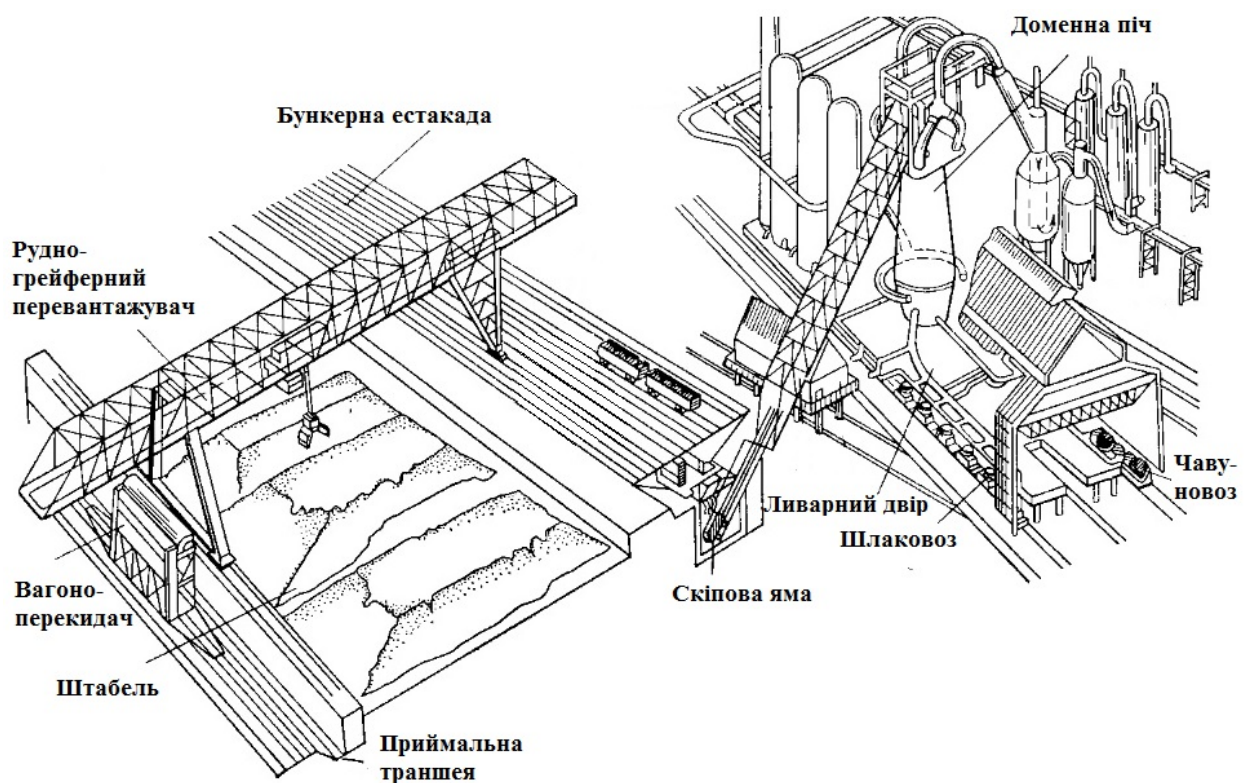


Рисунок 1.1 – Загальний вигляд території рудного двору
та доменних печей

1.2 Характеристика складових шихти та підприємств-постачальників

Одним із сьогоденних компонентів для приготування шихти є залізна руда виробництва підприємства Кривбасзалізрудком [2], яка надходить зі станції Шмаково (рисунок 1.2).



Рисунок 1.2 – Залізна руда Кривбасзалізрудком

Масова частка загального заліза у руді становить близько 60%, що має схожі характеристики із раніше використовуваною рудою Запорізького залізорудного комбінату, який знаходиться на окупованій території [2].

Масова частка вологи становить не більше 6,0%

Для доставки використовуються напіввагони.

Видобувні об'єкти підприємства – чотири шахти, які знаходяться у напрямку південь – північ нашої країни згідно запасам залізних руд Криворізького басейну. Це розташування відповідає районам міста: Саксаганський, Покровський і Тернавській.

Шахтобудівельні процеси забезпечуються такими підрозділами у складі підприємства [2]:

- сервісним управлінням;
- управлінням шахтомонтажу;
- підземним гірничим цехом;
- ремонтно-механічним заводом,
- енергетичним цехом,
- управлінням залізничного транспорту,
- автотранспортної базою,
- ремонтно-будівельним цехом,
- енергетичною лабораторією;
- підрозділом з контролю якості;
- об'єктами матеріально-технічного постачання, інформаційного забезпечення та ін.

Відвантаження руди здійснюється екскаватором, який обладнаний елементом навантаження типу – пряма лопата (рисунок 1.3).



Рисунок 1.3 – Навантаження руди на Кривбасзалізрудком

Для ефективного використання вантажопідйомності залізничних вагонів на підприємстві облаштовані дозувальні майданчиками, де розміщені сучасні тензометричні ваги.

Для перевезення по коліях підприємства використовуються тепловози ЧМЕ-3. Також УЗТ має у своєму розпорядженні власну колійну техніку, що дозволяє виконувати ремонт залізничної колії.

Колії розташовані безпосередньо уздовж складу відкритого конусного типу [2], який формується шляхом подавання руди по конвеєрній галереї, що показано на рисунку 1.4. Можливе навантаження автотранспортних засобів для доставки.



Рисунок 1.4 – Склади руди Кривбасзалізрудком

Більш значимою сировиною за обсягами постачання компонентною є залізорудний концентрат виробництва Південного ГЗК (гірничо-збагачувальний комбінат).

Дане підприємство [3] є достатньо успішним, яке обладнане сучасним устаткуванням та має перспективну програму розвитку, зокрема щодо збільшення якості продукції та доведення вмісту заліза в концентраті з 65...68 до 70 відсотків. Центральна Європа, Північна Африка, Близький Схід і Азійсько-Тихоокеанський регіони – це місця розташування компаній, які вже тривалий час споживають продукцію ГЗК. Тому підприємство також є найбільшим постачальником валютних надходжень та податків до бюджету нашої країни.

Сировинна база - Склеюватське родовище. Технологія видобутку руди для виробництва концентрату передбачає використання наступних видів транспорту [3]:

- конвеєрний;
- автомобільний;
- залізничний;
- гідротранспорт.

Основні підрозділи підприємства:

- рудоуправління;
- управління дробильно-транспортного комплексу;
- управління залізничного транспорту;
- рудозбагачувальні фабрики №1 та №2.

Рудоуправління розробляє кар'єр з 50-тих років минулого сторіччя. Його параметри:

- довжина 3 км;
- ширина 2,65 км;
- глибина - понад 600 метрів.

Гірничу масу доставляється гірничотранспортним цехом [3], який знаходиться у складі рудоуправління, для цього використовуються самоскиди марки БелАЗ (рисунок 1.5).



Рисунок 1.5 – Дробильно-транспортний підрозділ

Доставка розкривних порід до зовнішніх відвалів, руди до дробильної фабрики здійснюється засобами Управління залізничного транспорту (рисунок 1.6). Крім того, воно є відповідальним за приймання та відправлення составів з/на зовнішню мережу.

Залізничні колії у розгорнутому вигляді мають довжину 270000 м. Більша частина з них електрифіковані [3].



Рисунок 1.6 – Промислові перевезення залізничним транспортом

Операції з подрібнення та доставки руди від кар'єру до збагачувальної фабрики забезпечується Управлінням дробильно-транспортного комплексу (УДТК).

Серед підрозділів УДТК [3] є:

- цехи №1 та №2 на горизонтах -90 м та -210 м виконують подрібнення залізної руди, що забезпечують дробарки трьох категорій розмірів матеріалу; доставляють сировину до приймальних бункерів фабрик рудозбагачування № 1 і №2;
- цех №3 подрібнює скельну породу шляхом використання дробарки доставляє її до перевантажувального пункту (лівобережний відвал).

Технологічні процеси рудозбагачувальних фабрик передбачають:

- подрібнення сировини завдяки кульовим млинам;
- класифікацію в гідроциклонах;
- мокру магнітну сепарацію;
- зневоднення концентрату (рисунок 1.7).



Рисунок 1.7 – Залізорудний концентрат

Зайва вологість в холодний зимовий період ускладнює вантажні операції через змерзання, тож її зменшення є важливим з позицій ефективного транспортування.

Відходи збагачення спрямовуються та складуються на двох шламосховищах, що забезпечується цехом шламових систем.

З 2021 року на підприємстві, завдяки впровадженню комплексу згущення пульпи, досягнута суттєва економія електроенергії на 40% [3].

Наступною основною сировиною для приготування шихти є вапняк для флюсування (рисунок 1.8).

Постачальником цього матеріалу є ПрАТ «Тернопільський кар'єр» з обсягом виробництва 2,8 млн тонн на рік [4].

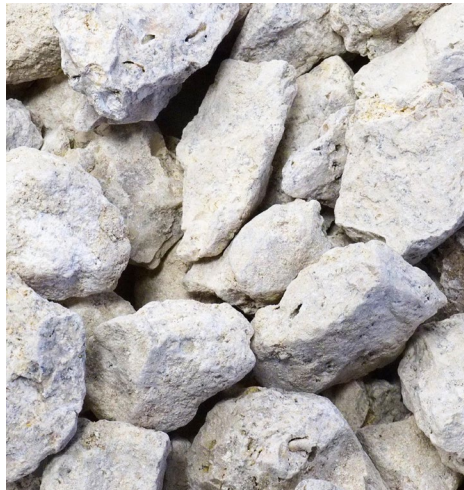


Рисунок 1.8 – Вапняк виробництва Тернопільського кар'єру

Видобуток вапняку здійснюється відкритим шляхом із застосуванням екскаваторів, ковшових навантажувачів [4]. Для доставки до переробних пунктів використовуються кар'єрні самоскиди (рисунок 1.9).



Рисунок 1.9 – Процес видобутку вапняку Тернопільського кар'єру

Для переміщення подрібненого на фракції вапняку використовується конвеєрний транспорт, формуючі на відкритих складах штабелі конусного типу (рисунок 1.10).



Рисунок 1.10 – Склади вапняку

Відправлення до споживачів залізницею відбувається на станції Максимівка. У разі формування маршрутів нормативна відправка становить 48 вагонів.

Пункти навантаження підприємства у залізничний рухомий склад обладнанні конвеєрними системами (рисунок 1.11).

Станція здатна переробляти до 120 вагонів на добу, що становить близько 3600 вагонів/міс [4].



Рисунок 1.11 – Відправлення вапняку залізницею

Ефективність логістики Тернопільського кар'єру досягається шляхом управління та контролю диспетчерським центром, який облаштований камерами відео спостереження, GPS-системи контролю місцезнаходження транспортних об'єктів. В наявності на підприємстві – динамічні та статичні ваги, радіостанції для оперативного локального зв'язку [4].

Відвантаження може здійснюватися як у напіввагонах, так і вагонах-хоперах.

Серед вантажів, які входять до складу шихти для доменного виробництва також неодмінно входить вапно.

Відомо, що для виробництва однієї тонни чавуну потрібно додати у шихту близько 50 кг вапна, що забезпечить очищення від небажаних домішок, крім того вапно знижує температуру плавлення металу.

Вапно на Запоріжсталь в дійсний час надходить від підприємства-партнера Каметсталь у залізничних напіввагонах. За обсягами частка цього продукту у складі шихти найменша.

Технологія вивантаження передбачає наступні етапи [5,6]:

- вивантаження більшої частини вантажу з вагонів за допомогою рудно-грейферних перевантажувачів;
- перестановку вагонів на колії вагоноперекидача;
- вивантаження залишків вапна на вагоноперекидачі у вантажоприймальну траншею;
- подавання вагонів на фронт очищення;
- очищення вагонів вручну.

1.3 Недоліки системи доставки сировини для шихти та постановка задач дослідження

Основний недолік існуючого положення полягає в вимушеній зміні постачальників та, відповідно, складу компонентів для приготування шихти для доменного технологічного процесу підприємства Запоріжсталь, що обумовлено військовим станом в країні.

Тож основним напрямком досліджень логічним буде обрати аналіз варіантів організації транспортно-складських робіт на рудному дворі, моделювання за цими варіантами та аналіз отриманих результатів з метою вироблення раціонального, а, можливо – і оптимального рішення за критерієм економічної доцільності.

Зниження обсягів виробництва, та, відповідно, постачань складових шихти дозволяє по-різному використовувати вивільнені частини складів на рудному дворі, планувати роботу персоналу з огляду на збільшення тривалості технологічних перерв в роботі тощо.

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Обсяги постачань сировини

До аналізу представлено дані спостережень інтервалів надходження составів з сировиною для використання у якості шихти для доменного виробництва:

5; 3,8; 2,2; 3,5; 4,5; 8,5; 5,9; 4,6; 6,4; 3,6; 8,2; 7; 2,9; 6; 5,3; 6,3; 3,8; 8,5; 3,4; 5,6; 5,9; 8,4; 7,8; 3,8; 8; 3,5; 12,8; 5,1; 6,1; 5,5; 5,5; 4,1; 3,5; 6,2; 4,9; 8,9; 6,5; 3,8; 3,5; 2,5; 9,1; 10,5; 2,3; 6,5; 4,3; 8; 5; 8; 3,6; 6,1; 8,9; 7,6; 7,5; 3,5; 5,6; 4,8; 3,9; 3,8; 3,5; 4,8; 3,8; 6,3; 4,3; 4,4; 4,8; 3,7; 4,6; 4,4; 2,5; 3; 2,3; 2,3.

Варіаційний ряд:

2,2; 2,3; 2,3; 2,3; 2,5; 2,5; 2,9; 3; 3,4; 3,5; 3,5; 3,5; 3,5; 3,5; 3,5; 3,6; 3,6; 3,7; 3,8; 3,8; 3,8; 3,8; 3,8; 3,8; 3,9; 4,1; 4,3; 4,3; 4,4; 4,4; 4,5; 4,6; 4,6; 4,8; 4,8; 4,8; 4,9; 5; 5; 5,1; 5,3; 5,5; 5,5; 5,6; 5,6; 5,9; 5,9; 6; 6,1; 6,1; 6,2; 6,3; 6,3; 6,4; 6,5; 6,5; 7; 7,5; 7,6; 7,8; 8; 8; 8; 8,2; 8,4; 8,5; 8,5; 8,9; 8,9; 9,1; 10,5; 12,8.

Основні характеристики даного ряду [7]:

- мінімальний інтервал становить 2,2 години;
- середній показник інтервалу 5,35 години;
- максимальний інтервал – 12,8 годин;
- стандартне відхилення – 2,158 години.

Інтервал групування за формулою Стерджеса [8]:

$$1 + 3,2 \text{ Lg } (72) = 6,94 = 7 \text{ (де 72 – кількість спостережень).}$$

Проаналізуємо діаграму щільності ймовірності інтервалів надходження складових для шихти у складах поїздів (рисунок 2.1).

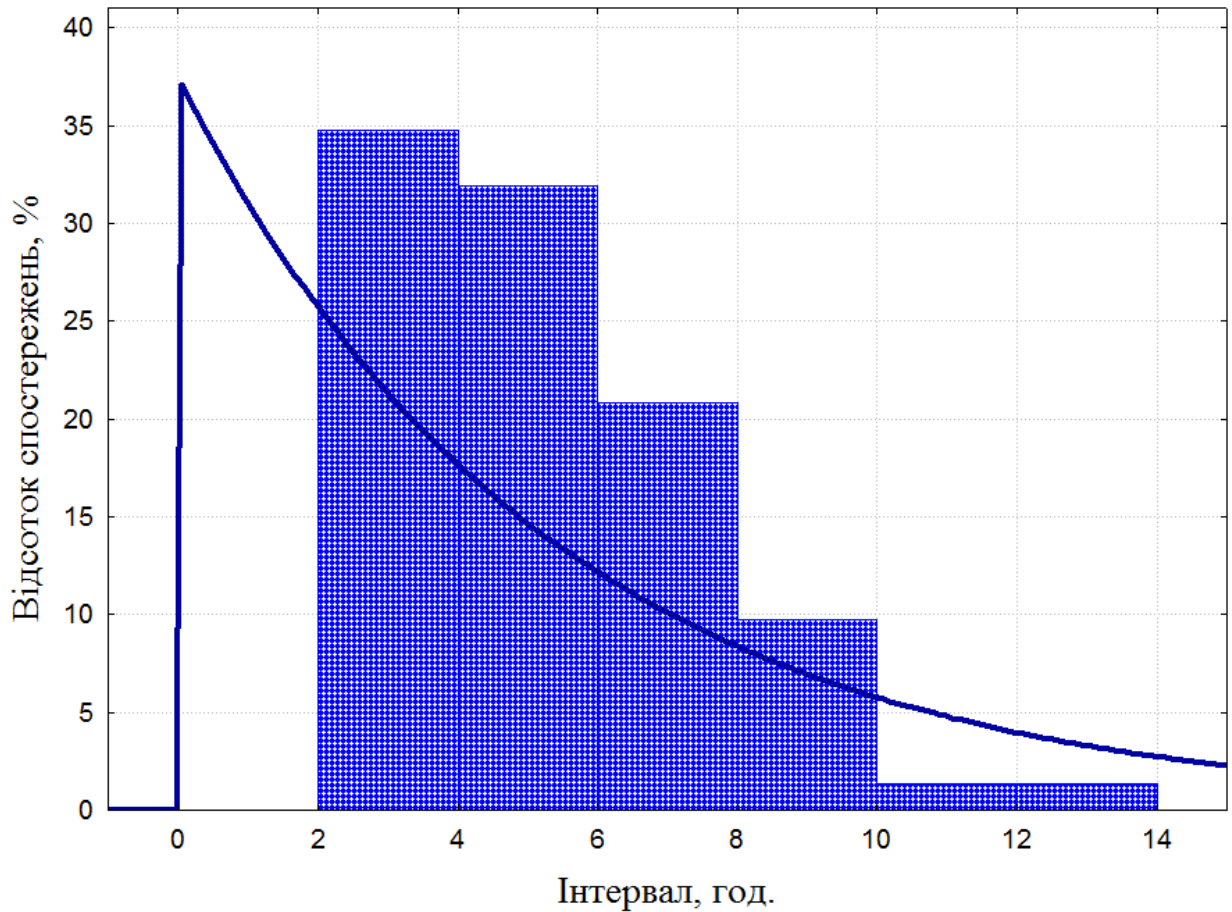


Рисунок 2.1 – Аналіз щільності ймовірності інтервалів надходження складових шихти для доменного виробництва

Якщо планувати використання при імітаційному моделюванні теоретичні закони розподілу, то найкращим чином фактичним даним відповідає експоненціальний розподіл, хоча і з деякими похибками.

У будь-якому випадку, необхідним є використання усіченого експоненціального розподілу [9,10] із параметрами мовою java:

`exponential (min = 2,2, max = 12,8, shift = 0, stretch = 5,35).`

На рисунку 2.2 показаний аналіз кількості надходження вагонів по основних складових шихти для виплавлення чавуну.

