

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Транспортний факультет
(повне найменування інституту, факультету)

«Транспортні технології»
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

магістра
(ступінь вищої освіти)

на тему УДОСКОНАЛЕННЯ ПЕРЕВЕЗЕНЬ РІДКОГО ЧАВУНУ В УМОВАХ
СКОРОЧЕННЯ ОБСЯГІВ ВИРОБНИЦТВА НА 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 МОІСЄВА</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)

Моїсєєвої Вікторії Олегівни

 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Удосконалення перевезень рідкого чавуну в умовах скорочення обсягів виробництва на 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 рідкого чавуну, 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 Аналіз статистичних даних виробництва продукції ПАТ «Запоріжсталь». 2.2 Створення моделі транспортного обслуговування доменних печей ДП-3 та ДП-4. 2.3 Виконання експериментів на моделі транспортного обслуговування доменних печей ДП-3 та ДП-4. 2.4 Аналіз експериментальних досліджень та підготовка даних для економічних розрахунків. 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 МОІСЕЄВА
(прізвище та ініціали)

Керівник проєкту (роботи)


(підпис)

Сергій ТУРПАК
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ : 81 с., 47 рис., 5 табл., 16 джерел.

ЧАВУН, ТЕПЛОВОЗ, МІКСЕР, ПРОМИСЛОВИЙ ЗАЛІЗНИЧНИЙ ТРАНСПОРТ, МОДЕЛЬ

Об'єкт дослідження – транспортна система перевезень рідкого чавуну в умовах скорочення виробництва металургійного підприємства.

Мета роботи – удосконалення технології доставки та вантажопереробки рідкого чавуну в умовах скорочення виробництва металургійного підприємства.

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

В роботі проаналізована технологія організації перевезень рідкого чавуну в умовах скорочення виробництва на прикладі металургійного комбінату «Запоріжсталь». Шляхом зміни вихідних параметрів роботи імітаційної виконана оцінка результатів роботи транспортної системи, виконані техніко-економічні розрахунки та обрано ефективний варіант організації робіт.

ЗМІСТ

	с.
Завдання на проєкт	2
Реферат.....	4
Зміст	5
Вступ	7
1 Аналітична частина	9
1.1 Аналіз роботи ДП-3 та ДП-4.....	9
1.2 Технологія роботи транспорту	14
1.3 Загальна технологія перевезень чавуну	18
1.4 Недоліки існуючого положення та постановка задач дослідження	19
2 Основна частина	21
2.1 Аналіз статистичних даних виробництва продукції ПАТ «Запоріжсталь»	21
2.2 Створення моделі транспортного обслуговування доменних печей ДП-3 та ДП-4	26
2.3 Виконання експериментів на моделі транспортного обслуговування доменних печей ДП-3 та ДП-4	48
2.4 Аналіз експериментальних досліджень та підготовка даних для економічних розрахунків	52
3 Економічна частина	55
3.1 Розрахунки економічних показників по варіантах	57
3.2 Розрахунки економічних показників варіанту 2	59
3.3 Розрахунки економічних показників варіанту 3	60
3.4 Розрахунки економічних показників варіанту 4	61
3.5 Головні результати економічного аналізу	62
4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	64

4.1 Аналіз потенційних небезпек	64
4.2 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях	65
4.2.1 Заходи з пожежної безпеки	65
4.2.2 Організація цивільного захисту на промисловому об'єкті ...	65
4.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці	65
Висновки	67
Перелік посилань	69
ДОДАТОК А. АНАЛІЗ ПОТЕНЦІЙНИХ НЕБЕЗПЕК	72
ДОДАТОК Б. ЗАХОДИ ПО ЗАБЕЗПЕЧЕННЮ БЕЗПЕКИ	74
ДОДАТОК В. ФАКТОРИ САНІТАРНО-ГІГІЄНІЧНОГО ХАРАКТЕРУ	75

ВСТУП

Через війну в Україні металургійна галузь отримала суттєвих втрат, зруйновано крупні підприємства в м. Маріуполь, а комбінат «Запоріжсталь» працює в умовах відокремлення від історичних джерел сировини – вугілля, коксу, вапняку для флюсування, які надходили з Донецької області; залізної руди – м. Дніпрорудне. Постачання з західної частини країни збільшують витрати на доставку.