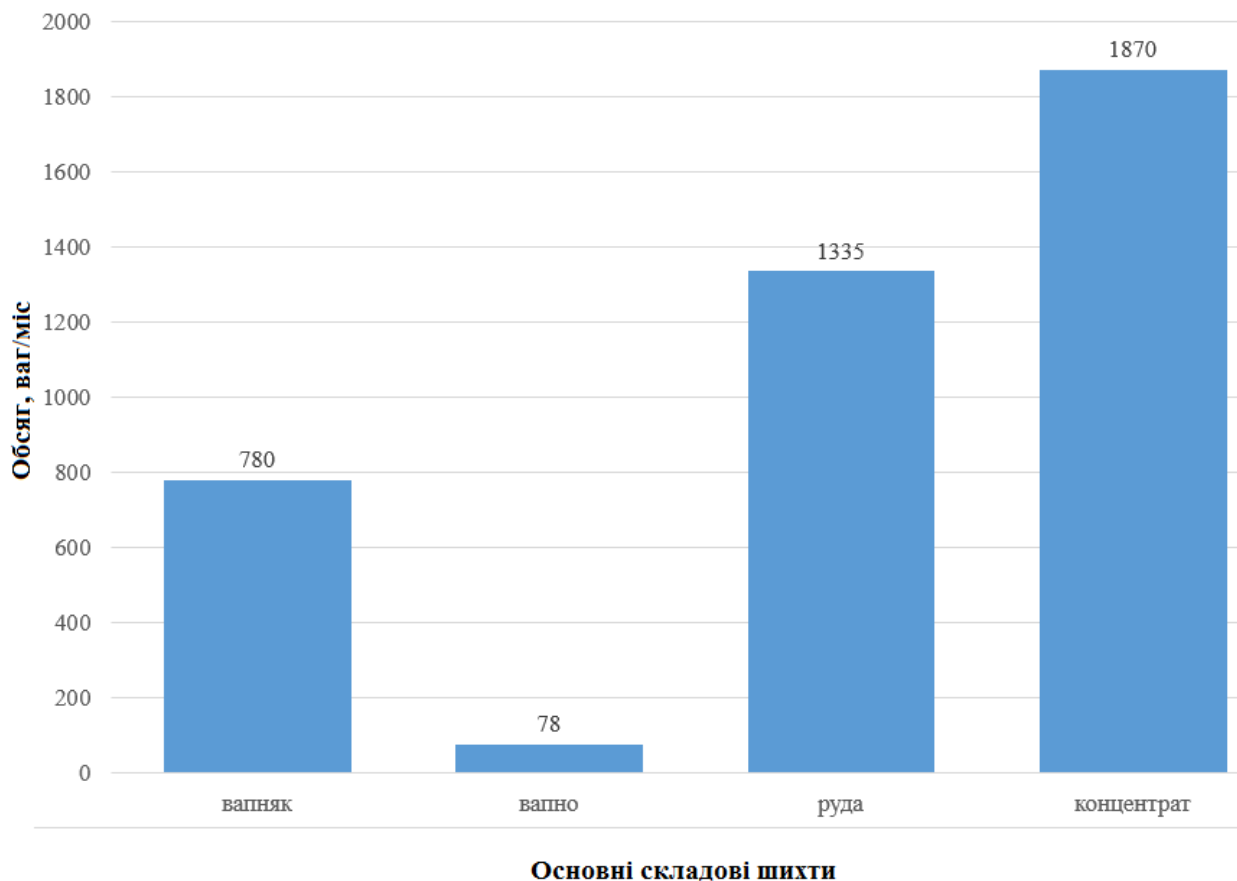


Рисунок 2.2 – Аналіз кількості надходження вагонів по основних складових шихти для виплавлення чавуну

У процентному співвідношенні до загального обсягу частка кожної складової шихти становить:

- вапняк – 19%;
- вапно – 2%;
- руда – 33%;
- концентрат – 46%.

2.2 Розробка моделі доставки сировини

В даному розділі представлено опис імітаційної моделі доставки сировини – складових елементів шихти для доменного виробництва за умови зміни її складу.

На рисунку 2.3 показаний загальний вигляд моделі, виконаної в середовищі Енілоджік [9,10].

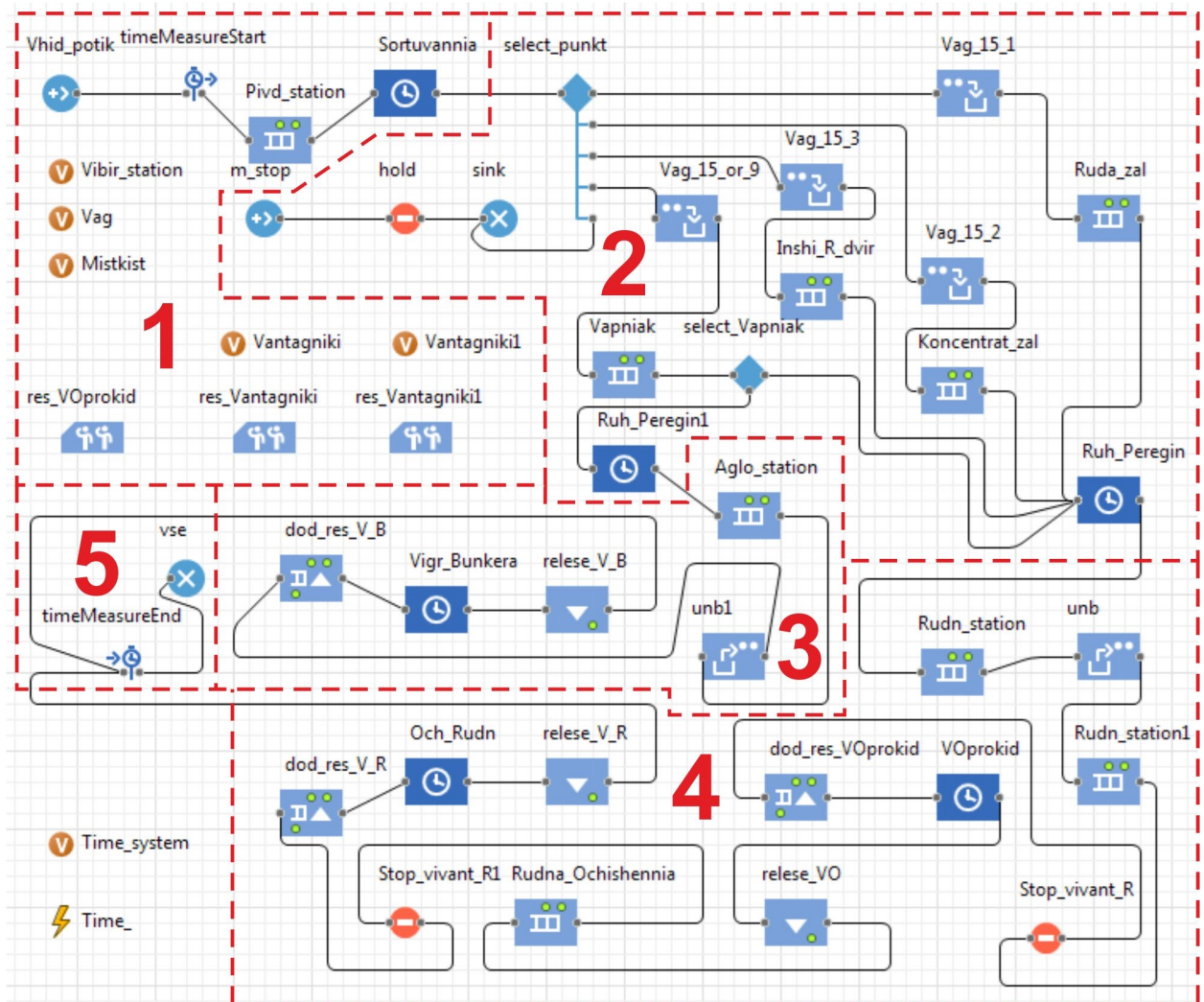


Рисунок 2.3 – Загальний вигляд моделі

Для зручності сприйняття подальшого опису, модель умовно поділена на блоки:

- блок 1 – задає основні параметри моделі та описує логіку просування вагонів з вантажами до станції Південна;
- блок 2 – описує логіку доставки вагонів від станції Південна до бункерів та рудного двору доменного цеху;
- блок 3 – описує процес вивантаження на бункерах;
- блок 4 – описує процес вивантаження на рудному дворі;
- блок 5 – блок збору даних часу перебування вагонів в системі.

2.2.1 Опис програмного блоку №1

Програмний блок №1 показаний на рисунку 2.4.

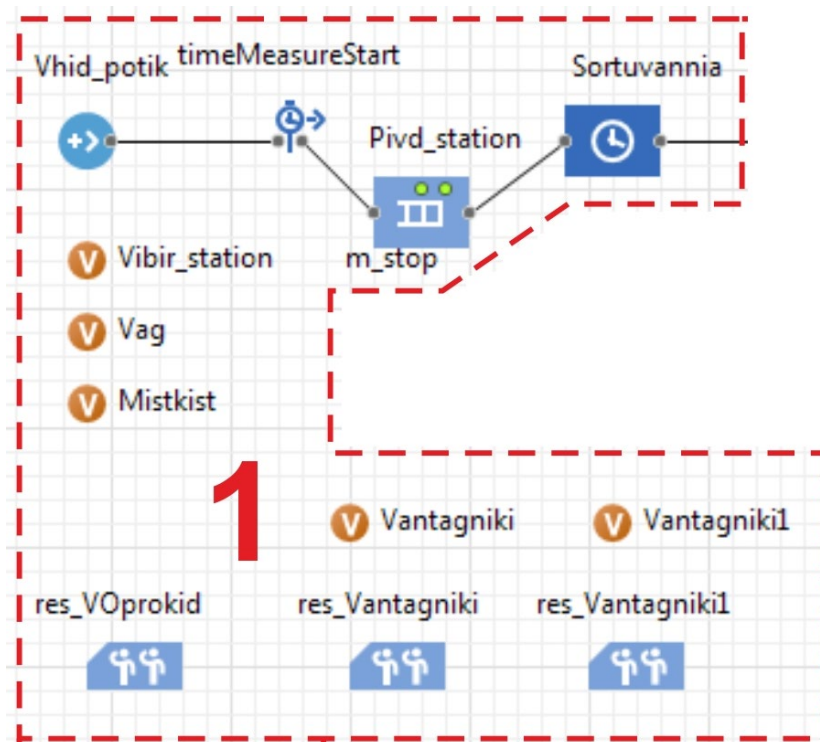


Рисунок 2.4 – Програмний блок №1

Перший елемент блоку 1 – генератор заявок Vhid_potik, показаний на рисунку 2.5, який пов'язаний зі змінними Vibir_station, Vag та Mistkist.

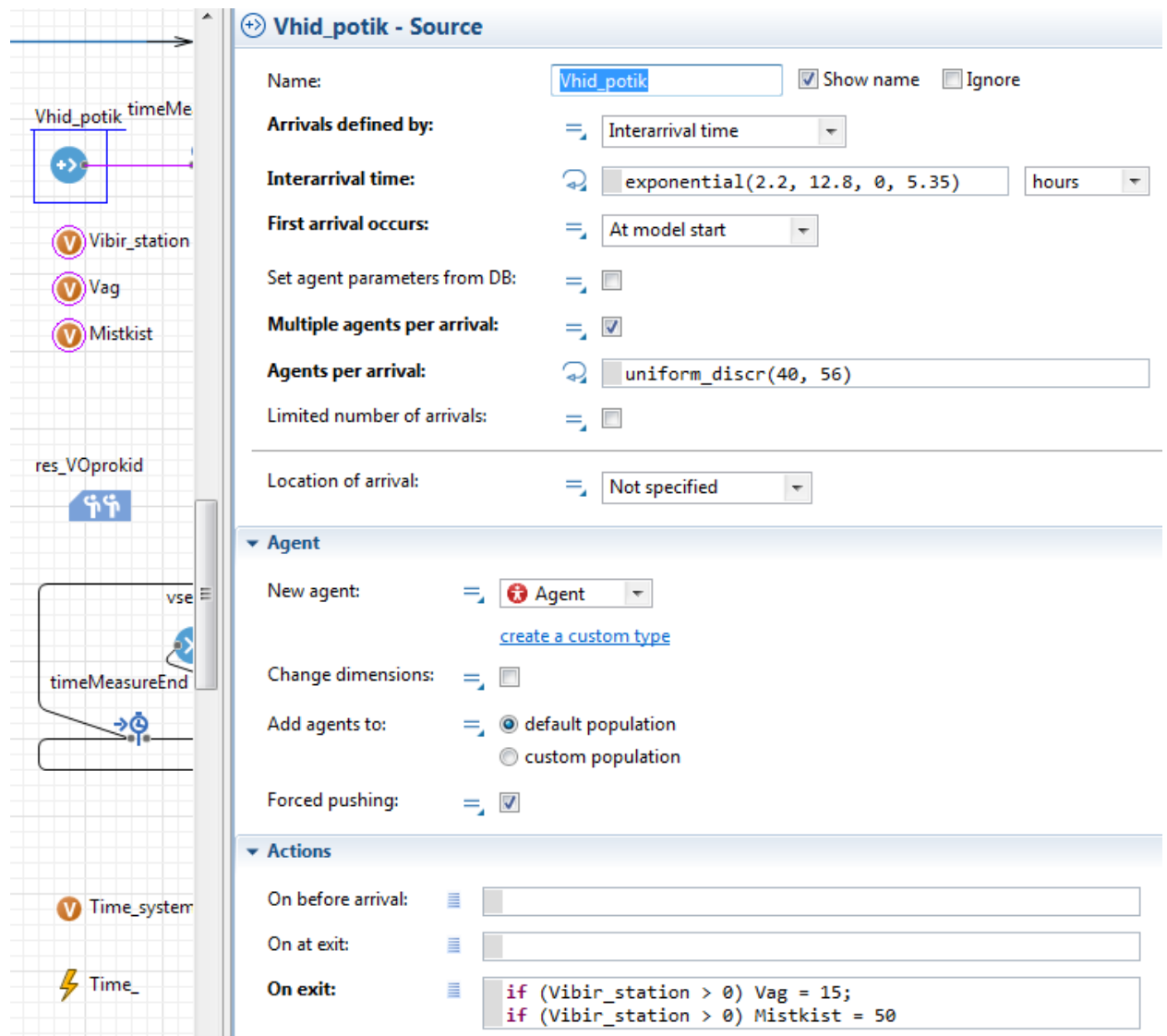


Рисунок 2.5 – Елемент Vhid_potik

Vhid_potik задає інтенсивність надходження вагонів за експоненціальним законом з параметрами, визначеними при виконанні статистичного аналізу у попередньому розділі:

exponential(2.2, 12.8, 0, 5.35).

Кількість вагонів задається рівномірним законом:

`uniform_discr (40, 56),`

– за даними підприємства розмір складу коливається від 40 до 56 вагонів.

Перший поїзд генерується одразу при запуску програми (First arrival occurs – at model start).

Одразу при виході замовлення з елементу `Vhid_potik` (параметр «On exit») визначаються значення змінних `Vag` та `Mistkist` в залежності від змінної `Vibir_station` (рисунок 2.6).

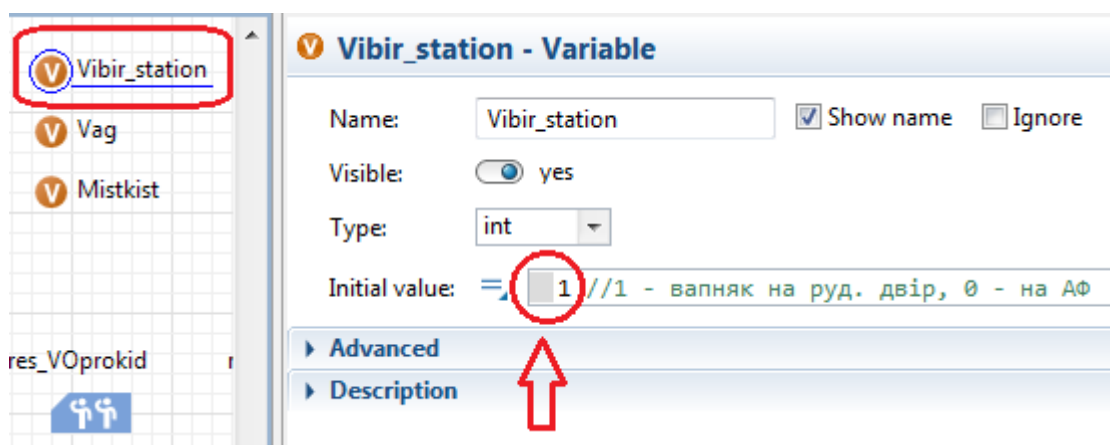


Рисунок 2.6 - Змінна `Vibir_station`

Значення цієї змінної задається у якості параметру перед запуском програми для визначення технології роботи: вивантаження вапняку на рудному дворі (`Vibir_station = 1`) або на бункерах (`Vibir_station = 0`), що позначено у коментарях у полі Initial value на рисунку 2.6.

У разі вивантаження на бункерах, кількість вагонів у складах за нормативними документами, зокрема, технічно-розпорядчим актом станції, повинна становити 9 вагонів (за замовченням це значення присвоюється змінній `Vag`, що показано на рисунку 2.7).

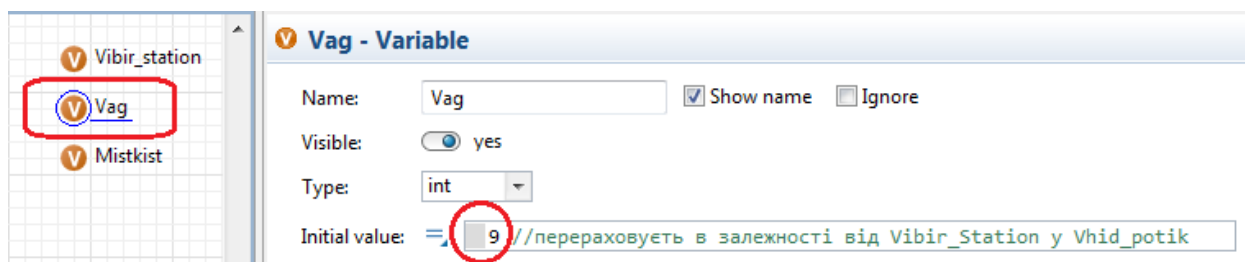


Рисунок 2.7 – Змінна Vag

Якщо параметр $Vibir_station = 1$, тобто є більшим 0, значення змінної Vag змінюється на 15, що видно на рисунку 2.5.

Змінна Mistkist встановлює розмір черги вагонів, які очищаються на рудному дворі після вивантаження на вагоноперекидочеві.

Якщо вапняк вивантажувати на 4-й колії парку «Бункери» ст. Аглофабрики, то очищення можливе тільки на рудному дворі, а якщо – ні, то ця колія може використовуватись для цього ($Mistkist = 50$ – рисунок 2.5). Якщо ні, місткість колії обмежена 10 вагонами – рисунок 2.8. При невеликій кількості вантажників та інтенсивному надходженні вантажів даний параметр може впливати на роботу вагоноперекидача, який треба зупиняти у разі заповнення колії з вивантаженими, але не очищеними вагонами [11].

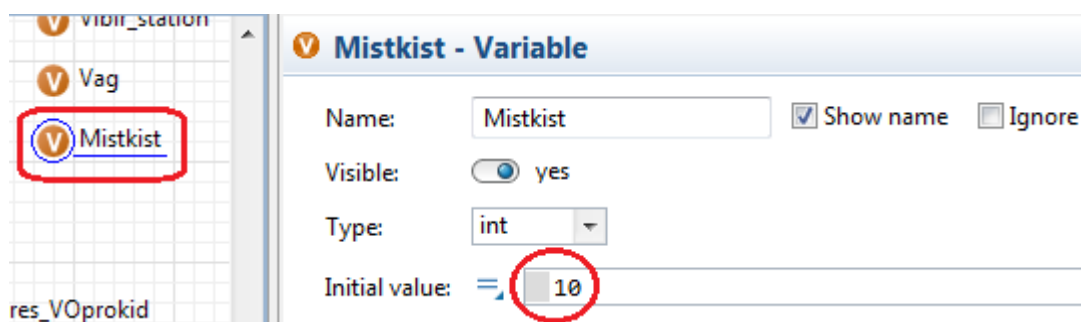


Рисунок 2.8 – Змінна Mistkist

Створені групові заявки надходять до елемента timeMeasureStart, де фіксується час надходження в систему (рисунок 2.9).

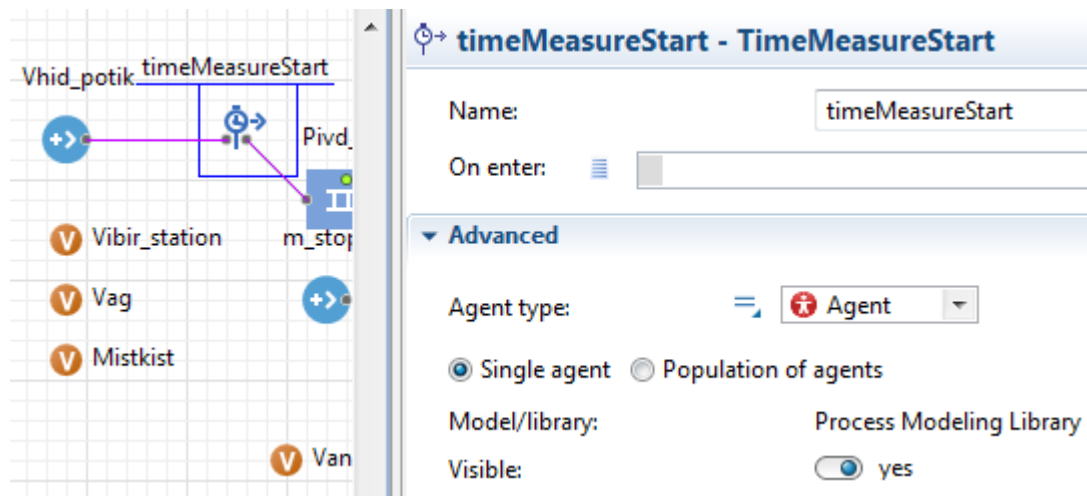


Рисунок 2.9 - Елемент timeMeasureStart

Далі по ланцюгу – елемент накопичення Pivd_station с максимальною місткістю черги та елемент затримки Sortuvannia (60 хвилин) – операції з прибуття, огляду, розформування, сортування та підготовки составів на вивантаження (рисунок 2.10).

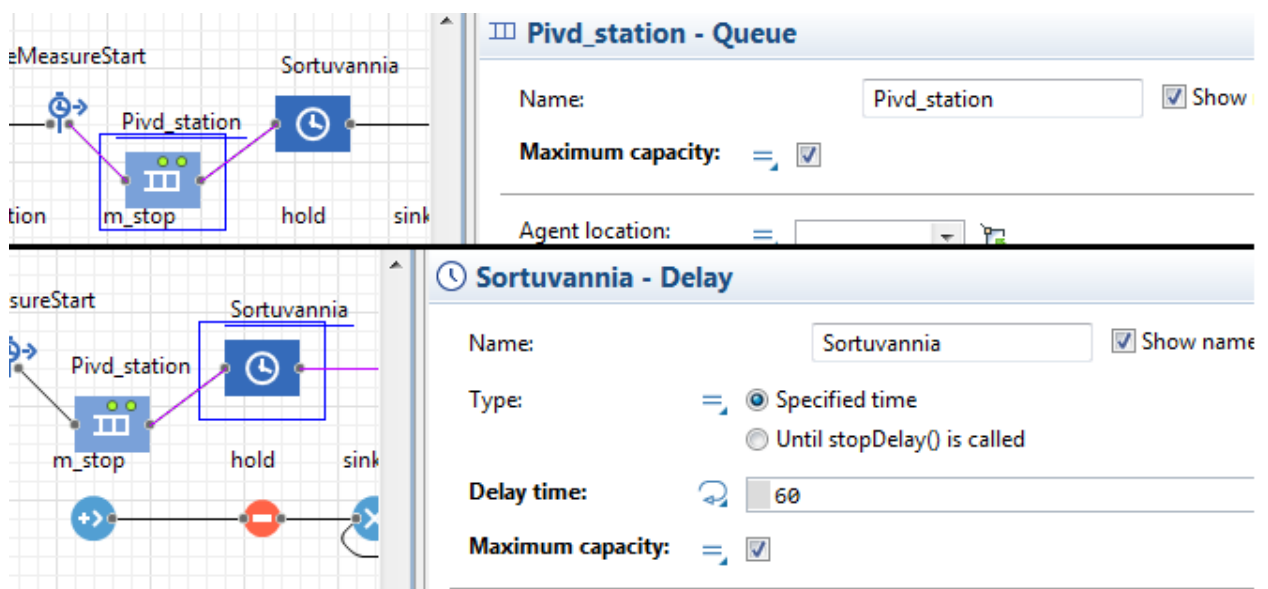


Рисунок 2.10 – Елементи Pivd_station та Sortuvannia

Крім вищезазначених елементів, в блоці 1 присутні ще дві змінні, показані на рисунку 2.11:

- Vantagniki – визначає кількість персоналу, зайнятого очищенням вагонів після розвантаження на баштовому вагоноперекидачі, величина, що змінюється при різних прогонах моделі;
- Vantagniki1 – визначає кількість персоналу на вивантаженні вагонів із вапняком на бункерах, величина постійна.

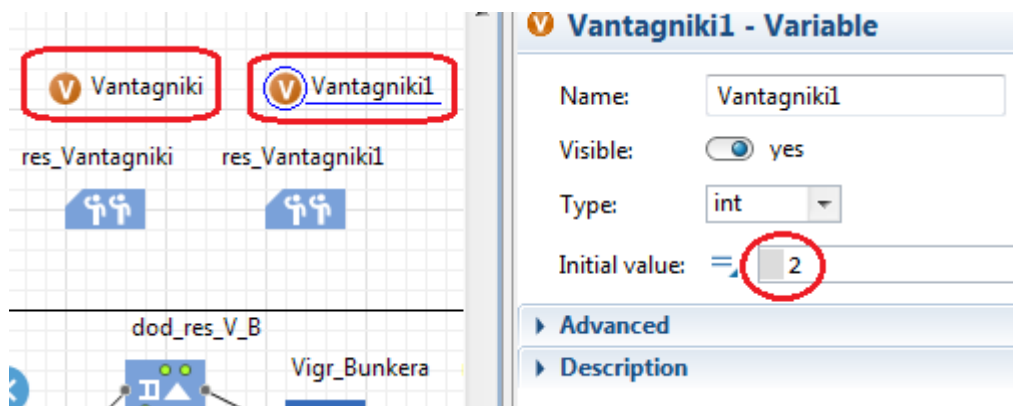


Рисунок 2.11 – Змінні, які задають кількість вантажників

Зазначені змінні пов'язані з відповідними однойменними елементами, які визначають кількість ресурсів (рисунок 2.12).

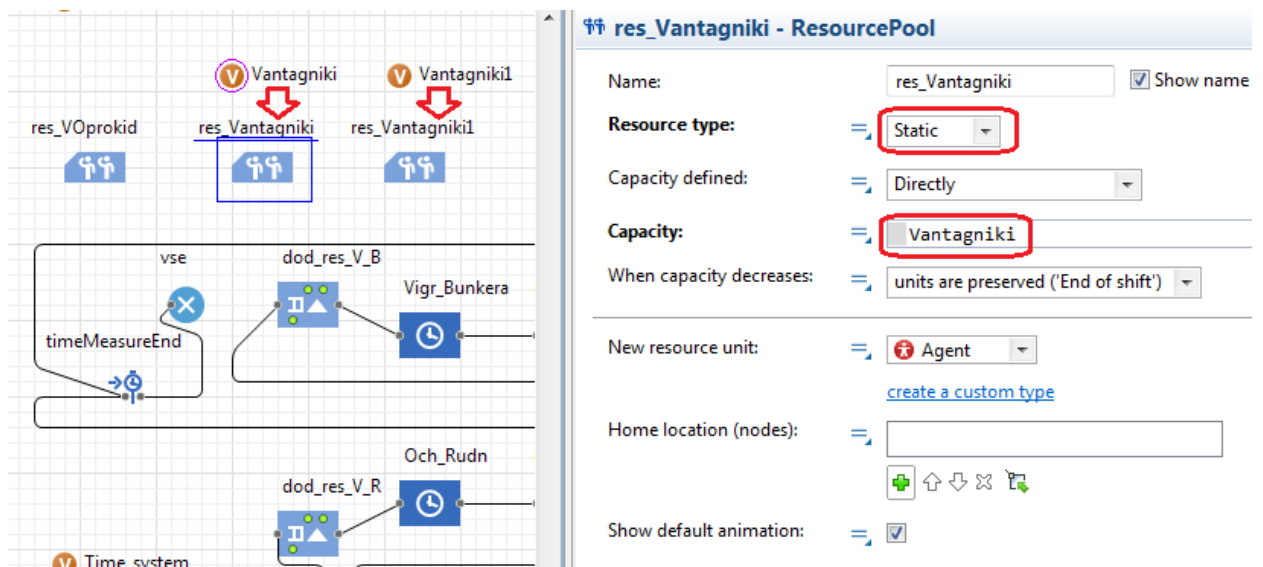


Рисунок 2.12 – Ресурси моделі

В роботі вони використані в якості статичних. Ресурс-вагоноперекидач представлений елементом `res_VOprokid`, теж статичний, параметри кількості ресурсів – 1.

2.2.2 Опис програмного блоку №2

Даний блок, представлений на рисунку 2.13, визначає алгоритм роботи з доставки вагонів до фронтів вивантаження.

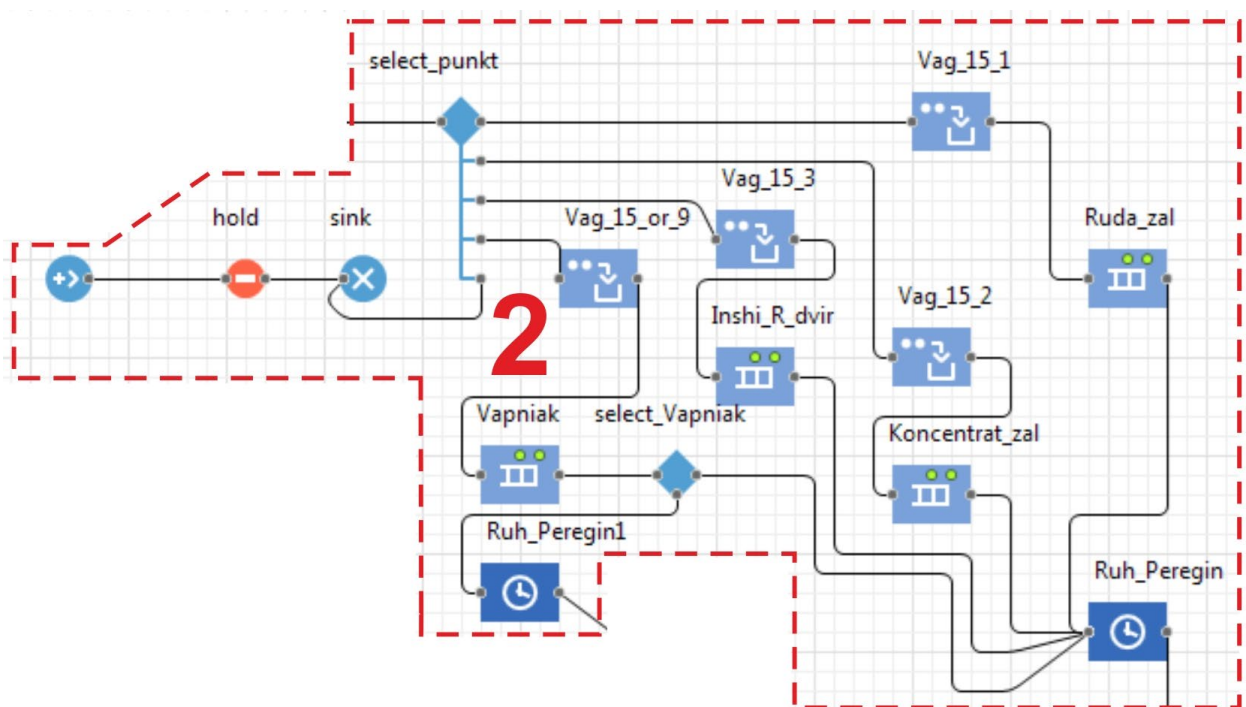


Рисунок 2.13 – Програмний блок №2

Перший, вхідний елемент блоку `select_punkt` розподіляє замовлення по пунктах вивантаження відповідно до виконаного в попередньому розділі статистичного аналізу, його параметри показані на рисунку 2.14.

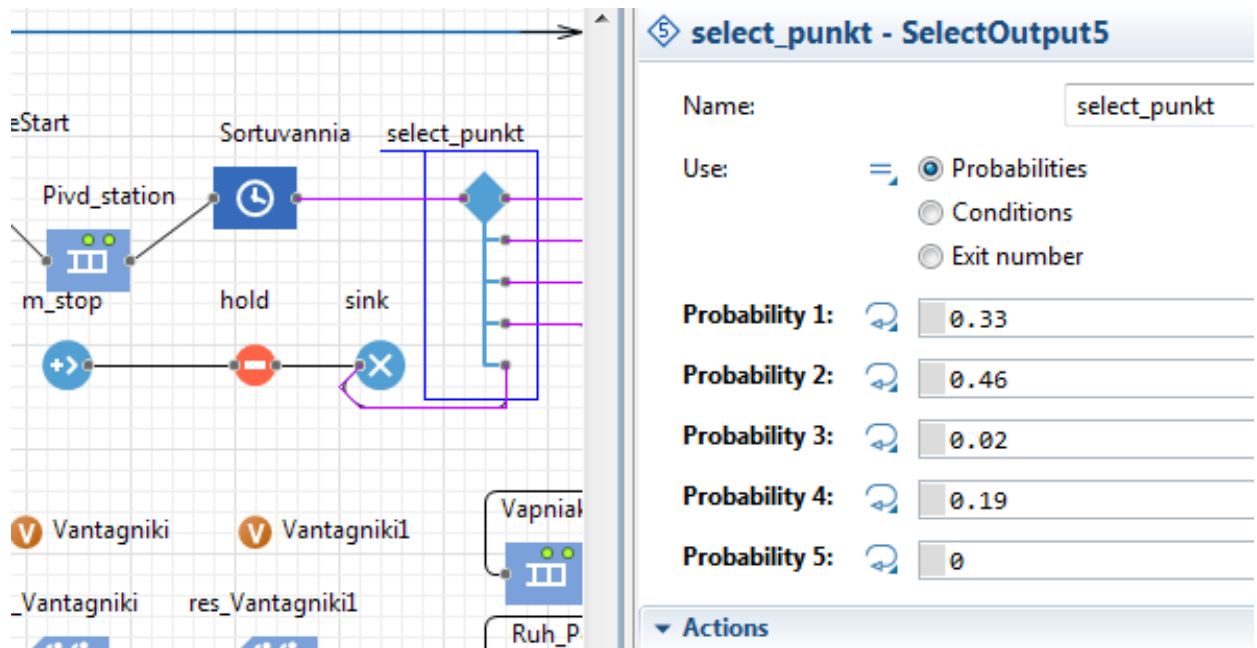


Рисунок 2.14 – Елемент select_punkt

Ймовірності розподілу вагонів задаються параметром Probability:

- з рудою до рудного двору – 0,33;
- з концентратом до рудного двору – 0,46;
- з вапном до рудного двору – 0,02;
- з вапняком до рудного двору або бункерів – 0,19.

Остання категорія елементу (кількість категорій фіксована – усього 5 одиниць) залишилась не витребуваною, тому її ймовірність зазначена – 0, та цей вихід елементу select_punkt для забезпечення правильного технічного функціонування програми, під'єднаний до елементу стоку-знищення замовлень sink.

Наступні елементи ланцюжків руху замовлень від select_punkt однотипні, групують вагони-заявки у партії:

- Vag_15_1 (руда);
- Vag_15_2 (концентрат);
- Vag_15_3 (вапно).

Параметр – розмір групи кожного з них фіксований і дорівнює 15, що показано на рисунку 2.15.

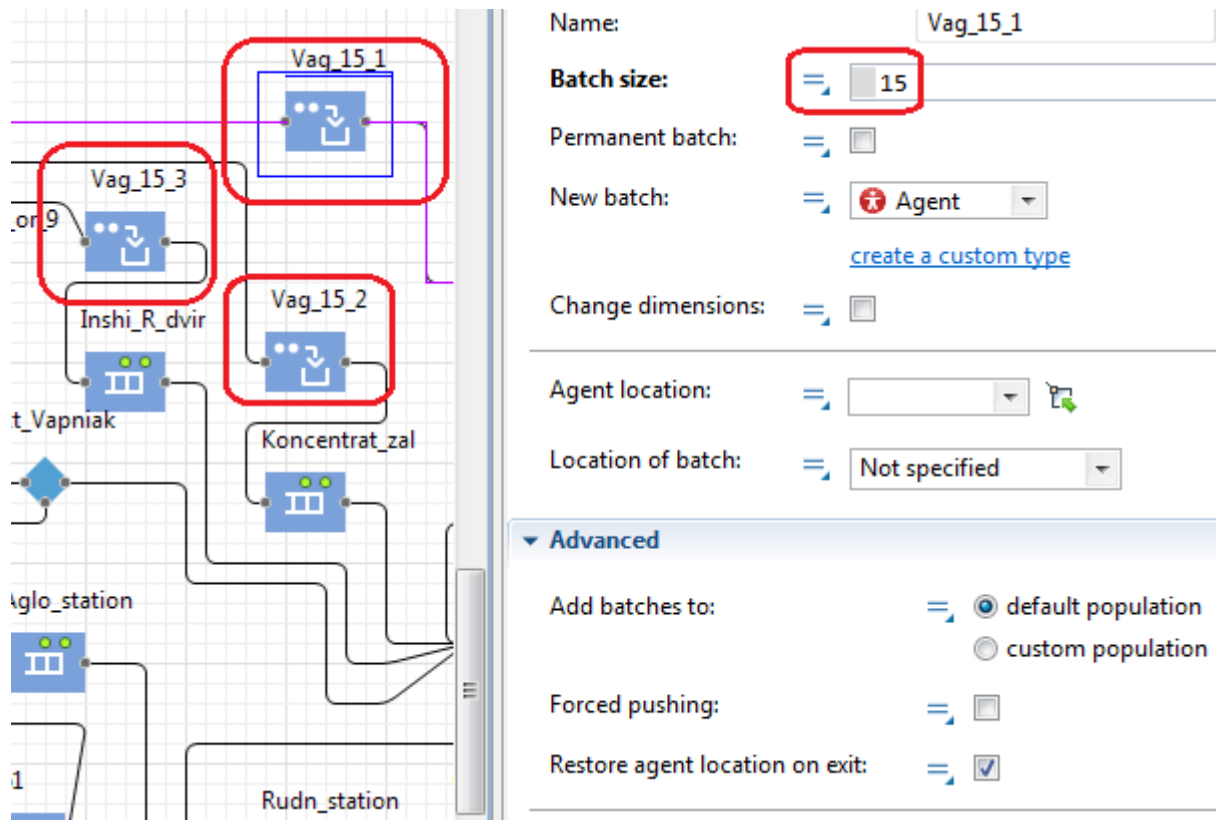


Рисунок 2.15 – Елементи Vag_15_1, Vag_15_2, Vag_15_3

Елемент Vag_15_or_9, показаний на рисунку 2.16 відрізняється тим, що його параметр розміру групи є змінним, визначається змінною Vag, яка на початку роботи встановлюється відповідно до технології роботи – 15 вагонів у разі вивантаження на рудному дворі, 9 вагонів при вивантаженні на бункерах.

Наступними елементами по всіх ланцюгах просування замовлень є черги, які показані на рисунку 2.17, з встановленим параметром максимального розміру.