Неможливість відправлення готової продукції через порти України ускладнює логістичні процеси доставки, оскільки використовується більшою мірою і без того перевантажений магістральний залізничний транспорт.

Підприємство змушено суттєво зменшити обсяги виробництва, скорочуються вантажопотоки [1].

Через вплив вищевказаних зовнішніх факторів потребує перегляду роками складена технологія організація перевезень вантажів на коліях комбінату, зокрема, перевезень рідкого чавуну в доменному цеху.

В дійсний час на підприємстві працюють лише дві доменні печі (ДП-3 та ДП-4).

Перевезення чавуну здійснюються лише через міксерне відділення мартенівського цеху (без використання постачань напрямку, що здійснювалось для частини виробленого чавуну безпосередньо до мартенівської печі).

Залишається стабільно високим за обсягами перевезень вантажопотік до розливних машин, забезпечуючи відповідний попит споживачів на чушковий «холодний» чавун.

Скорочується потреба у ресурсах, які забезпечують перевезення рідкого чавуну:

- чавуновозних ковшів;

- тепловозів;
- персоналу.

Це відбувається шляхом спирання на досвід та аналітичні розрахунки.

Але залишаються питання визначення раціональної кількості вантажних ресурсів – кількості працюючих вантажопідйомних кранів у міксерному відділенні, вагових тощо.

Оцінити всі ці різні варіанти є можливим за допомогою імітаційної моделі роботи транспортної системи.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Аналіз роботи ДП-3 та ДП-4

На сьогоднішній день в доменному цеху працюють лише дві доменні печі ДП-3 та ДП-4.

Доменна піч № 3 станом на 2017 рік була найсучаснішою серед інших аналогічних споруд в Україні. Саме на ній, на найбільш високій відмітці металургійного комбінату «Запоріжсталь» (понад 80 метрів) було встановлено український прапор.

Під час останнього капітального ремонту було демонтовано та потім знову змонтовано понад 13000 тонн різних металоконструкцій.

Для цих процесів було використано одні з найпотужніших вантажопідійомних кранів (в/п 1600 тонн) в світі – відомого виробника Mammoet.

Значної уваги було приділено екологічній складовій.

При розробці проекту реконструкції використовувався метод 3D-моделювання (рисунок 1.1).

Рідкий чавун з доменної печі по спеціально облаштованому жолобу рухається потоком до місця наливу у чавуновозні ковші (на рисунку 1.1 цей жолоб знаходиться у нижній правій частині).

На рисунку 1.2 показаний фрагмент цього жолобу [2]. Раніше на доменних печах цей жолоб виконувався у відкритому вигляді, наразі він закривається зверху спеціальними конструкціями, забезпечуючи більш високий рівень технологічності, екологічності та зменшення негативного впливу на здоров'я та безпеку життєдіяльності працівників, які обслуговують ливарний двір доменної печі.