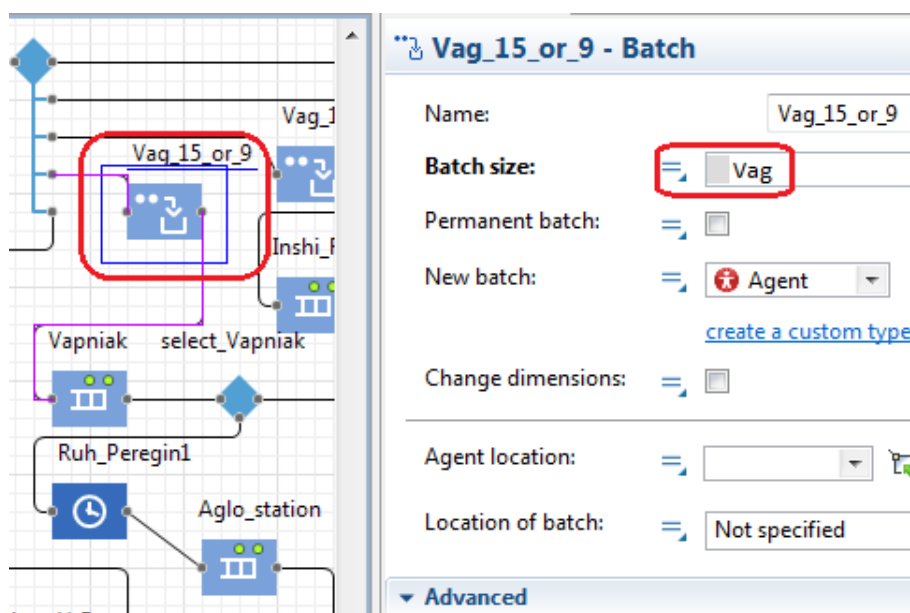


Рисунок 2.16 – Елемент Vag_15_or_9

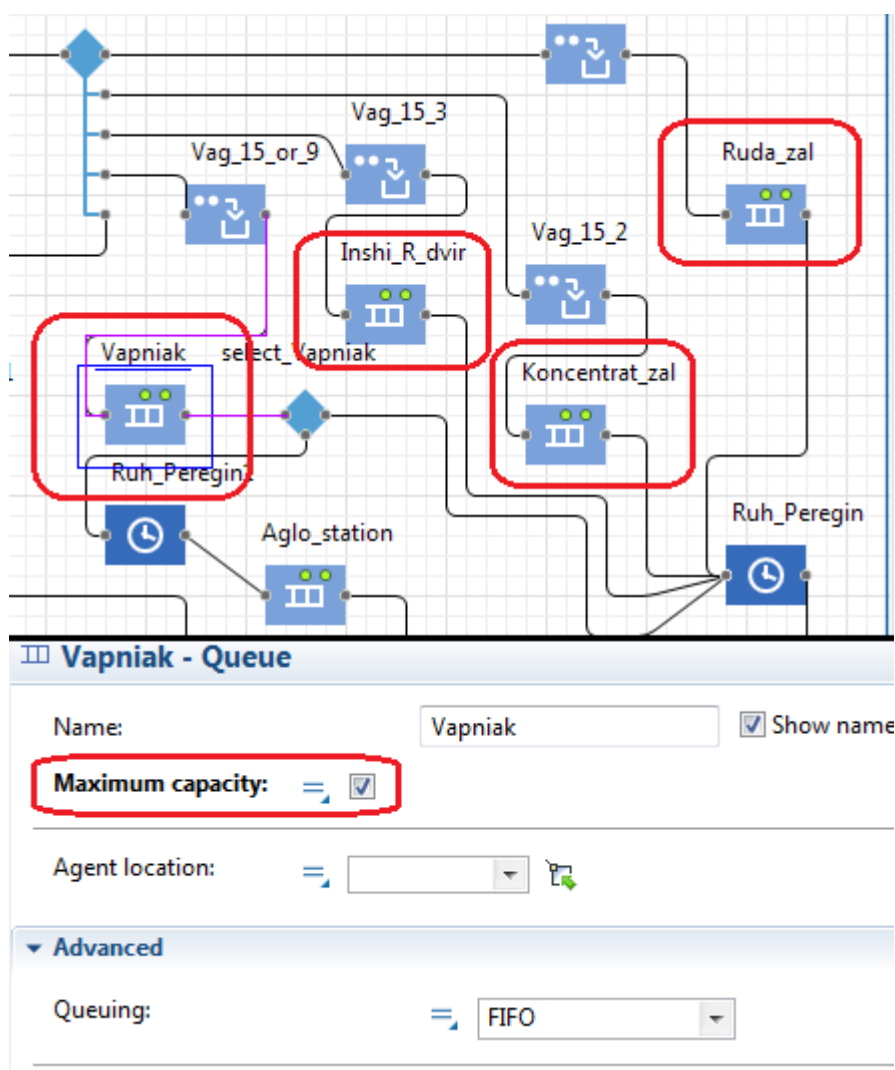


Рисунок 2.17 – Елементи черг по складовим шихти

Елемент вибору напрямку руху замовлень `select_Vapniak` працює відповідно до встановленої ймовірності згідно початкового параметру `Vibir_station` (1 – вапняк прямує до рудного двору, 0 – до бункерів), що показано на рисунку 2.18.

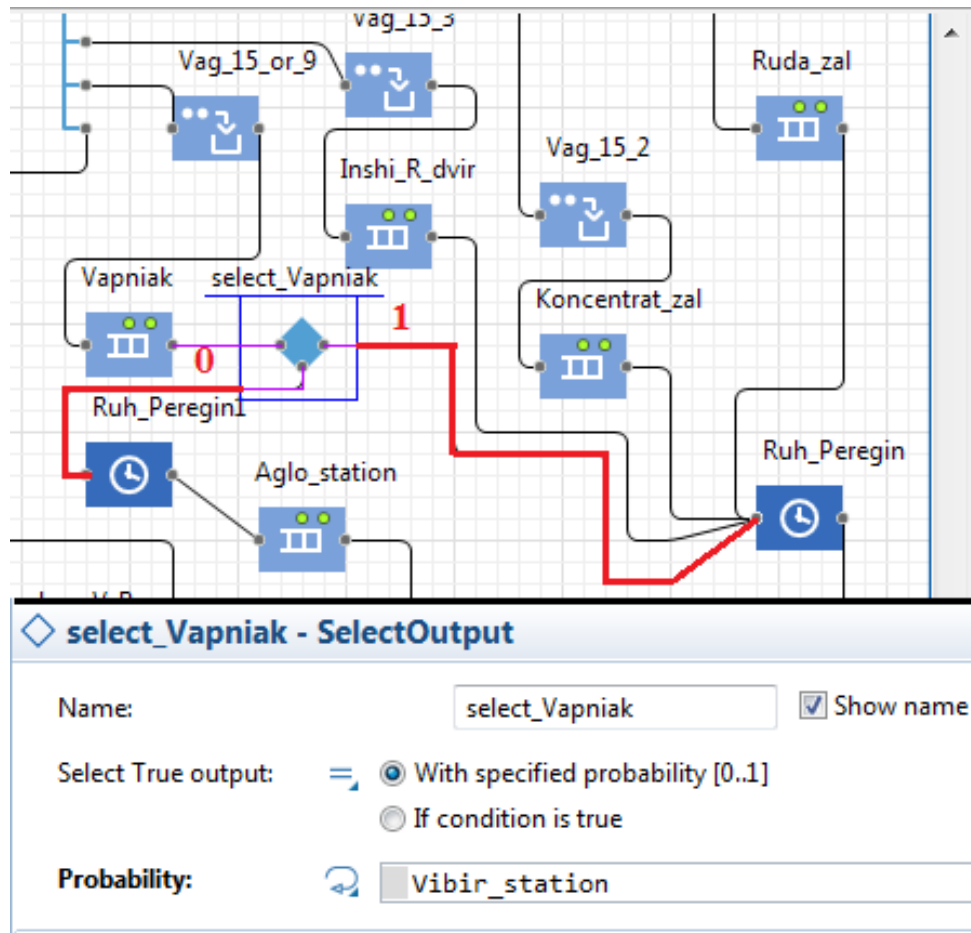


Рисунок 2.18 – Елемент `select_Vapniak`

Останні два однотипні елементи програмного блоку №2 `Ruh_Peregini` та `Ruh_Peregini1` враховують затримку вагонів, пов'язану з маневрами на станції та рухом составів по перегонах, що показано на рисунку 2.19.

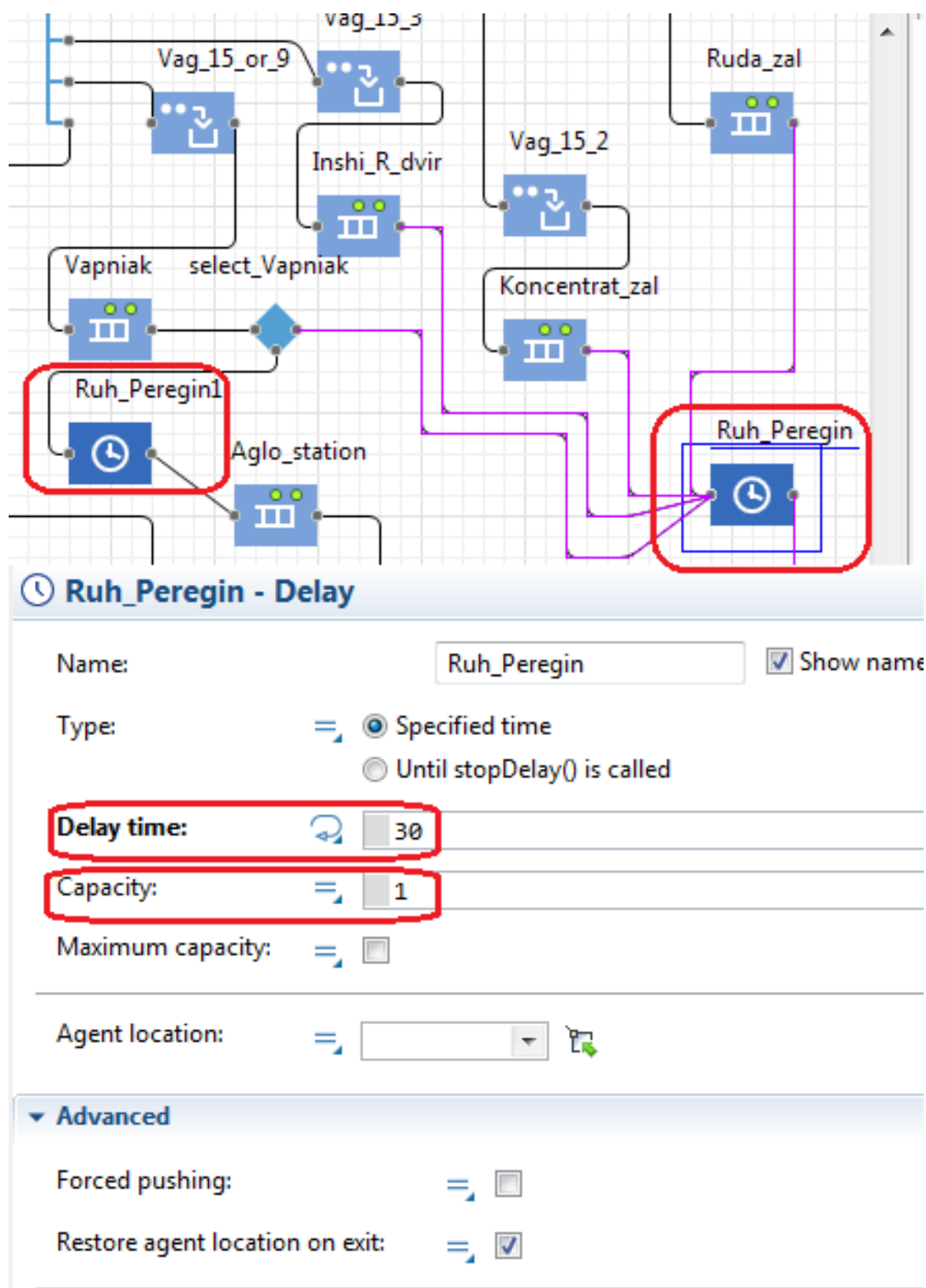


Рисунок 2.19 – Елементи Ruh_Peregin та Ruh_Peregin1

Переходимо до опису програмного блоку №3.

2.2.3 Опис програмного блоку №3

Даний блок, показаний на рисунку 2.20, описує логічний ланцюжок просування замовлень по технологічній лінії вивантаження на бункерах доменного цеху.

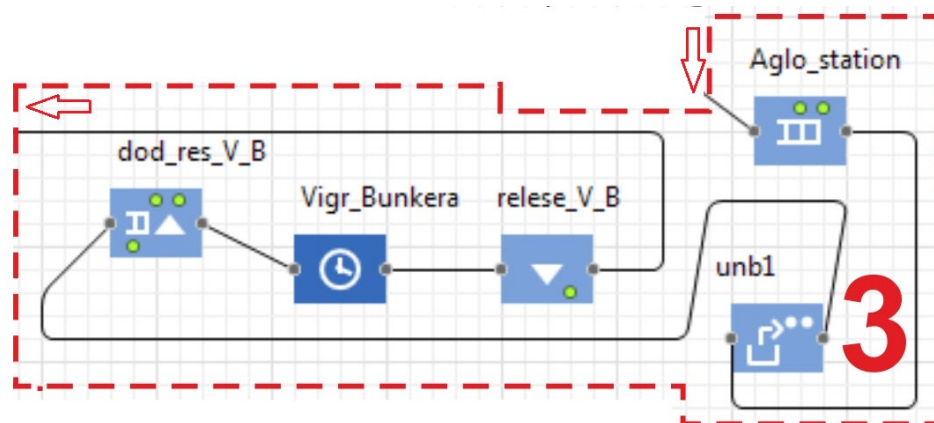


Рисунок 2.20 – Блок №3

Початковим елементом є черга Aglo_station, за ним іде елемент unb1 – виконує розгрупування замовлень (рисунок 2.21).

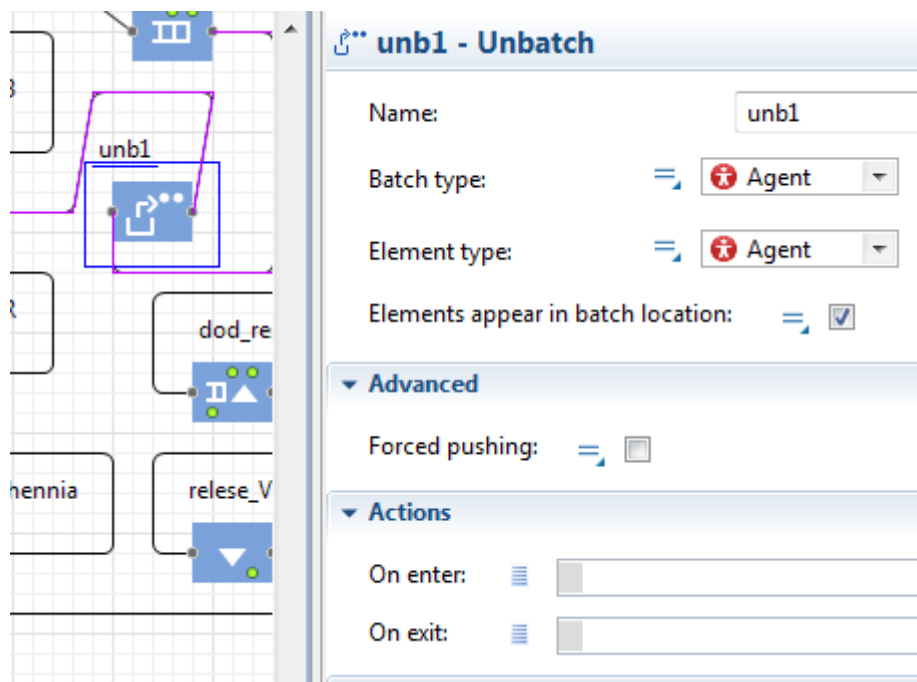


Рисунок 2.21 – Елемент unb1

Елемент `dod_res_V_B` приєднує до кожного замовлення-вагону – ресурс – вантажника, див. рисунок 2.22.

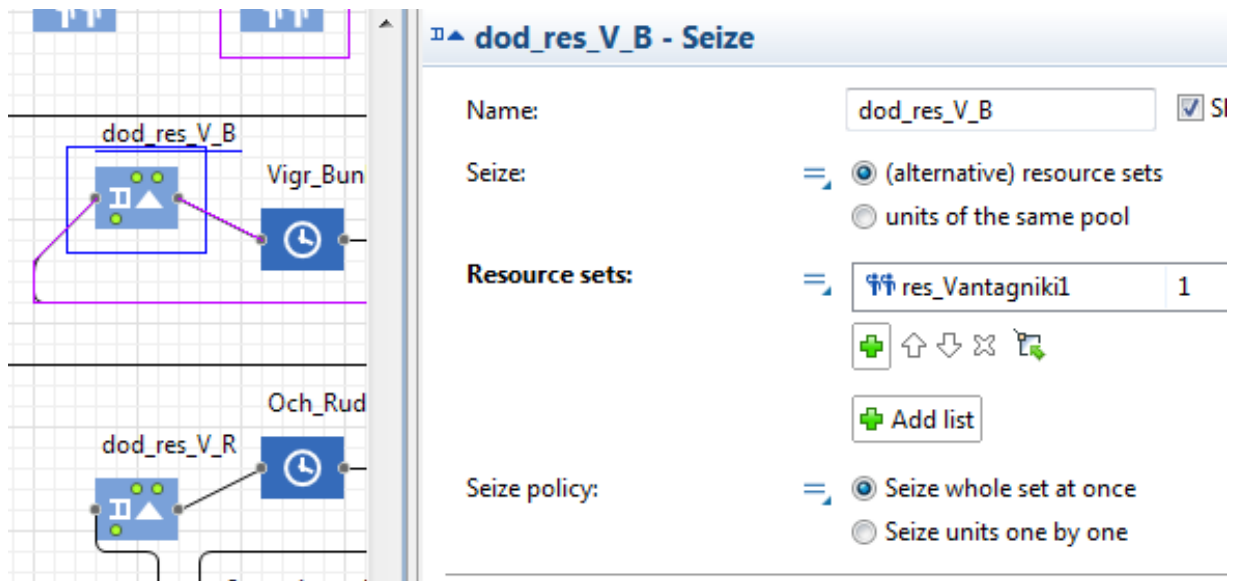


Рисунок 2.22 – Елемент `dod_res_V_B`

Елемент `Vigr_Bunkera` затримує замовлення із ресурсом, імітує вивантаження на бункерах на протязі 40 хвилин, див. рисунок 2.23.

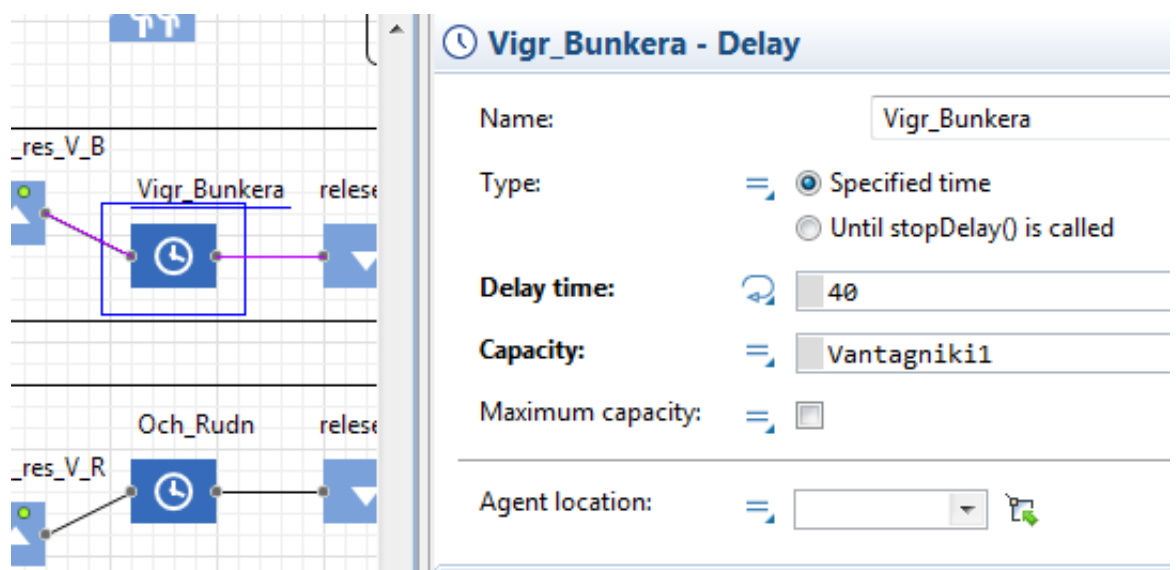


Рисунок 2.23 – Елемент `Vigr_Bunkera`

Елемент `release_V_B` від'єднує ресурс від замовлення по закінченню визначеного періоду робіт, див. рисунок 2.24.

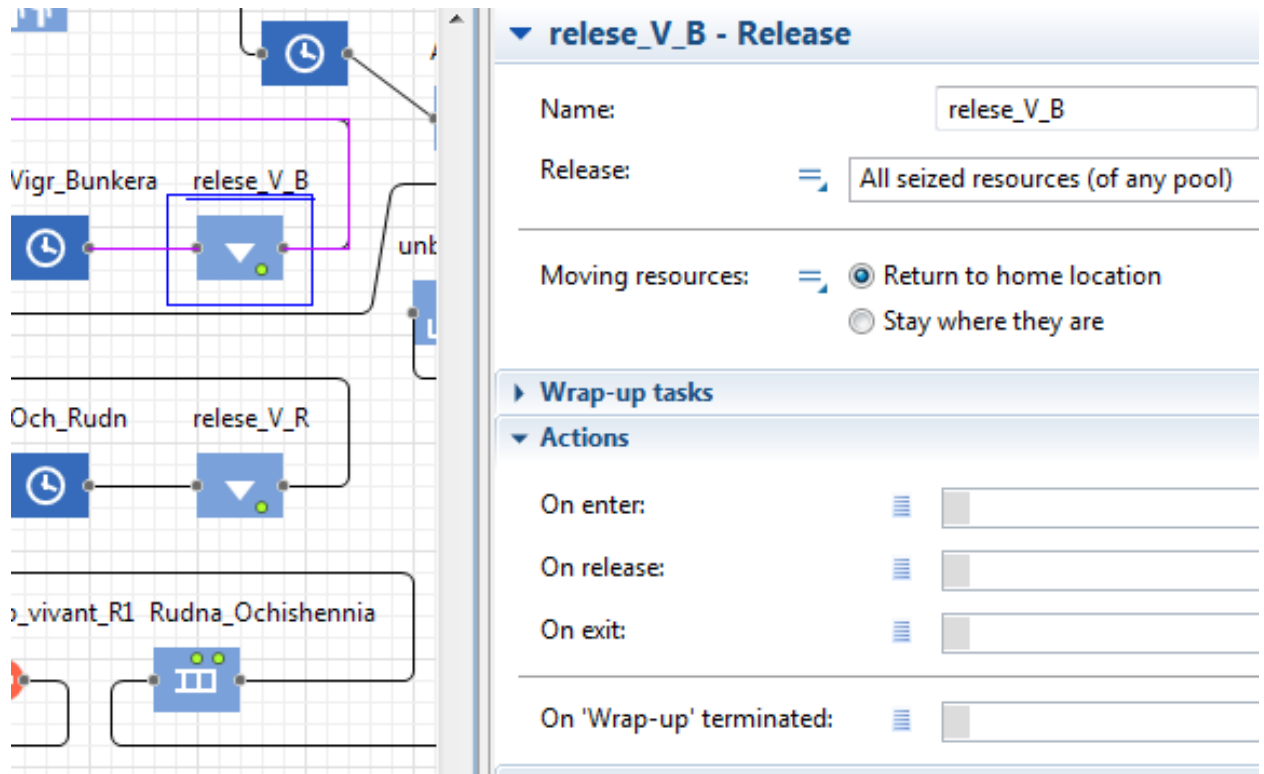


Рисунок 2.24 – Елемент `release_V_B`

Це остання операція в блоці №3, переходимо до опису наступного блоку програми.

2.2.4 Опис програмного блоку №4

Елементи блоку №4 показані на рисунку 2.25, та визначають процедуру імітації вивантаження на рудному дворі.

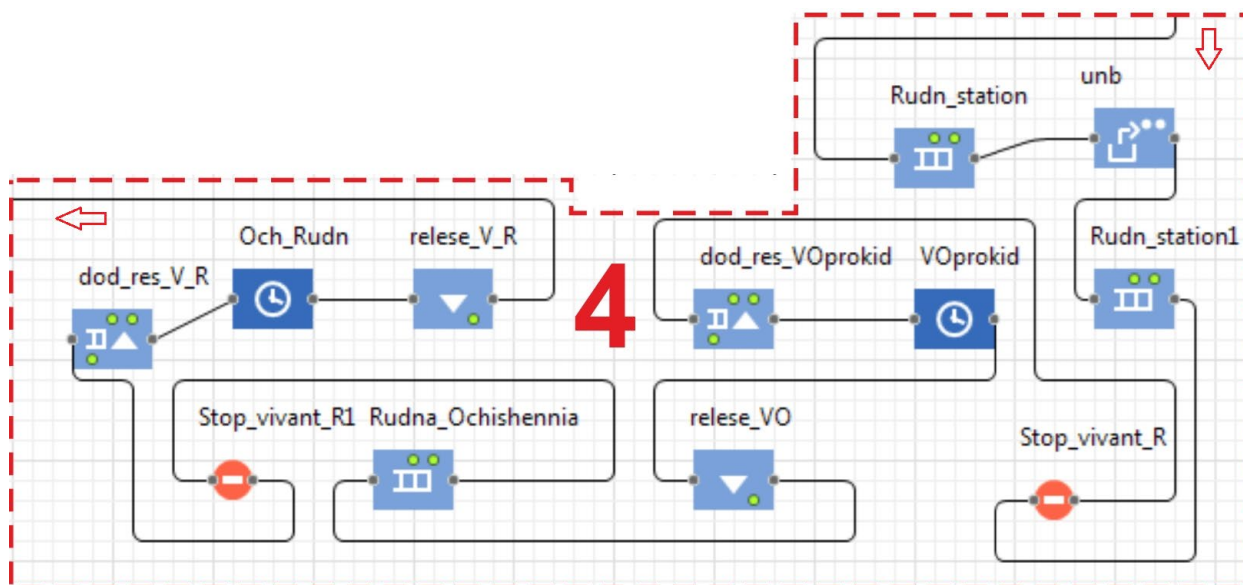


Рисунок 2.25 – Елементи блоку №3

Початкові ланки блоку:

- Rudn_station має місткість 1 – для одного групового замовлення – составу вагонів;
- unb – виконує розгруповання даного составу;
- Rudn_station1 – має максимальну місткість для приймання заявок групи.

Об'єкт Stop_vivant_R зупиняє просування заявок, в реальності – вивантаження, у випадку перевищення розміру черги Rudna_Ochishennia, що в реальності відповідає заповненню колії вивантаженими та не очищеними вагонами, див. рисунок 2.26.

Крім того, в об'єкті Rudna_Ochishennia замовлення-вагони затримуються об'єктом Stop_vivant_R в залежності від кількості ресурсів-вантажників Vantagniki, що також прописано в Rudna_Ochishennia:

```
if (Rudna_Ochishennia.size() < Vantagniki) Stop_vivant_R1.setBlocked(true);
if (Rudna_Ochishennia.size() >= Vantagniki) Stop_vivant_R1.setBlocked(false).
```

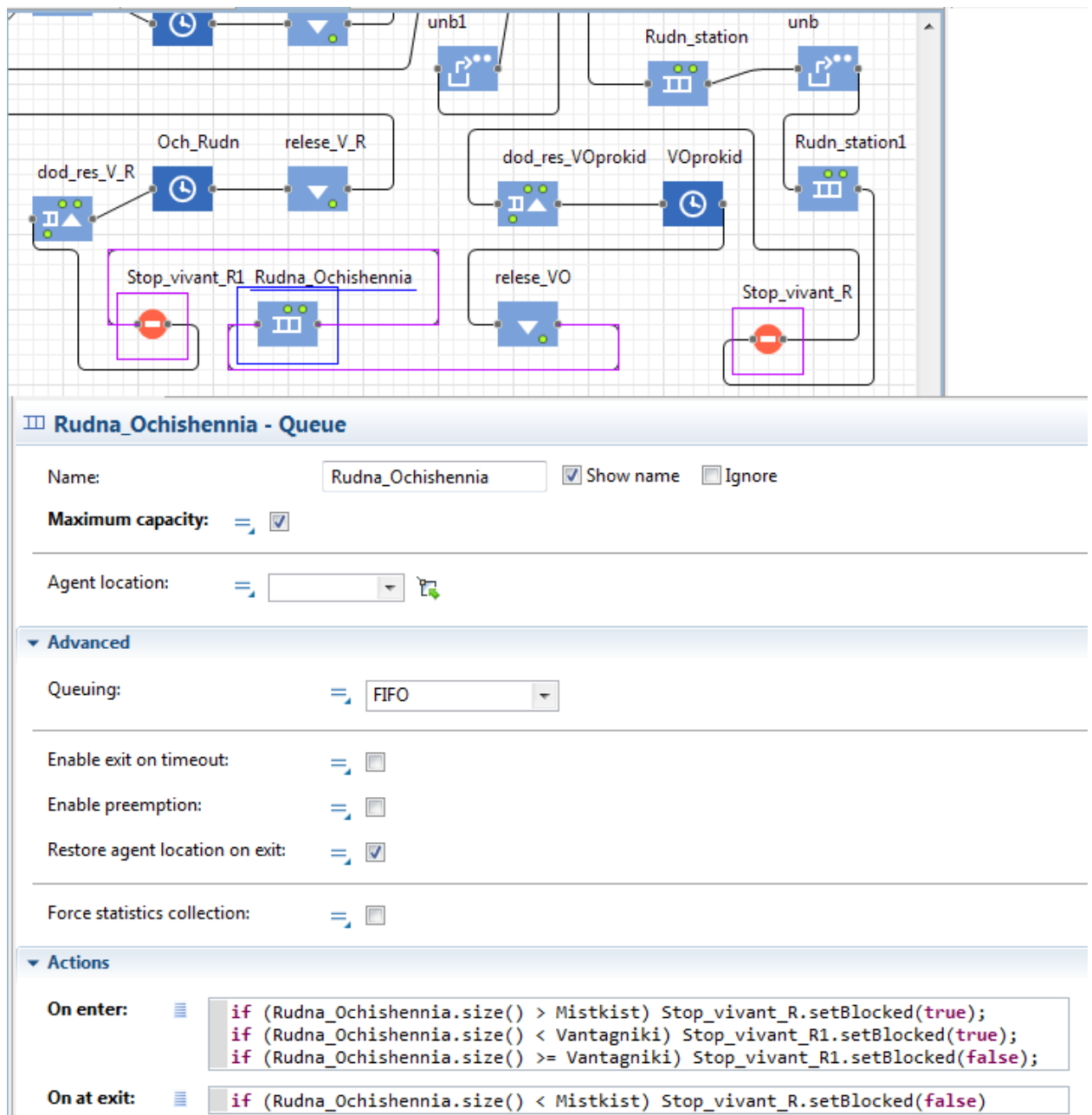


Рисунок 2.26 – Взаємодія об’єктів Rudna_Ochishennia, Stop_vivant_R, Stop_vivant_R1

Робота об’єктів dod_res_VOprokid – захват ресурсу-вагоноперекидача, VOprokid – імітація вивантаження шляхом затримки замовлення-вагону (рисунок 2.27), relese_VO – вивільнення ресурсу, аналогічно такому ж ланцюгу у блоці 3.

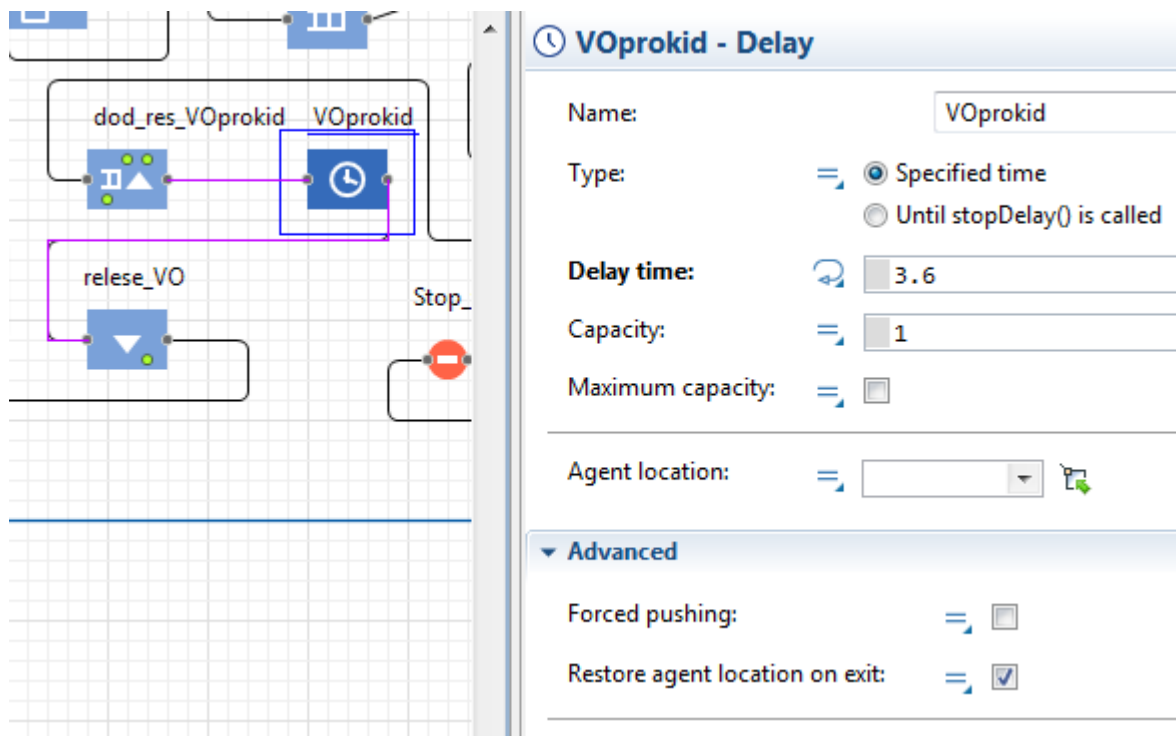


Рисунок 2.27 – Об’єкти dod_res_Voprokid, Voprokid, release_VO

За таким самим принципом функціонує зв’язка елементів dod_res_V_R – захват ресурсу, Och_Rudn – затримка (очищення вагону), release_V_R (вивільнення ресурсу) – рисунок 2.28.

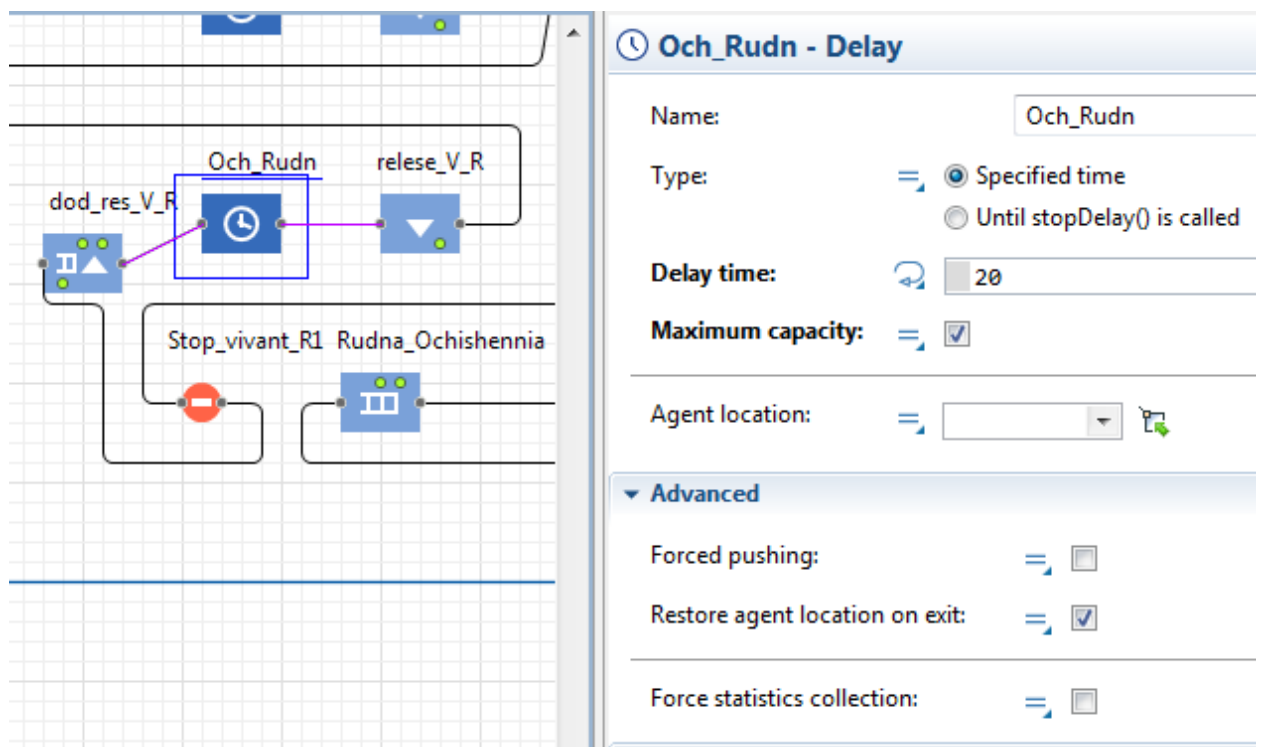


Рисунок 2.28 – Об’єкти dod_res_V_R, Och_Rudn, release_V_R

2.2.5 Опис програмного блоку №5

П'ятий блок – показаний на рисунку 2.29 – представлений об'єктами:

- timeMeasureEnd, який накопичує інформацію щодо часу перебування замовлень в системі – працює в зв'язці з об'єктом timeMeasureStart блоку №1;
- vse – об'єкт знищення замовлень, де накопичується статистика їх кількості.

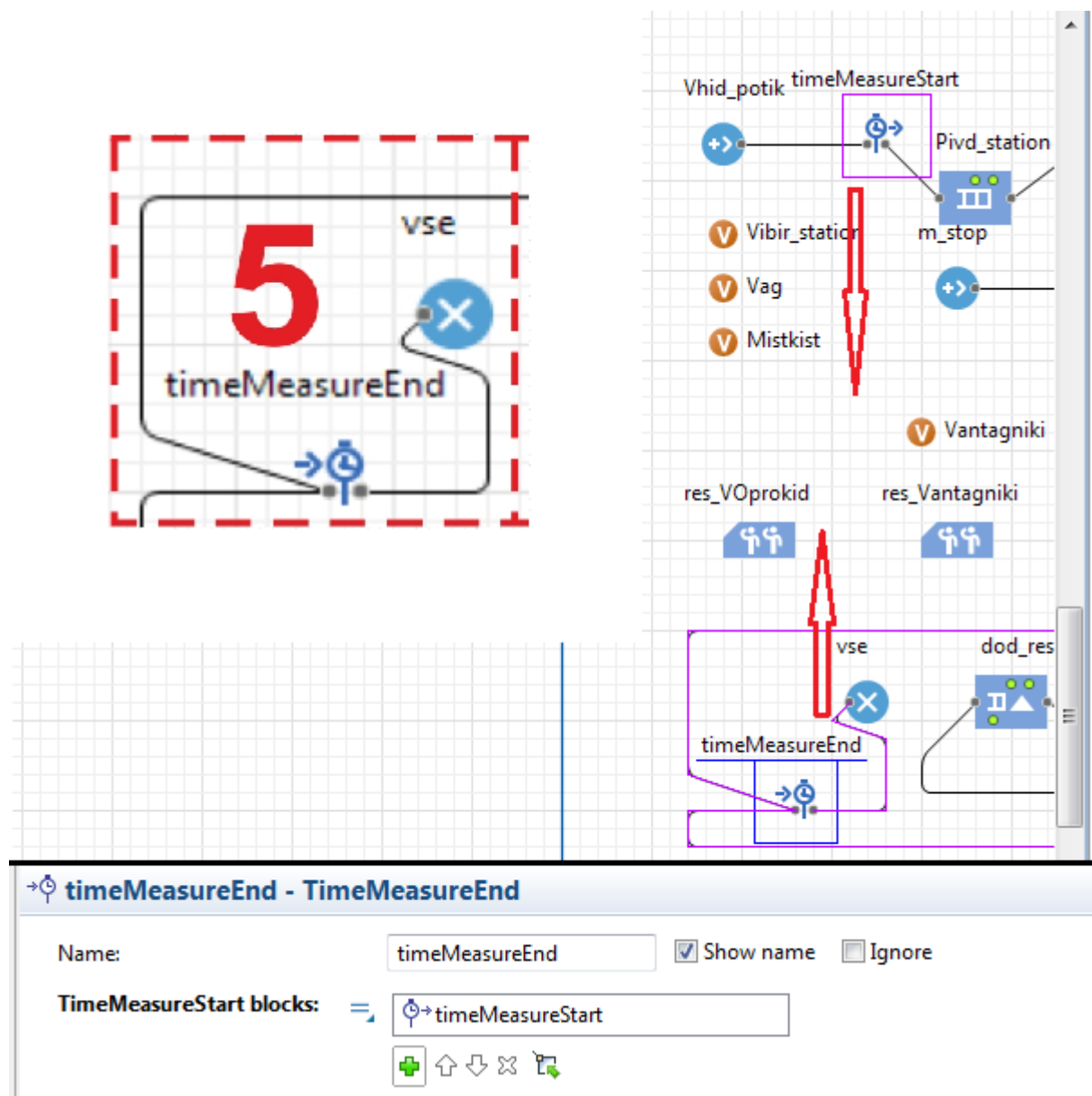


Рисунок 2.29 – П'ятий програмний блок та об'єкт timeMeasureEnd

2.3 Експериментальні дослідження

В ході виконання експериментів маємо можливість управління такими параметрами системи:

- вибір варіантів організації доставки та вивантаження вапняку або на вагоноперекидачі станції Рудна, або на консольній колії бункерної естакади;
- кількістю вантажників, які працюють на ділянці очищення вагонів – або на станції Рудна, або на станції Аглофабрика, в залежності від першого параметру.

Перший експеримент плануємо за параметрами:

- доставка вапняку здійснюється на бункерну естакаду;
- кількість вантажників на станції Рудна – 6 осіб, що становить на одну особу менше від максимальної кількості за звичайних умов роботи при плановій потужності виробництва.

Слід відмітити, що в цьому випадку на станції Аглофабрика повинні бути задіяні 2 вантажники для організації відкривання люків, вивантаження та очищення вагонів з вапняком.

Результати моделювання показані на рисунку 2.30.

Результати наступні:

- зайнятість вагоноперекидача становить 39%;
- рівень завантаженості 6 вантажників на очищенні – 36%;
- рівень завантаженості 2 вантажників на вивантаженні вапняку становить 53%;
- середня тривалість простою вагонів в системі (нижній лівий кут рисунку) становить 25018 с, або 6,9 години.