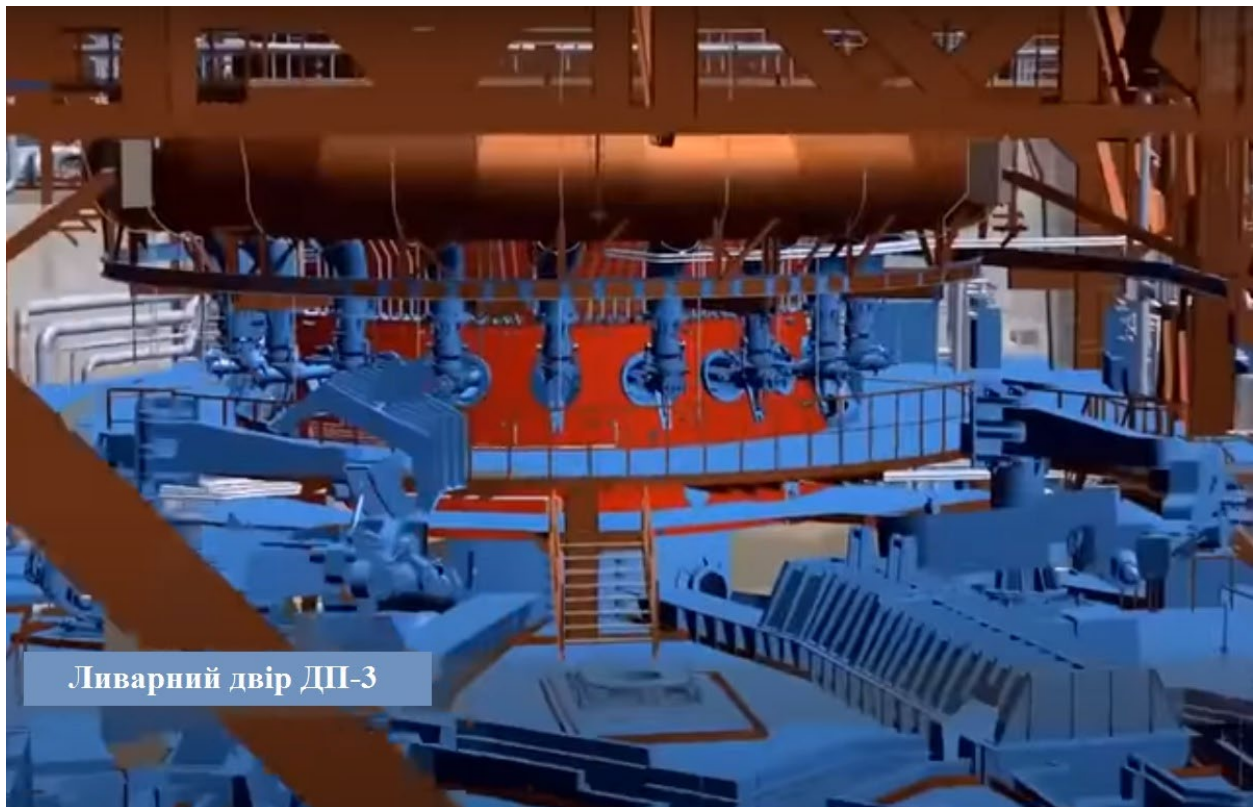


Рисунок 1.1 – Ливарний двір ДП-3



Рисунок 1.2 – Жолоб для руху рідкого чавуну ДП-3

На самій старій доменній печі №1, яка вже демонтована, технології наливу ковшів була небезпечною, складною та формувала більшу кількість відходів виробництва – літників, які потребували додаткової переробки та витрат на їх переміщення.

Тож політика постійного технічного переоснащення основного виробництва є важливим фактором розвитку металургійного підприємства та його логістичної складової.

З жолобу рідкий чавун потрапляє до спеціальної ванни, яка нахиляється для наливання основного составу ківшів на один бік, а, під час пересування чергового ковшу з цього составу після наповнення попереднього, вона нахиляється на інший бік, для наповнення окремо встановленого ковшу.

На рисунку 1.3 показане розташування чавуновозних ковшів під доменною піччю [3].



Рисунок 1.3 - Розташування чавуновозних ковшів під доменною піччю

На рисунку 1.4 показаний рух составу чавуновозних ковшів від доменної печі до місця зливання – міксерного відділення мартенівського цеху [3].



Рисунок 1.4 - Состав чавуновозних ковшів

На даному рисунку позначено колію, по якій розташовується допоміжний ківш. Оскільки навантаження цього ковшу відбувається лише в період часу, який витрачається на підтягування составу електричним штовхачем при заміні наповненого ковшу основного составу черговим

порожнім ковшем, за один цикл випуску чавуну він може наповнитись не до повної місткості.

У цьому випадку допоміжний ківш залишається очікувати наступного випуску.

Таким чином, кількість завантажених рідким чавуном ковшів залежить не тільки від доменного процесу виробництва, а й від обставин щодо виконання вантажних робіт.

На сьогоднішній день процеси виробництва чавуну є більш високотехнологічними [3], автоматизовані, диспетчерський персонал має потужну систему управління та контролю за виробництвом та рухом матеріалів (рисунок 1.5).



Рисунок 1.5 - Диспетчерська доменної печі

Доменна піч №4 також є досить сучасною спорудою, в травні 2021 року вона була зупинена на капітальний ремонт, тривалість якого становила дві декади. Під час ремонту було замінено засипний апарат, відбулась часткова заміна холодильних плит, відремонтовано механічне обладнання нагрівачів повітря, пиловловлювального обладнання та інші роботи [4].

На цій доменній печі встановлені сучасні контрольно-вимірювальні прилади, що робить її роботу автоматизованою на рівні передових підприємств світу, продуктивність сягає понад 1 млн тонн чавуну на рік.

1.2 Технологія роботи транспорту

Транспорт, який здійснює обслуговування доменного цеху, представлений, переважно наступними видами:

- залізничний [5];
- конвеєрний;
- автомобільний.

Найбільші обсяги перевезень виконує промисловий залізничний транспорт, представлений такими складовими:

- тяговий рухомий склад – тепловози з гідропередачею ТГМ-4 (рисунок 1.6);
- чавуновози;
- шлаковози;
- платформи для холодного чавуну;
- ребристі платформи з посиленими бортами;
- хопери для гарячого агломерату.



Рисунок 1.6 – Тепловози, які використовуються на перевезенні в доменному цеху

Для доставки вантажів із зовнішньої мережі також можуть використовуватись тепловози ТЕМ-2УМ, але безпосередньо на станції Доменна вони не працюють через завеликі габарити та маленькі радіуси кривих колій.

Особливостями роботи, які характерні саме для цього виробництва, є наступні [6]:

- правило закріплення чавуновозів дерев'яними клинами замість залізних башмаків, що обумовлено можливістю проливання чавуну з ковшу на колії. У таких випадках небезпечним є підходити для прибирання башмаків, а дерев'яний клин згорить, що дасть можливість витягнути состав з-під печі. У разі наявності витікання з чавуновозу, локомотив перевозить його по вільних від людей коліях, не допускаючи створення калюж з рідкого чавуну, які, після застигання, будуть ускладнювати функціонування обслуговування різних об'єктів інфраструктури. В процесі такого човникового руху паралельно проводиться підготовка одного з підрозділів

доменного цеху до приймання чавуновозу до виконання операцій з його злиття та ремонту корпусу, футерування тощо. Зазвичай це – відділення розливних машин;

- невисока швидкість руху залізничного транспорту. Завантажені чавуновози рухаються зі швидкістю до 5 км на годину. Оскільки більшість маршрутів руху передбачають рух ковшами уперед, складач поїздів іде попереду на достатньо значній відстані – 25 м, рух на підніжках та інших елементах транспортних засобів, наприклад, лафетах, заборонений;

- високий рівень шуму одночасно з низькою видимістю вимагають підвищеної уваги та розсудливості в діях персоналу, не припускаючи необережних поспішних дій;

- небезпека присутня з усіх боків, навіть зверху, оскільки територія цеху щільна забудована високими спорудами;

- для просування персоналу існують достатньо вузькі проходи, які неможливо позначити вапном або білою фарбою, як це здійснюється всередині звичайних виробничих цехів, попил та опади швидко знищують таке фарбування та позначення. Освітлення також значно нижче за показниками, ніж за звичайних умов життя людини. Знову таки, це обумовлено високим рівнем пилу у повітрі, диму, щільністю забудови, складнощами встановлення та обслуговування освітлювальних пристроїв;

- робота працівників залізничного транспорту відбувається у постійній взаємодії з персоналом доменного цеху, що потребує порозуміння, відпрацювання навиків комунікації. Навіть розуміння термінології, притаманній лише доменному цеху;

- обслуговування потребує чіткої взаємодії з виробничими процесами, навантажувально-розвантажувальними машинами, іншими видами транспорту;

- місця перетинання залізничних колій та автомобільних шляхів часто нерегульовані, звуки сигналів може бути не чути через шум від роботи основного обладнання;

- постійне оновлення персоналу часто сприяє створенню аварійних ситуацій, багато знань отримується в ході тривалої роботи на певних ділянках, переведення працівників з однієї ділянки на іншу без попереднього стажування там під наглядом досвідченого наставника є небажаним;

- цілодобовий режим роботи також негативно впливає на швидкість реакції, посилює втому;

- задля ефективної та безпечної роботи необхідно є постійна жорстка дисципліна та інформування щодо змін в технології та можливих небезпек.