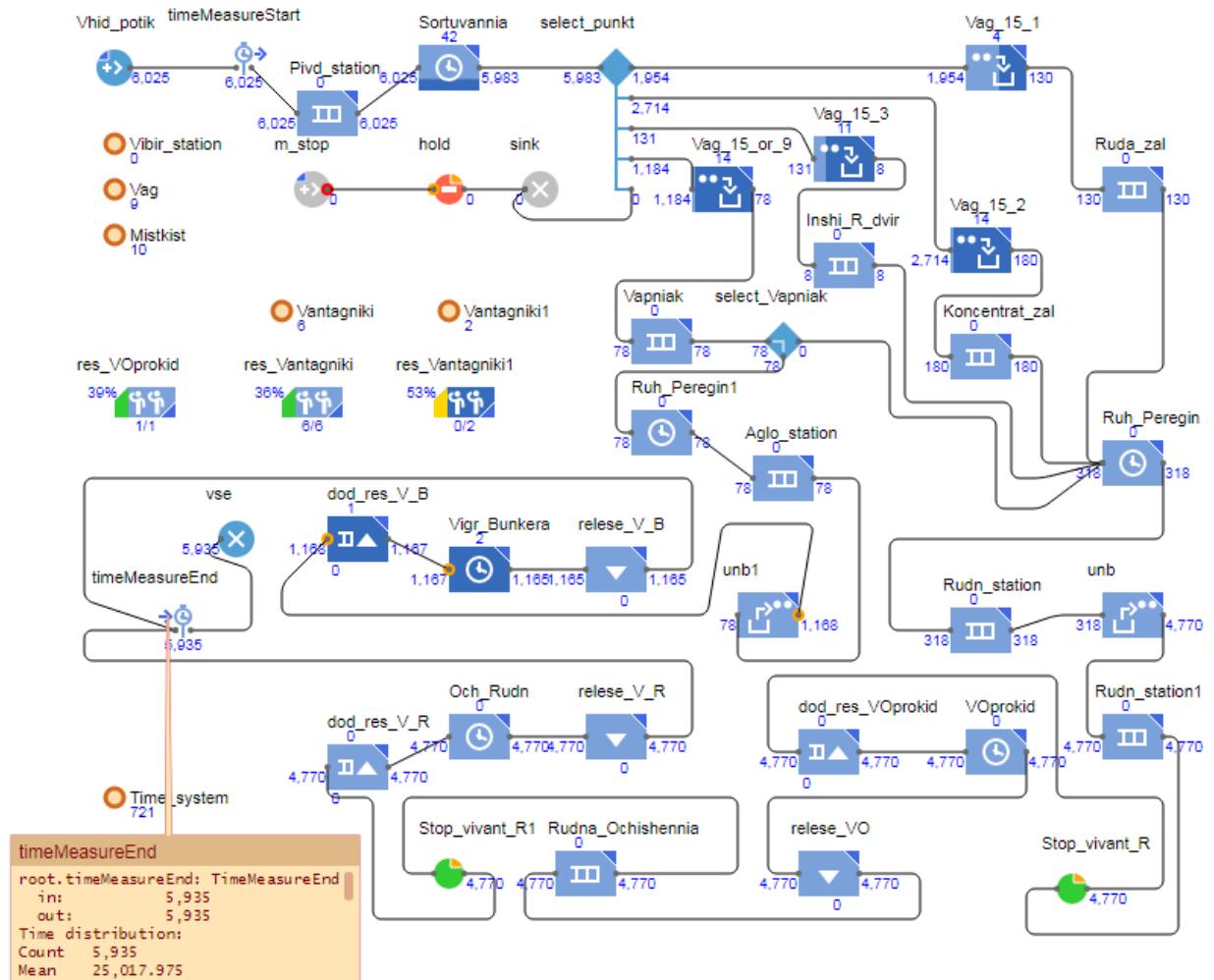


Рисунок 2.30 – Експеримент №1

Другий експеримент плануємо за параметрами:

- доставка вапняку здійснюється на бункерну естакаду;
- кількість вантажників на станції Рудна – 5 осіб;
- кількість вантажників на бункерах – 2 особи.

Результати моделювання показані на рисунку 2.31.

Результати наступні:

- зайнятість вагоноперекидача становить 39%;
- рівень завантаженості 5 вантажників на очищенні – 44%;
- рівень завантаженості 2 вантажників на вивантаженні вапняку становить 53%;
- середня тривалість простою вагонів в системі становить 7,1 години.

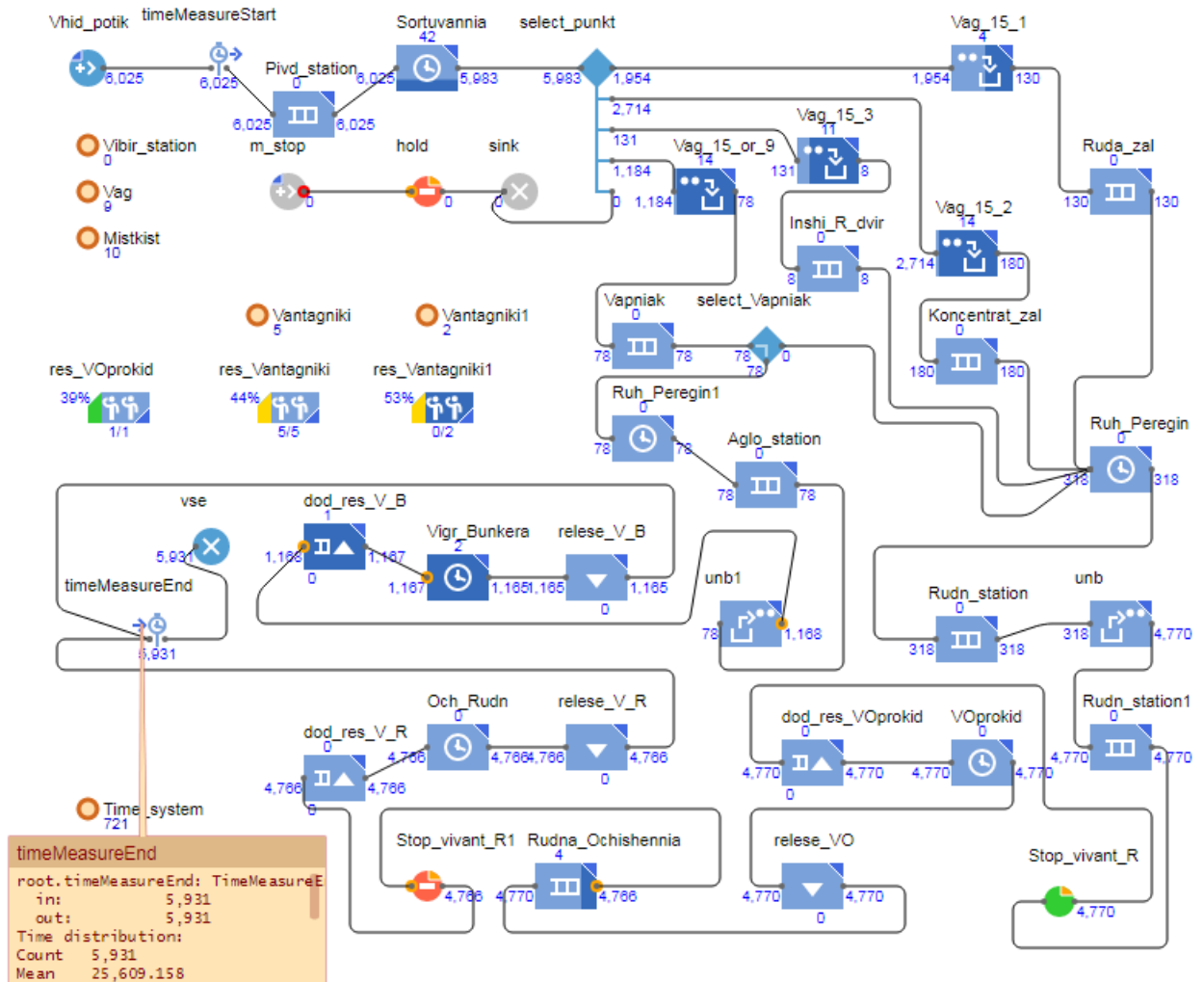


Рисунок 2.31 – Експеримент №2

Третій експеримент плануємо за параметрами:

- доставка вапняку здійснюється на бункерну естакаду;
- кількість вантажників на станції Рудна – 4 особи;
- кількість вантажників на бункерах – 2 особи.

Результати моделювання показані на рисунку 2.32.

Результати наступні:

- зайнятість вагоноперекидача становить 39%;
- рівень завантаженості 4 вантажників на очищенні – 55%;
- рівень завантаженості 2 вантажників на вивантаженні вапняку становить 53%;
- середня тривалість простою вагонів в системі становить 7,4 години.

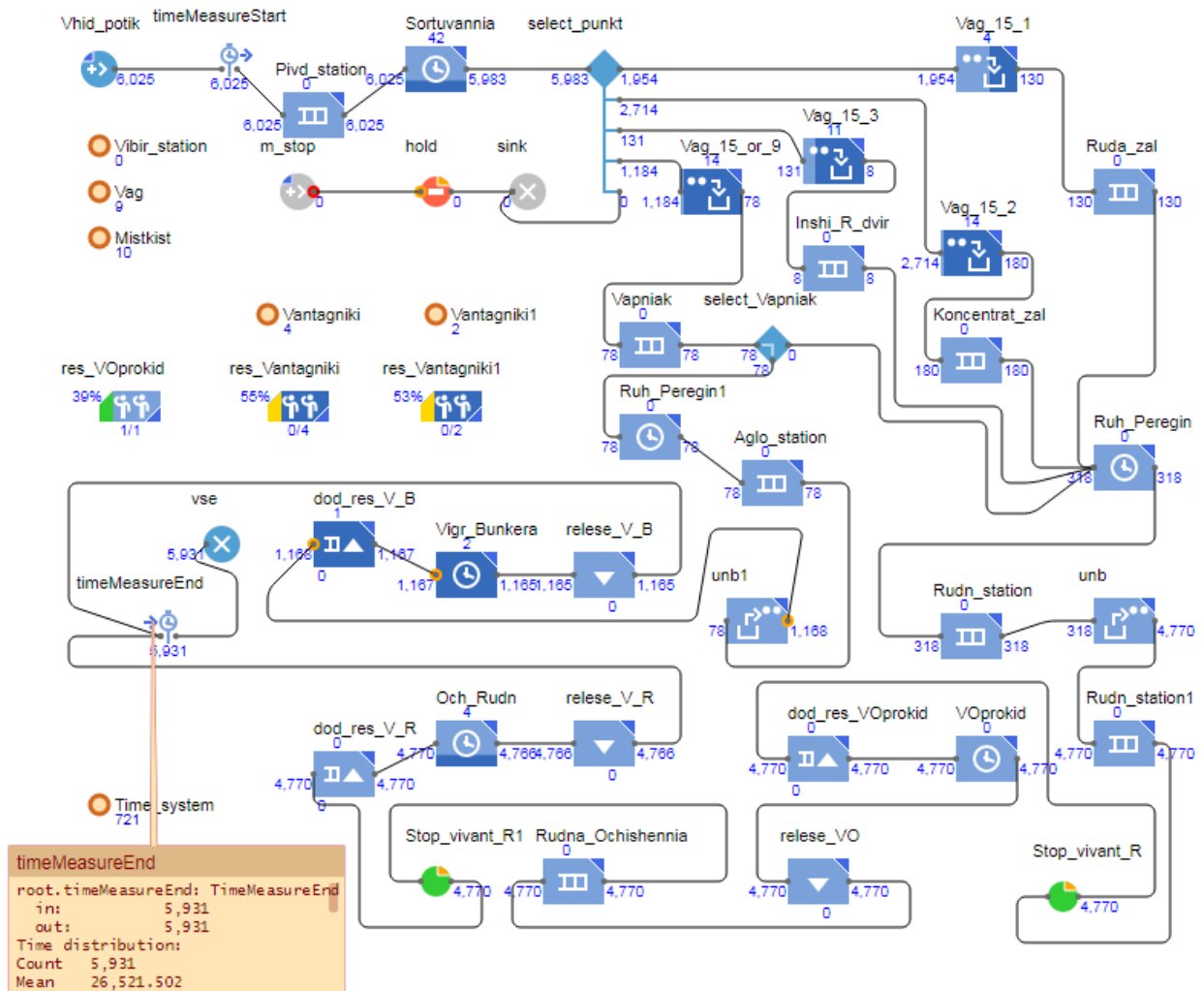


Рисунок 2.32 – Експеримент №3

Четвертий експеримент плануємо за параметрами:

- доставка вапняку здійснюється на бункерну естакаду;
- кількість вантажників на станції Рудна – 3 особи;
- кількість вантажників на бункерах – 2 особи.

Результати моделювання показані на рисунку 2.33.

Результати наступні:

- зайнятість вагоноперекидача становить 39%;
- рівень завантаженості 3 вантажників на очищенні – 73%;
- рівень завантаженості 2 вантажників на вивантаженні вапняку становить 53%;
- середня тривалість простою вагонів в системі становить 8,9 години.

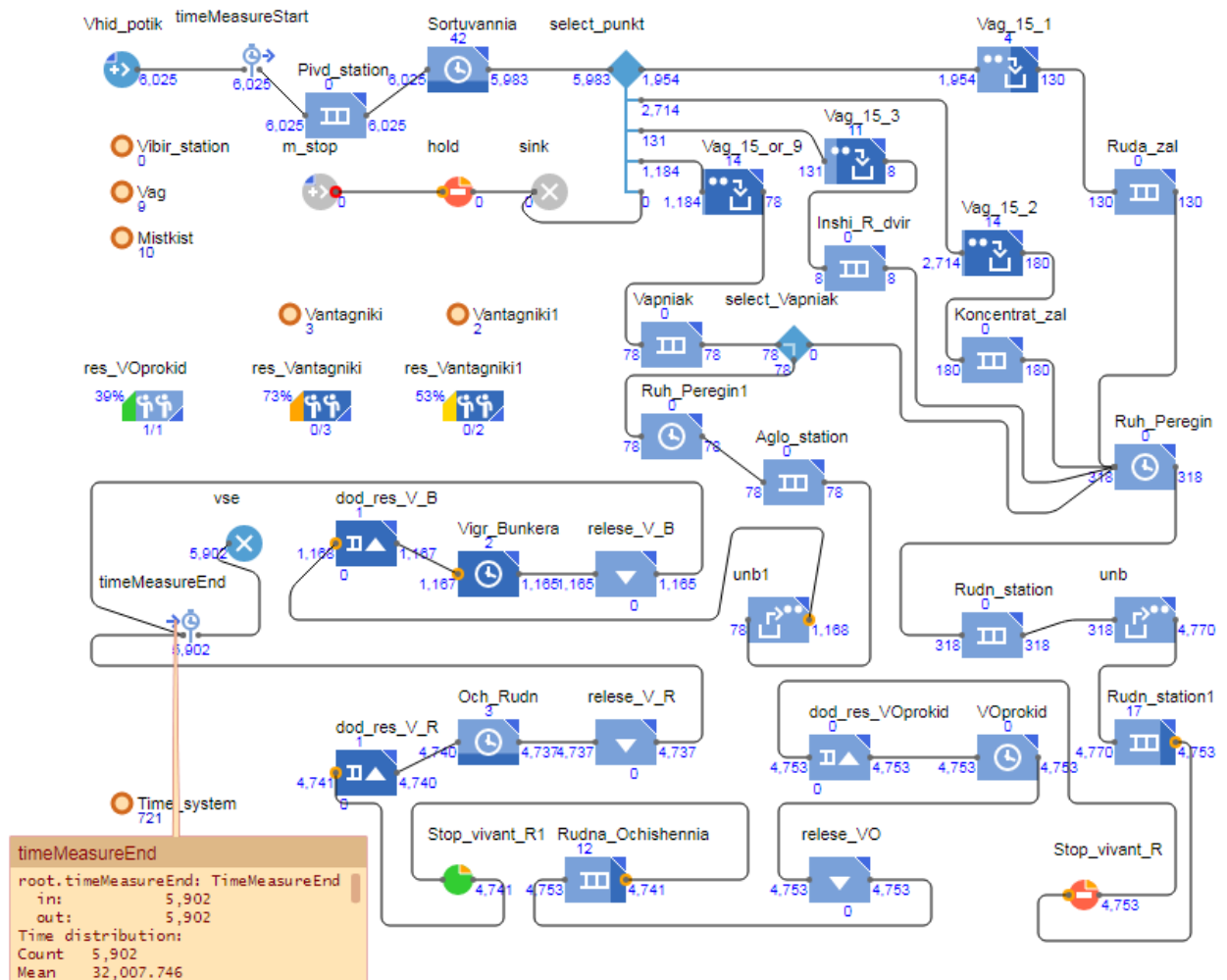


Рисунок 2.33 – Експеримент №4

На цьому серію експериментів перериваємо через різке збільшення тривалості простою вагонів, з рівня 7 до 9 годин (приблизно на чверть).

Змінюємо параметр, який визначає місце вивантаження вагонів з вапняком, та виконуємо другу серію експериментів.

П'ятий експеримент плануємо за параметрами:

- доставка вапняку здійснюється до рудного двору;
- кількість вантажників на станції Рудна – 6 осіб;
- кількість вантажників на бункерах – 0 осіб.

Результати моделювання показані на рисунку 2.34.

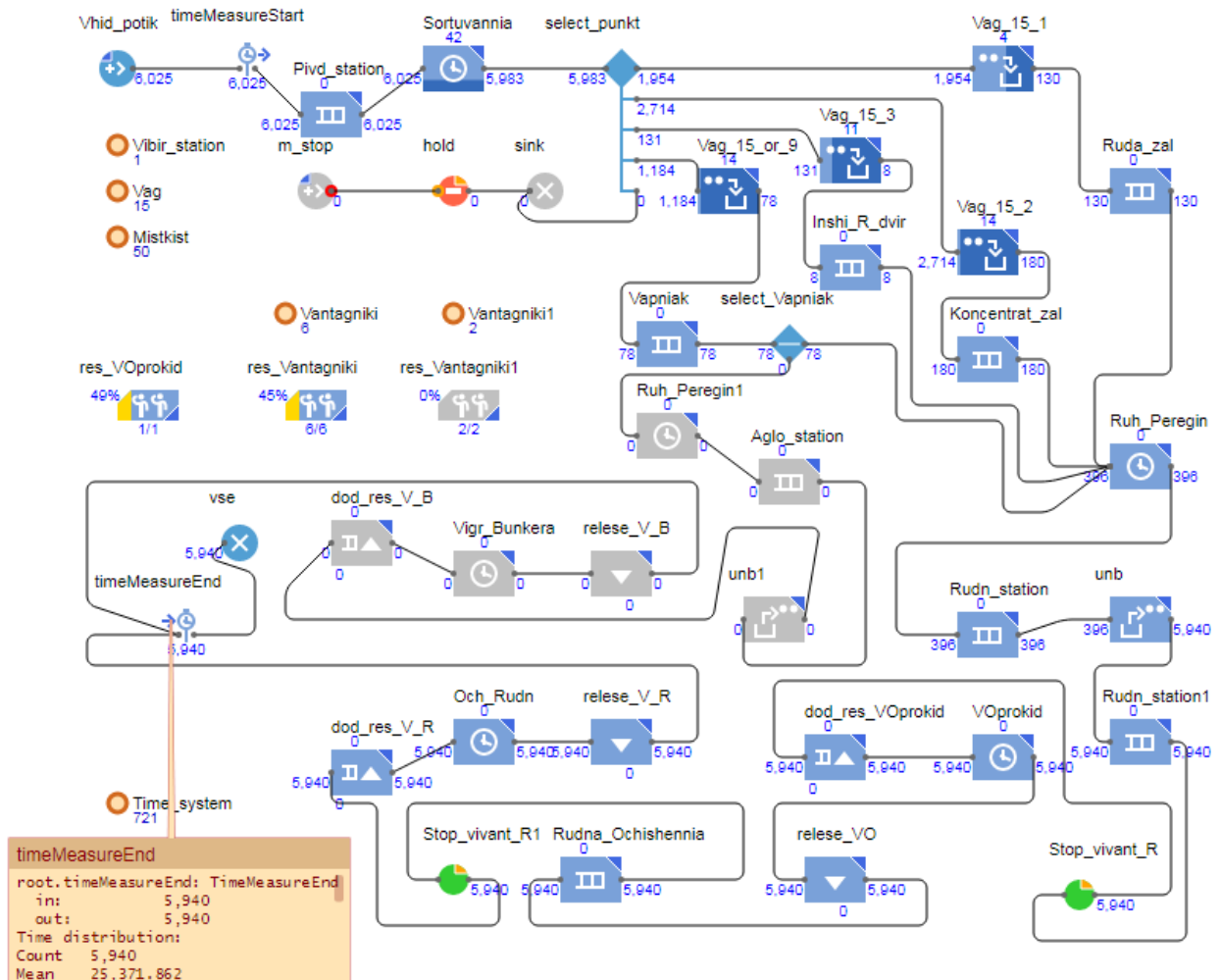


Рисунок 2.34 – Експеримент №5

Результати наступні:

- зайнятість вагоноперекидача становить 49%;
- рівень завантаженості 6 вантажників на очищенні – 45%;
- середня тривалість простою вагонів в системі становить 25372 с або 7 годин.

Шостий експеримент плануємо за параметрами:

- доставка вапняку здійснюється до рудного двору;
- кількість вантажників на станції Рудна – 5 осіб;
- кількість вантажників на бункерах – 0 осіб.

Результати моделювання показані на рисунку 2.35.

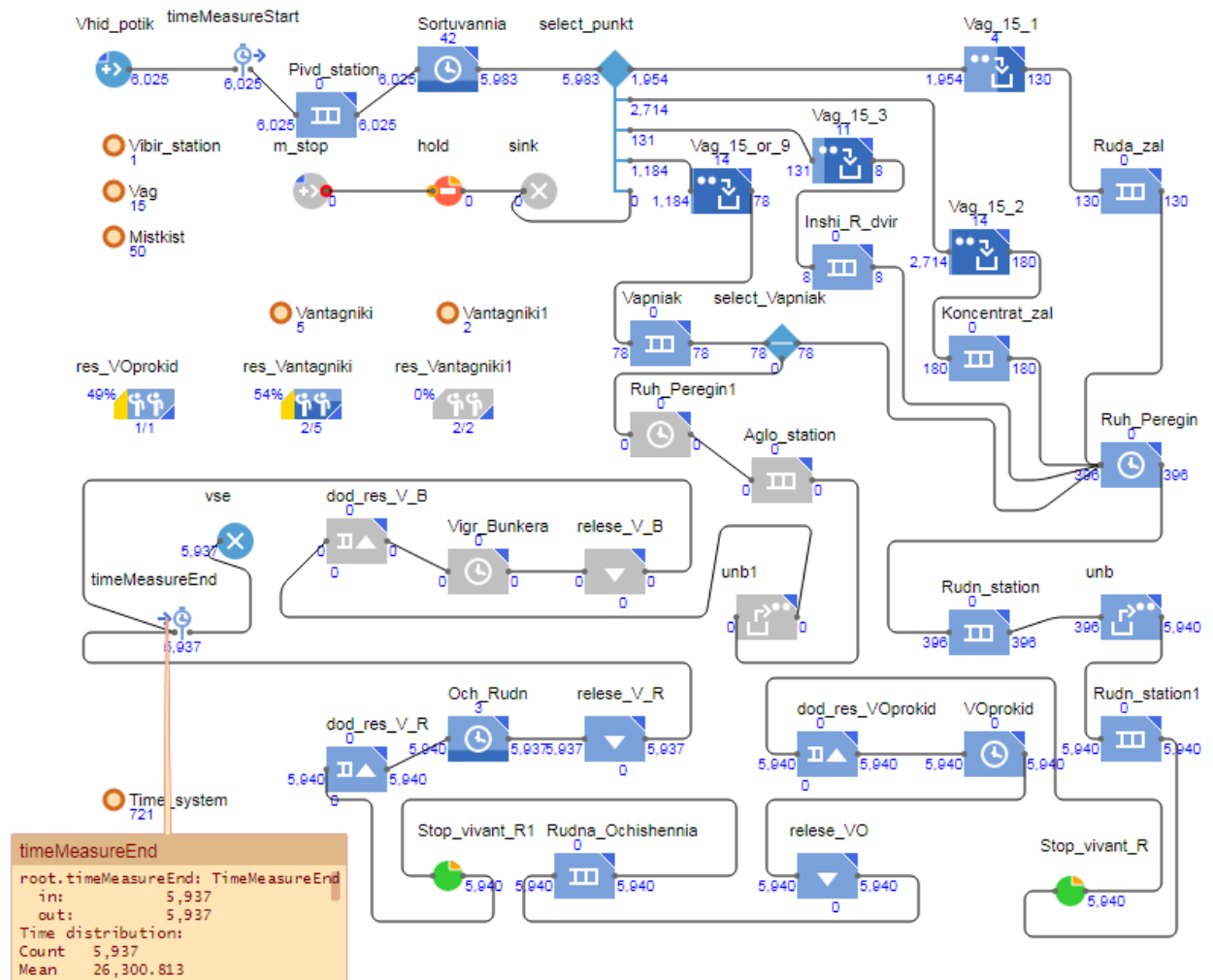


Рисунок 2.35 – Експеримент №6

Результати наступні:

- зайнятість вагоноперекидача становить 49%;
- рівень завантаженості 5 вантажників на очищенні – 54%;
- середня тривалість простою вагонів в системі становить 26301 с або

7,3 години.

Сьомий експеримент плануємо за параметрами:

- доставка вапняку здійснюється до рудного двору;
- кількість вантажників на станції Рудна – 4 особи;
- кількість вантажників на бункерах – 0 осіб.

Результати моделювання показані на рисунку 2.36.

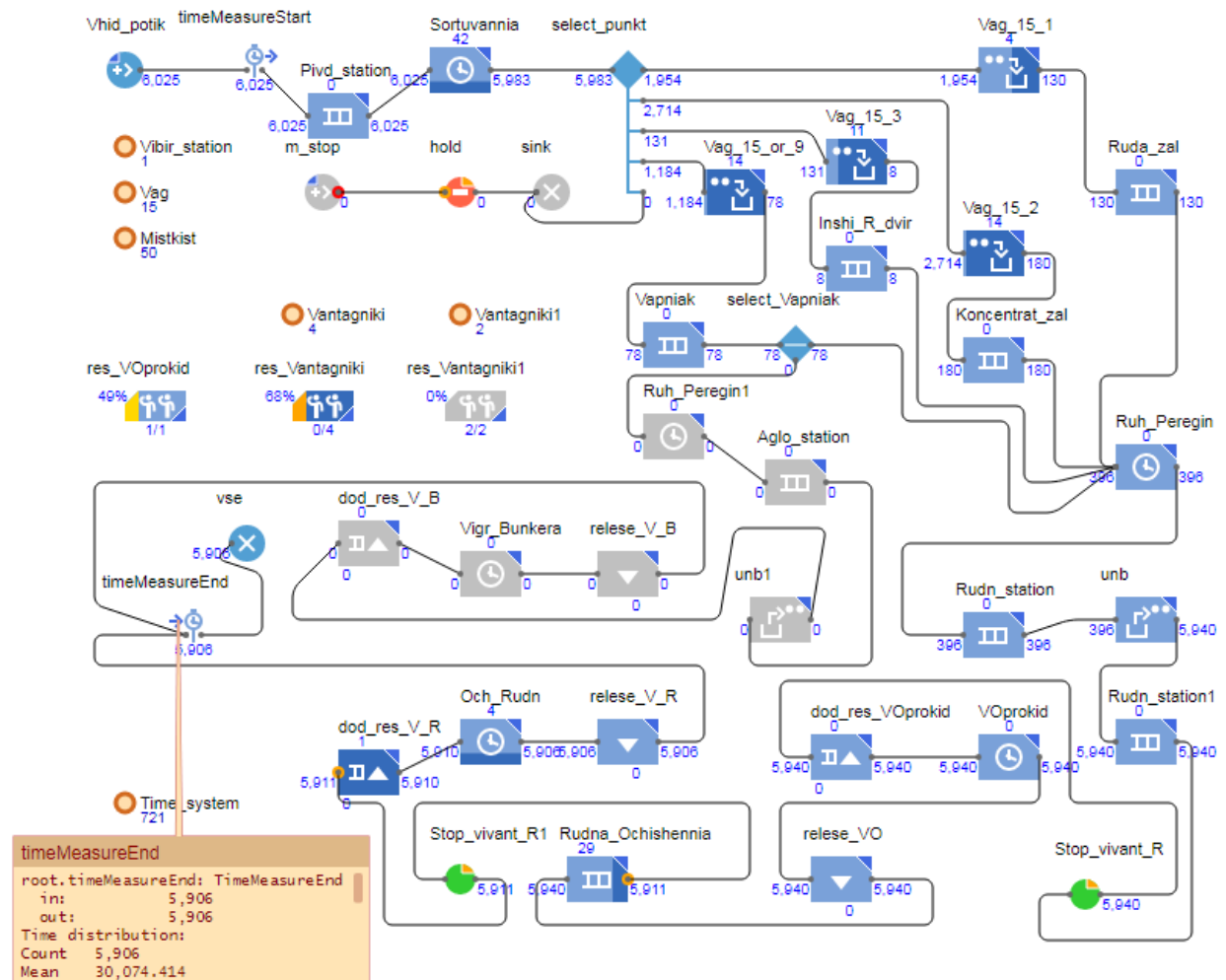


Рисунок 2.36 – Експеримент №7

Результати наступні:

- зайнятість вагоноперекидача становить 49%;
- рівень завантаженості 4 вантажників на очищенні – 68%;
- середня тривалість простою вагонів в системі становить 30074 с або

8,4 години. Достатньо різке зростання простою, але виконаємо останній експеримент, щоб порівняти його результати з отриманими раніше для іншого пункту вивантаження вапняку при однакових інших параметрах.

Тож восьмий експеримент плануємо за параметрами:

- доставка вапняку здійснюється до рудного двору;
- кількість вантажників на станції Рудна – 3 особи;
- кількість вантажників на бункерах – 0 осіб.

Результати моделювання показані на рисунку 2.37.

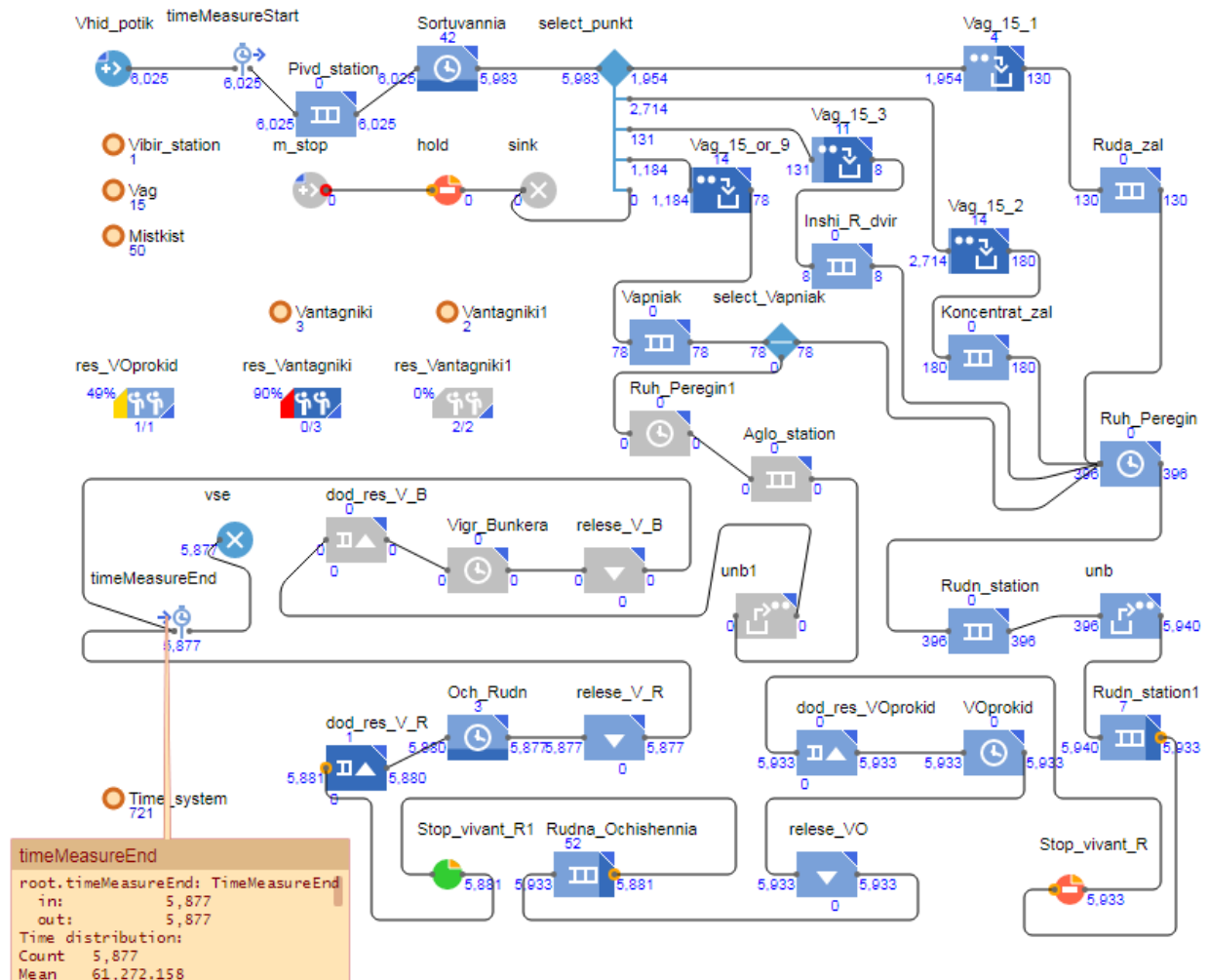


Рисунок 2.37 – Експеримент №8

Результати наступні:

- зайнятість вагоноперекидача становить 49%;
- рівень завантаженості 3 вантажників на очищенні – 90%;

- середня тривалість простою вагонів в системі становить 61272 с або 17 годин, що на практиці означає критичне збільшення простою.

Через це, та надто високий рівень завантаженості вантажників, серію експериментів припиняємо.

Результати восьми експериментів зводимо у таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Результати 8 експериментів

№ експерименту	Схема роботи	Кількість вантажників на рудному дворі	Кількість вантажників на бункерах	Середній простій вагонів, с	Середній простій вагонів, год.	Використання вагоноперекидача, %
1	Вивантаження вапняку на бункерах	6	2	25018	6,9	39
2	Вивантаження вапняку на бункерах	5	2	25609	7,1	39
3	Вивантаження вапняку на бункерах	4	2	26522	7,4	39
4	Вивантаження вапняку на бункерах	3	2	32008	8,9	39
5	Вивантаження вапняку на рудному дворі	6	0	25372	7	49

Кінець таблиці 2.1

№ експерименту	Схема роботи	Кількість вантажників на рудному дворі	Кількість вантажників на бункерах	Середній простій вагонів, с	Середній простій вагонів, год.	Використання вагоноперекидача, %
6	Вивантаження вапняку на рудному дворі	5	0	26301	7,3	49
7	Вивантаження вапняку на рудному дворі	4	0	30074	8,4	49
8	Вивантаження вапняку на рудному дворі	3	0	61272	17	49

3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

З огляду на результати восьми експериментів, виконаних у попередньому розділі, виконаємо економічні розрахунки та з'ясуємо ефективність 3 та 6 технологічно можливих варіантів роботи. Вони є граничними з позицій подальшого різкого зростання простою вагонів при зменшенні кількості вантажників для двох варіантів організації робіт з вивантаження вапняку: на бункерах (3 експеримент) або на рудному дворі (6 експеримент).

Тож економічні розрахунки виконаємо для 3-го та 6-го варіантів організації робіт (таблиця 3.1).

Таблиця 3.1 – Результати 3-го та 6-го експериментів, винесених для розгляду в економічній частині

№ експерименту	Схема роботи	Кількість вантажників на рудному дворі	Кількість вантажників на бункерах	Середній простій вагонів, год.
3	Вивантаження вапняку на бункерах	4	2	7,4
6	Вивантаження вапняку на рудному дворі	5	0	7,3

3.1 Визначення економічних складових за варіантами організації робіт

З огляду на технічні параметри роботи за варіантами, визначні в основній частині, до економічних складових слід віднести наступні [12]:

- заробітну плату персоналу, який задіяно в процесі вивантаження вагонів;
- відрахування на плату за користування вагонним парком;
- витрати, пов'язані з експлуатацією вагоноперекидача.

Формула для визначення сумарних витрат буде виглядати наступним чином [12,13]:

$$R_{\text{заг}} = R_{\text{зп_в}} + R_{\text{пл_вп}} + R_{\text{е_вп}}, \text{ грн} \quad (3.1)$$

де $R_{\text{зп_в}}$ - заробітна платня персоналу, який задіяно в процесі вивантаження вагонів, грн;

$R_{\text{пл_вп}}$ - відрахування на плату за користування вагонним парком загального користування, грн;

$R_{\text{е_вп}}$ - витрати, пов'язані з експлуатацією вагоноперекидача, грн.

Заробітну платню персоналу, який задіяно в процесі вивантаження вагонів $R_{\text{зп_в}}$ визначаємо за виразом [13]:

$$R_{\text{зп_в}} = 12 \cdot N_{\text{зп_в}} \cdot Z_{\text{зп_в}}, \quad (3.2)$$

де $N_{\text{зп_в}}$ - кількість персоналу, який задіяно в процесі вивантаження вагонів - вантажників, чол.;

$Z_{\text{зп_в}}$ - заробітна плата вантажника на місяць, грн;

$$З_{зп_в} = 26000 \text{ грн.}$$

Відрахування на плату за користування вагонним парком загального користування $R_{пл_вп}$ можна визначити за виразом [12]:

$$R_{пл_вп} = N_{пл_вп} \cdot T_{пл_вп} \cdot C_{пл_вп}, \quad (3.3)$$

де $N_{пл_вп}$ - кількість вивантажених вагонів, од.;

$T_{пл_вп}$ – середня тривалість простою вагонного парку в транспортній системі, яка розглядається, год/од;

$C_{пл_вп}$ – середня ставка плати за користування вагонним парком Укрзалізниці для універсальних напіввагонів, грн.

Витрати, пов'язані з експлуатацією вагоноперекидача $R_{е_вп}$ визначимо за формулою [11,13]:

$$R_{е_вп} = N_{ваг_вп} \cdot E_{ваг_вп} \cdot B_{ел_енерг}, \quad (3.4)$$

де $N_{ваг_вп}$ – кількість вагонів, які були подані та вивантажені на вагоноперекидачеві, од.;

$E_{ваг_вп}$ – витрати електроенергії на вивантаження одного вагону, КВт · год;

$B_{ел_енерг}$ – вартість 1 КВт · год на підприємстві, грн.

Витрати електроенергії на вивантаження одного вагону $E_{ваг_вп}$ залежать від потужності електрообладнання – електродвигунів та тривалості їх роботи при вивантаженні одного вагону, можна визначити за допомогою наступної формули:

$$E_{\text{ваг_вп}} = N_{\text{дв_осн}} \cdot T_{\text{дв_осн}} + N_{\text{дв_вібр}} \cdot T_{\text{дв_вібр}}, \quad (3.5)$$

де $N_{\text{дв_осн}}$ – потужність основних двигунів, які задіяні в процесі перекидання вагону, КВт;

$T_{\text{дв_осн}}$ – тривалість роботи основних двигунів, які задіяні в процесі перекидання вагону, год.;

$N_{\text{дв_вібр}}$ – потужність двигунів, які задіяні в процесі роботи вібраційного устрою вагону, КВт;

$T_{\text{дв_вібр}}$ – тривалість роботи двигунів, які задіяні в процесі роботи вібраційного устрою вагону, год.

Потужність електродвигунів бокового вагоноперекидача становлять:

$$N_{\text{дв_осн}} = 132 \text{ КВт.}$$

Час на перекидання вагону – прямий та зворотний хід становить:

$$T_{\text{дв_осн}} = 100 \text{ с} = 0,03 \text{ год.}$$

Потужність вібропристрою становить:

$$N_{\text{дв_вібр}} = 0,5 \text{ КВт.}$$

Час роботи вібропристрою становить:

$$T_{\text{дв_вібр}} = 30 \text{ с} = 0,01 \text{ год.}$$

Загальні енерговитрати на вивантаження одного вагону на вагоноперекидачеві становлять згідно (3.5):

$$E_{\text{ваг_вп}} = 132 \cdot 0,03 + 0,5 \cdot 0,01 = 4 \text{ КВт} \cdot \text{год.}$$

Перейдемо до розрахунку економічних показників за третім варіантом доставки вапняку.