Перед початком нічної зміни персонал залізничного цеху збирається на змінно-зустрічне зібрання. Там оголошуються останні накази керівництва; керівник станції, заступник начальника району або машиніст-інструктор розповідає про хід технологічного процесу та складні моменти в організації перевезень, небезпечні ситуації тощо. За необхідності проводяться інструктажі з охорони праці, працівники можуть ознайомитись зі змінами у графіку роботи на наступні зміни.

Важкі умови праці обумовлюють достатньо високий рівень захворюваності, що потребує виходу працівників у «чужі» зміни.

Висока продуктивність роботи локомотиво-складацьких бригад забезпечується витриманою роками злагодженою роботою, без зміну складу цих бригад. Хоча, перестановки персоналу з однієї бригади в іншу також є корисними з метою неприпущення втрати навичок спілкування лише за регламентом без впровадження відомих лише вузькому колективу позаштатних сигналів.

1.3 Загальна технологія перевезень чавуну

Загальна технологія перевезень рідкого чавуну передбачає наступні етапи:

- планування роботи доменної печі, які здійснює випуски через встановлені інтервали, які незначним чином можуть відхилятися від нормативних значень, оскільки процес достатньо складний та, іноді не до кінця передбачуваний, можливі різні технологічні негаразди;

- тривалість безпосередньо випуску чавуну також може мати певні відхилення від нормативних;

- початковою інформацією процесу для залізничників є кількість чавуновозів, які потрібно поставити під піч до встановленого часу випуску, при цьому диспетчер доменного цеху співпрацює пліч-о-пліч з маневровим диспетчером доменного району, контролюючи процес постановки;

- за командою доменного цеху локомотивна бригада заїзжає на колії наливу по наповненню ковшів, забирає їх та доставляє до міксерного відділення доменного цеху;

- на шляху прямування на ваговій здійснюється зважування чавуновозів;

- після постановки до міксерного відділення локомотив від'їзжає на безпечну відстань. Потім забирає порожні ковші для чергової постановки під налив;

- періодично виконуються маневри з відставлення ковшів для ремонту, або на процедуру збиття шлакової корки по колу наповнення чавуну. Ця корка заважає процесу наповнення ковшів, чавун іноді, буквально провалює цей шар шлаку. Ремонт може передбачати як роботу з лафетом, елементами кріплення та основи ковшу, так і заміну футерування. Дані процедури суттєво відрізняються за часом. Чавуновози за розподілом

обладнання між підрозділами металургійних підприємств, на відміну від інших вагонів, відносяться на баланс доменного цеху;

- окрім перевезень рідкого чавуну за контактним графіком переміщуються інші вантажі, наприклад колошниковий пил, коксовий дріб'язок. Однак, зазвичай, перевезення рідкого чавуну є більш пріоритетними;

- для перевезень рідкого чавуну здійснюється перехід составів з-під печей на головну чавуновозну колію. Передбачено маневровий порядок руху, усі стрілки знаходяться на ручному управлінні та за нормальним положенням укладаються у напрямку даної чавуновозної колії.

1.4 Недоліки існуючого положення та постановка задач дослідження

Головним недоліком організації перевезень рідкого чавуну за існуючих умов є відсутність точної методології розрахунку потрібної кількості ресурсів для забезпечення цього процесу.

Для доставки використовуються такі види ресурсів, які завжди були розраховані забезпечити чітку роботу наступних агрегатів та обладнання:

- чотирьох доменних печей;
- двох вантажопідйомних кранів міксерного відділення;
- ділянки розливних машин;
- двох вагових доменного цеху;
- ремонтної ділянки чавуновозів.

В умовах сьогодення працюють лише дві доменні печі, що передбачає перегляду режиму роботи, та встановленню раціонального використання усіх ресурсів:

- локомотивів;
- чавуновозів;
- кранів.

Аналітичні розрахунки можуть бути неточними в умовах стохастичності процесів, які протікають, зокрема, виробничих.

Тож в магістерській роботі поставлена задача удосконалення процесу перевезень чавуну в умовах 50% скорочення виробництва за умови раціонального використання ресурсів, кожен з яких має власні техніко-економічні показники використання, а загальний показник вартості витрат в зазначених умовах є недостатньо дослідженим.

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Аналіз статистичних даних виробництва продукції ПАТ «Запоріжсталь»

В ході проектування аналізувались дані від початку задувки 3-ї т 4-ї доменних печей у квітні 2022 року, тобто період 6 місяців (таблиця 2.1) – з травня по жовтень 2022 року [1].

Таблиця 2.1 – Дані обсягів виробництва

Продукція	Обсяг виробництва, тис. тонн/місяць					
	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень
Рідкий чавун	157,5	146,9	137,4	145,6	148,7	157
Сталь	131,7	69,6	89,6	94,4	106,8	121,8
Чавун чушковий	58,2	76,3	67,4	67,6	64,1	61,2
Відсоток чушкового чавуну від його загального обсягу виробництва	37	51,9	49,1	46,4	43,1	39
Прокат	121,2	83	78,7	74,7	89,3	101,3

Як бачимо з попереднього аналізу, представленому на рисунку 2.1, зміна обсягів виробництва рідкого чавуну по місяцях не коригують із змінами виробництва чушкового чавуну, тобто залежність між змінами не спостерігається.

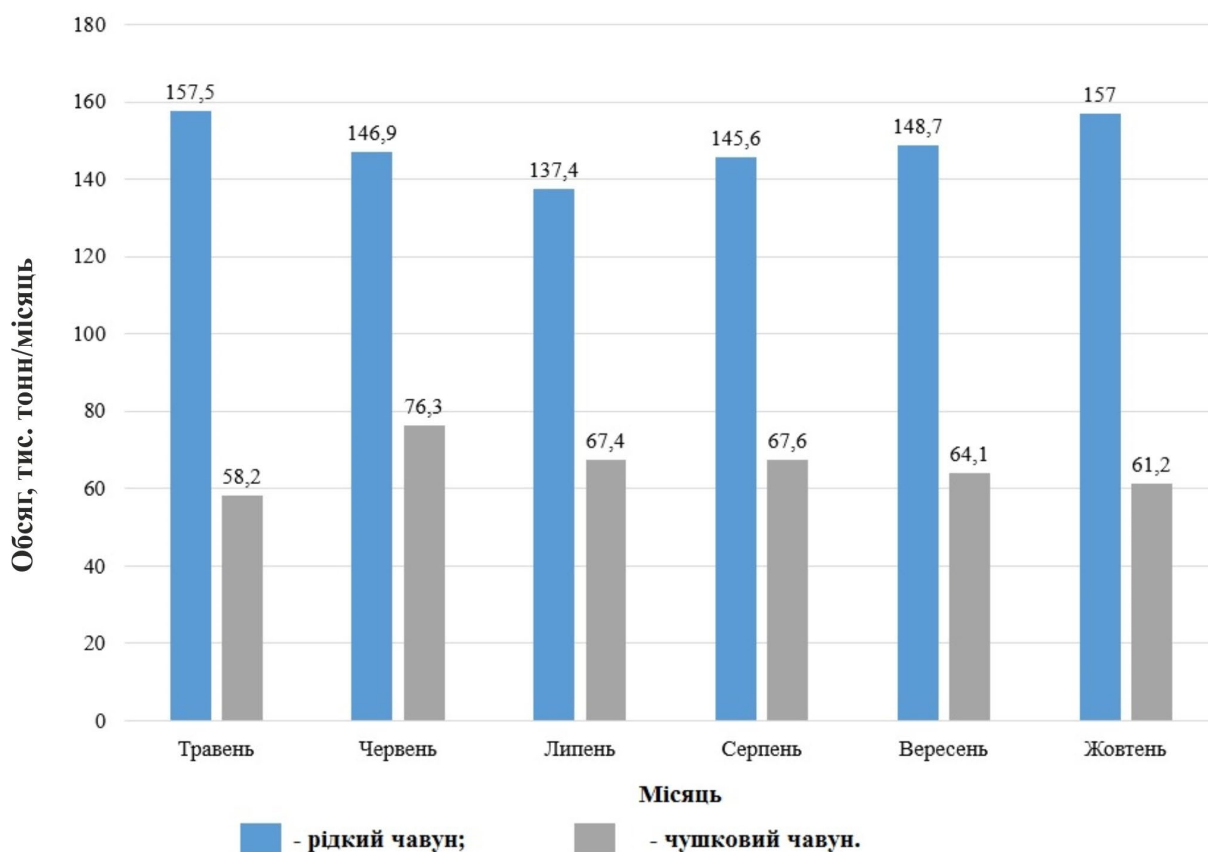


Рисунок 2.1 – Динаміка змін обсягів виробництва чавуну по місяцях

Наступним етапом виконаємо аналіз інтенсивності виробництва чавуну ДП-3 та ДП-4.

Нижче представлено ряд інтервалів часу між моментами закінчення випуску чавуну по доменній печі №3:

2,01; 2,04; 2,12; 2,2; 2,06; 2,11; 2,09; 2,18; 2,09; 2,06; 2,13; 1,92; 2,22; 2,11; 1,86; 2,1; 2; 2,2; 1,93; 1,99; 1,91; 2,06; 1,94; 1,89; 2,07; 1,97; 2,01; 2,04; 2; 1,87; 2,16; 2,03; 2,07; 1,99; 2,04; 1,99; 1,97; 2,09; 1,98; 2,05; 2,02; 2,06; 1,94; 2,24; 2,08; 2,17; 1,9; 2,08; 2,13; 2,05; 1,9; 2; 1,87; 2,04; 1,93; 2,07; 1,89; 1,82; 1,82; 1,8; 2; 1,98; 1,92; 2,12; 2,04; 2,04; 1,93; 1,88; 2,07; 1,88; 1,95; 2,06; 2,11; 2,1; 2,14; 2,06; 2,03; 2,13; 1,99; 1,96; 2,07; 2,05; 2,19; 2,04; 2,13; 2,18; 1,92; 1,92; 2,02; 2,1; 2; 2,09; 2,01; 2,06; 1,88; 1,98; 2,04; 1,99; 1,88; 1,98.