3.2 Розрахунок економічних показників за третім варіантом доставки вапняку

Розрахунок економічних показників за третім варіантом доставки вапняку розпочинаємо з формули розрахунку зарплатні персоналу, який у даному випадку задіяний на рудному дворі та на бункерах доменного цеху (3.2):

$$R_{\text{зп}_\text{в}} = 12 \cdot 24 \cdot 26000 = 7488000 \text{ грн.}$$

Кількість працівників становила: 4 – на рудному дворі, 2 – на бункерах, загалом 6 осіб цілодобово. При 4-х бригадах загальна кількість персоналу становить 24 особи.

Згідно (3.3) відрахування на плату за користування вагонним парком загального користування становлять:

$$R_{\text{пл}_\text{вп}} = 6025 \cdot 7,4 \cdot 71 = 3165535 \text{ грн.}$$

Вартість плати за користування за 1 годину для напіввагонів – 71 грн прийнята відповідно до даних відкритого доступу офіційного сайту Укрзалізниці.

Згідно виразу (3.4) витрати, пов'язані з експлуатацією вагоноперекидача становлять:

$$R_{\text{е}_\text{вп}} = 4880 \cdot 4 \cdot 1,57 = 30646,4 \text{ грн.}$$

Загальні витрати за (3.1) для 3-го варіанту складуть:

$$R_{\text{заг}} = 7488000 + 3165535 + 30646,4 = 10684181,4 \text{ грн.}$$

Таким чином, витрати за цим варіантом становлять близько 10,7 мільйонів гривень на рік.

3.3 Розрахунок економічних показників за шостим варіантом доставки вапняку

Розрахунок економічних показників за шостим варіантом доставки вапняку розпочинаємо з формули розрахунку зарплатні персоналу, який у даному випадку задіяний лише на рудному дворі, а на бункерах доменного цеху не працює (3.2):

$$R_{\text{зп}_в} = 12 \cdot 20 \cdot 26000 = 6240000 \text{ грн.}$$

Кількість працівників становила: 5 – на рудному дворі, 0 – на бункерах, тобто загалом 5 осіб цілодобово. При 4-х бригадах загальна кількість персоналу становить 20 осіб.

Згідно (3.3) відрахування на плату за користування вагонним парком загального користування становлять:

$$R_{\text{пл}_вп} = 6025 \cdot 7,3 \cdot 71 = 3122757,5 \text{ грн.}$$

Згідно виразу (3.4) витрати, пов'язані з експлуатацією вагоноперекидача становлять:

$$R_{\text{е_вп}} = 6025 \cdot 4 \cdot 1,57 = 37837 \text{ грн.}$$

Загальні витрати відповідно до (3.1) для 6-го варіанту складуть:

$$R_{\text{заг}} = 6240000 + 3122757,5 + 37837 = 9400594,5 \text{ грн.}$$

Таким чином, витрати за цим варіантом становлять близько 9,4 мільйонів гривень на рік, менше, ніж за попереднім варіантом.

3.4 Підсумкова оцінка результатів економічного аналізу

Для використання програмного комплексу відповідно до проєктного рішення потрібні капітальні витрати – 650 тисяч гривень.

Визначити, чи є перспективи щодо окупності цих вкладень, можливо через встановлення річної економії [13]:

$$R_p = R_e^6 - R_e^3, \quad (3.4)$$

Встановимо її за (3.4):

$$R_p = 10684181,4 - 9400594,5 = 1283586,9 \text{ грн.}$$

Тож економія сягає 1,28 млн грн.

Термін окупності варіанту 6 [13]:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{прог}}}{R_p}, \quad (3.5)$$

де $K_{\text{прог}}$ - капвитрати, грн.

$K_{\text{прог}} = 650$ тисяч грн.

Виконаємо розрахунок (3.5):

$T_{\text{ок}} = 6500000 / 1283586,9 = 0,5$ року.

Результати економічного аналізу порівняння варіантів 3 та 6 наведені у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Техніко-економічні показники варіантів 3 та 6

№ з/п	Показники	Варіант 3 - база	Варіант 6 - проект
1	Заробітна плата персоналу, який задіяно в процесі вивантаження вагонів, грн	7488000	6240000
2	Відрахування на плату за користування вагонним парком, грн	3165535	3122757,5

Кінець таблиці 3.2

№ з/п	Показники	Варіант 3 - база	Варіант 6 - проект
3	Витрати, пов'язані з експлуатацією вагоноперекидача, грн	30646,4	37837
4	Річні експлуатаційні витрати, грн	10684181,4	9400594,5
5	Економія експлуатаційних витрат, грн	-	1283586,9
6	Термін окупності, років	-	0,5

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В розділі магістерської роботи «Аналіз ефективності транспортних технологій в умовах зміни складу шихти для доменного виробництва в умовах ПАТ «Запоріжсталь» в розділі з охорони праці розглянутий аналіз потенційних небезпек, які можуть вплинути на дослідника та робітників. Розроблені заходи по їх усуненню. Розглянуті небезпеки при роботі на ПК.

Основними компонентами шихти для доменної плавки є залізорудні матеріали – обкотиші, агломерат, залізна руда, що містять магнетит, гематит, лімоніт, сидерит; вторинні метали і відходи (металобрухт, мартенівські і зварювальні шлаки); розкиснювачі і флюси (марганцева руда, вапняк).

4. 1 Аналіз потенційних небезпек

Потенційні небезпеки [14]:

- при навантаженні мілкої руди, яка в стані навалом, пил діє на організм вантажника і на дослідника;
- при постачанні вапняку, при завантаженні та розвантаженні можливо обрив вантажу з-за несправних такелажних тросів, ненадійного кріплення траверси до гаку крану;
- при навантаженні залізної руди на залізничні платформи кранами можливо розсипання його, що призводить до травмування робітників. Пил коксу також діє на дихальні шляхи робітників;
- при розвантаженні з хоперів вантажу, можливо обрушення сипучих матеріалів на робітників, що призведе до травм;

- інші небезпеки, які відображені в Додатку А.

В Додатку Б показані заходи по їх усуненню. В Додатку В проведено розрахунок доплати за шкідливі умови праці [15].

4.2 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях

4.2.1 Заходи з пожежної безпеки

На накопичувальному майданчику площею 4700 кв м необхідно розташувати пожежні щити. Клас можливої пожежі на майданчику дорівнюється А, по пожежонебезпеки 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.

По нормативам з пожежної безпеки, в приміщенні де розташовані ПК, на кожні 20 кв.м повинен бути один вогнегасник. Для гасіння електрообладнання, до яких відноситься і ПК, застосовується вогнегасник порошковий. Тому для кімнати, де розташований ПК, з площею 41 кв.м треба розмістити вогнегасник ВВП-5 в кількості 3 шт.

4.2.2 Заходи з цивільного захисту

Головним і невід'ємним елементом всієї системи захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру є інформація та оповіщення.

Зміст інформації мають становити відомості про надзвичайні ситуації, що прогножуються або вже виникли, з визначенням їхньої класифікації, меж поширення і наслідків, а також заходи реагування на них.

Оперативну і достовірну інформацію про стан захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру, методи та способи їх захисту, заходи безпеки зобов'язані надавати населенню через засоби масової інформації центральні та місцеві органи виконавчої влади та виконавчі органи рад.

Оповіщення про загрозу виникнення надзвичайних ситуацій і постійне інформування про них населення забезпечується шляхом:

- завчасного створення, підтримання в постійній готовності загальнодержавної і територіальних автоматизованих систем централізованого оповіщення населення;

- організаційно-технічного з'єднання територіальних систем централізованого оповіщення і систем оповіщення на об'єктах господарювання;

- завчасного створення та організаційно-технічного з'єднання із системами спостереження і контролю постійно діючих локальних систем оповіщення та інформування населення в зонах можливого катастрофічного затоплення, районах розміщення радіаційних і хімічних підприємств та інших об'єктів підвищеної небезпеки;

Оповіщення населення про загрозу і виникнення надзвичайної ситуації у мирний, в особливий період та постійне інформування його про наявну обстановку - одне з важливих завдань цивільного захисту України [16].

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.

ВИСНОВКИ

В 2022 році комбінат Запоріжсталь був вимушений змінити постачальників сировини та, відповідно, склад компонентів для приготування шихти для доменного технологічного процесу підприємства, що обумовлено військовим станом в країні.

Основним напрямком досліджень обрано аналіз варіантів організації транспортно-складських робіт на рудному дворі, імітаційного моделювання за цими варіантами та аналіз отриманих результатів з метою вироблення раціонального рішення за критерієм економічної доцільності.

В аналітичній частині встановлено основні технологічні процеси доставки сировини:

- залізорудного концентрату;
- залізної руди;
- вапняку;
- вапна.

Було враховано можливість використання резерву вільного часу роботи вагоноперекидача через зменшення обсягів надходження до нього вантажів у два рази.

При звичайному режимі роботи, вагоноперекидач працює у режимі, наближеного до 100% його використання. Тож, вапняк завжди вивантажувався на консольній колії бункерів доменного цеху.

За умов сьогодення, є реальна можливість вивантаження вапняку на вагоноперекидачі, а консольну колію використовувати для очищення вивантажених на ньому вагонів.

Її значна місткість дозволяє знівелювати епізоди з надмірним надходженням вагонів на фронт очищення, оскільки зараз він через щільність розміщення об'єктів рудного двору потребує інтенсивної роботи

вантажників. У разі відставання темпів очищення – вагоноперекидач вимушено зупиняється через надлишок неочищених вагонів. А у разі використання більш місткого фронту вивантаження цей недолік технологічного процесу зникає.

В основній частині проведені експерименти при різних варіантах роботи з очищення та вивантаження вагонів, проаналізовані їх технічні показники та обрані найбільш доцільні варіанти для економічного порівняння.

Найбільш технологічно та економічно доцільним виявився варіант №6, який дозволяє отримати річну економію у розмірі понад 1,28 млн гривень з доставкою вапняку та його вивантаженням на вагоноперекидачеві рудного двору та кількістю вантажників на очищенні – 5 осіб.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Офіційний сайт ПАТ «Запоріжсталь» [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Запоріжжя : ПАТ «Запоріжсталь», 2022. – Режим доступу: <https://zaporizhstal.com/pres-centr/novini/> (дата звернення 13.10.2022) – «Новини».
2. АТ «Кривбасзалізрудком» [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Кривий Ріг: АТ «Кривбасзалізрудком», 2022. – Режим доступу: <https://www.krruda.dp.ua/kombinat/> (дата звернення 13.10.2022) – «Комбінат».
3. АТ «Південний гірничо-збагачувальний комбінат» [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Кривий Ріг : Південний гірничо-збагачувальний комбінат, 2022. – Режим доступу: <https://www.ugok.com.ua/ua/> (дата звернення 16.10.2022) – «ПІВДЕННИЙ ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНИЙ КОМБІНАТ».
4. Офіційний сайт ПрАТ «Тернопільський кар'єр» [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Тернопіль : ПрАТ «Тернопільський кар'єр», 2022. – Режим доступу: <https://karyer.in.ua/> (дата звернення 15.10.2022) – «Тернопільський кар'єр».
5. Технічно-розпорядчий акт станції Доменна. – Запоріжжя: ПАТ «Запоріжсталь», 2020. – 27с.
6. Міжцехова інструкція по взаємодії працівників доменного, мартенівського, агломераційного цехів, цеху водопостачання, цеху шлакопереробки, ТЕЦ, ВВО з працівниками Доменного залізничного району ЦЕ УЗТ при обслуговуванні залізничними перевезеннями. – Запоріжжя: ПАТ «Запоріжсталь», 2009. – 42с.

7. Лашених О.А. Дослідження транспортних процесів і систем методами факторного аналізу / О.А. Лашених, С.В. Грицай, О.Ф. Кузькін, С.М. Турпак // Монографія. Запоріжжя : ЗНТУ, 2012.

8. Лашених О.А. Дослідження транспортних процесів і систем методами факторного аналізу / О.А. Лашених, С.В. Грицай, О.Ф. Кузькін, С.М. Турпак // Монографія. Запоріжжя : ЗНТУ, 2012.

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

10. Серeda Б.П. Підвищення експлуатаційної стійкості та ефективності роботи промислового транспорту в умовах металургійного підприємства: монографія / Б.П. Серeda, С.М. Турпак, І.В. Кругляк, О.О. Острогляд, Д.Я. Муковська, Д.Б. Серeda, Д.О. Кругляк. – Кам'янське: ДДТУ, 2021. – 272 с.

11. Бабушкін, Г.Ф. Технологія та організація транспортно-складських робіт на промисловому транспорті : Навч. посібник. – К.: ІСДО, 1993. – 190 с.

12. 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.

13. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «Основи економіки транспорту» для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 275 «Транспортні технології» / Укл.: ст. викл. Харченко Т.В. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2018. – 36 с.

14. Лазуткін М. І., Журавель М. О. Дослідження шкідливих та небезпечних факторів виробничого середовища, важкості і напруженості праці : методичні вказівки до лабораторного заняття з дисципліни «Цивільний захист і охорона праці в галузі» : для студентів усіх спеціальностей та усіх форми навчання : Запоріжжя: ЗНТУ. Каф. ОП і НС.

15. Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу. [На заміну ГН 3.3.5-8.6.6.1-2002 ; чинний від 2014-05-30]. К. : МОЗ України, 2014. 37 с. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0472-14>. (Державні санітарні норми та правила)
16. Стеблюк М. І. Цивільна оборона та цивільний захист : навчальний посібник для вузів. К. : Знання, 2013. - 487 с.

ДОДАТОК А

АНАЛІЗ ПОТЕНЦІЙНИХ НЕБЕЗПЕК

Потенційні небезпеки:

- за добу для виробництва треба приблизно 4-3 тисячі тон агломерату. Тому є небезпека наїзду на робітників вагонів з рудою, коксом, вапняком та іншими матеріалами;
- 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 навантаженні мілкої руди, яка в стані навалом, пил сильно діє на організм вантажника і на дослідника. При вдиханні можливе запалення слимакових дихальних шляхів, а також явлення загального отруєння (нудота);
- для постачання вапняку, останній можуть засипати у біг-беги. При завантаженні та розвантаженні можливо обрив вантажу з-за несправних такелажних тросів, ненадійного кріплення траверси до гаку крану. Це може призвести до травмування робітників;

- при навантаженні шихти на залізничні платформи кранами можливо розсипання його, що призводить до травмування робітників. Пил шихти також діє на дихальні шляхи робітників;

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

ДОДАТОК Б

ЗАХОДИ ПО ЗАБЕЗПЕЧЕННЮ БЕЗПЕКИ

Для виключення травмування під час навантажувальних робіт, запропоновано застосування спеціального траверсного захвату, який дозволяє швидко й надійно кріпити біг-беги при навантажуванні та 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».

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.

ДОДАТОК В

ЗАХОДИ ПО ЗАБЕЗПЕЧЕННЮ ВИРОБНИЧОЇ САНІТАРІЇ ТА ГІГІЄНИ ПРАЦІ

Для захисту від попадання пилу від руди, коксу, вапняку та інших 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».

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

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 «Результати оцінювання за бальною шкалою».

Відповідно до додатків методичних вказівок [14], за витратами енергії, визначаємо категорію робіт для дослідника лабораторії обладнаної ПК. Умови праці, за витратами енергії, не перевищують 240 *Вт* та повинні відповідати легким фізичним роботам – категорії 1а.

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

Таблиця В.1 - Результати оцінювання за бальною шкалою

Фактор (показник)	Виміряні показники $P_{вим}$	Час дії $год.(хв.)$	ГДК, ГДР, показники, $P_{доп}$	$X_{визн}$, бали	Клас умов праці	X_i , бали
1	2	3	4	5	6	7
Мікроклімат за ТНС-індексом, $t, ^\circ C$	29,0	8	23,5-26,4	4	3.4	4
Освітленість приміщення $E, лк$	100	7	200		3.1	1
Розряд і підрозряд зорових робіт, $З_{ор}$	ББ-2	—	—	—	—	—
Рівень шуму $L, дБА$	107	4	50		3.4	2
Загальні енергозатрати організму, $Вт$	240	6	290	0,62	3.2	2
Стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук)	62000	6	40000	1,16		
Тривалість зосередження уваги (в % від часу зміни)	84	6	75	0,84		
Тривалість робочого дня, $год.$	17	17	8	0,11		

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

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

$$X_{\text{визн}} = \frac{1 \cdot t_1 + 2 \cdot t_2 + 3 \cdot t_3 + 4 \cdot t_4}{T} = \frac{4 \cdot 7}{7} = 4$$

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

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

$$X_{\text{визн}} = \frac{P_{\text{вим}} \cdot T \cdot K_{\text{знач}}}{8 \cdot P_{\text{дон}}} = \frac{240 \cdot 6 \cdot 1,0}{8 \cdot 290} = 0,62;$$

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

$$X_{\text{визн}} = \frac{P_{\text{вим}} \cdot T \cdot K_{\text{знач}}}{8 \cdot P_{\text{дон}}} = \frac{62000 \cdot 6 \cdot 1,0}{8 \cdot 40000} = 1,16;$$

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

$$X_{\text{визн}} = \frac{P_{\text{вим}} \cdot T \cdot K_{\text{знач}}}{8 \cdot P_{\text{дон}}} = \frac{84 \cdot 6 \cdot 1,0}{8 \cdot 75} = 0,84;$$

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

$$X_{\text{визн}} = \frac{P_{\text{вим}} \cdot T \cdot K_{\text{знач}}}{8 \cdot P_{\text{дон}}} = \frac{7 \cdot 7 \cdot 0,15}{8 \cdot 8} = 0,11;$$

Визначаємо клас та ступінь шкідливості умов праці для кожного з

виявлених факторів і показників та вносимо їх значення до стовпчика 6, таблиці «Результати оцінювання за бальною шкалою»:

- для мікроклімату, відповідно до значення розрахункового коефіцієнта $X_{визн} = 4$, з таблиці 7.2 [15] – 3 клас, 4 ступінь (3.4);

- при оцінці освітленості робочої зони приміщення, клас та ступінь шкідливості умов праці визначаємо у відповідності до $P_{вим} = 100$ лк, за додатками Г та табл. Г.1 [15] – 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 $P_{вим} = 107$ дБА, за додатками Д та табл. Д.1 [15] – 3 клас, 4 ступінь (3.4);

- клас і ступінь важкості та напруженості праці визначаємо як суму розрахованих балів усіх показників $X_{визн}$ за формулою 7.3 [15]:

$$X_{сум} = \sum_{i=1}^n X_i = 0,62 + 1,16 + 0,84 + 0,11 = 2,74$$

З таблиці 7.3 [15] за значенням суми розрахованих балів показників $X_{сум} = 2,74$ – 3 клас, 2 ступінь (3.2);

Так як 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.

При гігієнічній оцінці виявлена наявність шкідливих та особливо шкідливих, важких та особливо важких умов праці, проводимо дослідження фактичного стану умов праці, з метою визначення розмірів доплат за ступені шкідливості факторів виробничого середовища та показників важкості та

напруженості праці за бальною шкалою, та вносимо їх значення до стовпчика 7, таблиці «Результати оцінювання за бальною шкалою»:

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

- при оцінці впливу освітленості, виходимо з того що вона відповідає 3 класу, 1 ступеню умов праці та діє протягом 7 годин, тому коректування не потрібно – $X_{cm} = X_i = 1$;

- для оцінки впливу шуму, виходимо з того, що його рівень відповідає 3 класу, 4 ступеню умов праці та діє протягом 4 годин, тому значення X_i визначаємо за формулою 7.4 [15]:

$$X_i = X_{cm} \cdot \frac{T}{8} = 1 \cdot \frac{4 \cdot 4}{8} = 2$$

- 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 [15]:

$$X_{факт} = \sum_{i=1}^n X_i = 4 + 1 + 2 + 2 = 9$$

Розмір доплати за умовами праці визначаємо в залежності від їх фактичного стану – $X_{факт} = 9$, на підставі Типового положення «Про оцінку умов праці на робочих місцях і порядок застосування галузевих переліків робіт, на яких можуть установлюватися доплати робітникам за умови праці», з таблиці 7.4 [14]. Розмір доплати до тарифної ставки (окладу) – 20 %.

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

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

2. Відповідно до класифікації умови, важкість та напруженість праці на робочому місці -дослідника належать до категорії 1а, тому необхідно привести ці умови у відповідність до нормативних значень, які відповідають оптимальним параметрам для категорії 1а, а саме:

- мікрокліматичні умови, за інтегральним показником теплового навантаження середовища - ТНС-індексом - $21,0-23,4^{\circ}\text{C}$;

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

- рівень шуму в робочій зоні дослідника – 50 дБА ;

- загальні енергозатрати організму, до 140 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, відповідно до таблиці 7.4 [15], у розмірі 20%.