Варіаційний ряд (за порядком зростання аналізованої величини):

1,8; 1,82; 1,82; 1,86; 1,87; 1,87; 1,88; 1,88; 1,88; 1,88; 1,89; 1,89; 1,9; 1,9;
1,91; 1,92; 1,92; 1,92; 1,92; 1,93; 1,93; 1,93; 1,94; 1,94; 1,95; 1,96; 1,97; 1,97;
1,98; 1,98; 1,98; 1,98; 1,99; 1,99; 1,99; 1,99; 1,99; 2; 2; 2; 2; 2; 2,01; 2,01; 2,01;
2,02; 2,02; 2,03; 2,03; 2,04; 2,04; 2,04; 2,04; 2,04; 2,04; 2,04; 2,04; 2,05; 2,05;
2,05; 2,06; 2,06; 2,06; 2,06; 2,06; 2,06; 2,06; 2,07; 2,07; 2,07; 2,07; 2,07; 2,08;
2,08; 2,09; 2,09; 2,09; 2,09; 2,1; 2,1; 2,1; 2,11; 2,11; 2,11; 2,12; 2,12; 2,13; 2,13;
2,13; 2,13; 2,14; 2,16; 2,17; 2,18; 2,18; 2,19; 2,2; 2,2; 2,22; 2,24.

За формулою Стерджеса [7] кількість інтервалів $N_{гр}$ для подальшого групування даних при наявності 100 спостережень становить:

$$N_{гр} = 1 + 3,22 \lg(100) = 7.$$

За допомогою програмного засобу Statistica формуємо діаграму щільності ймовірності інтервалів випуску чавуну ДП-3 (рисунок 2.2).

Як видно з рисунку, емпіричні дані, представлені у вигляді стовпчикової діаграми якнайкраще співпадають з нормальним законом розподілу випадкової величини, на відміну від інших, відомих законів [8, 9].

У разі моделювання процесу в програмному середовищі Anylogic, яке базується на мові java, потрібні наступні параметри, також розраховані в програмі Statistica:

- мінімальне значення – 1,8;
- максимальне значення – 2,24;
- середнє значення – 2,02;
- стандартне відхилення – 0,1.

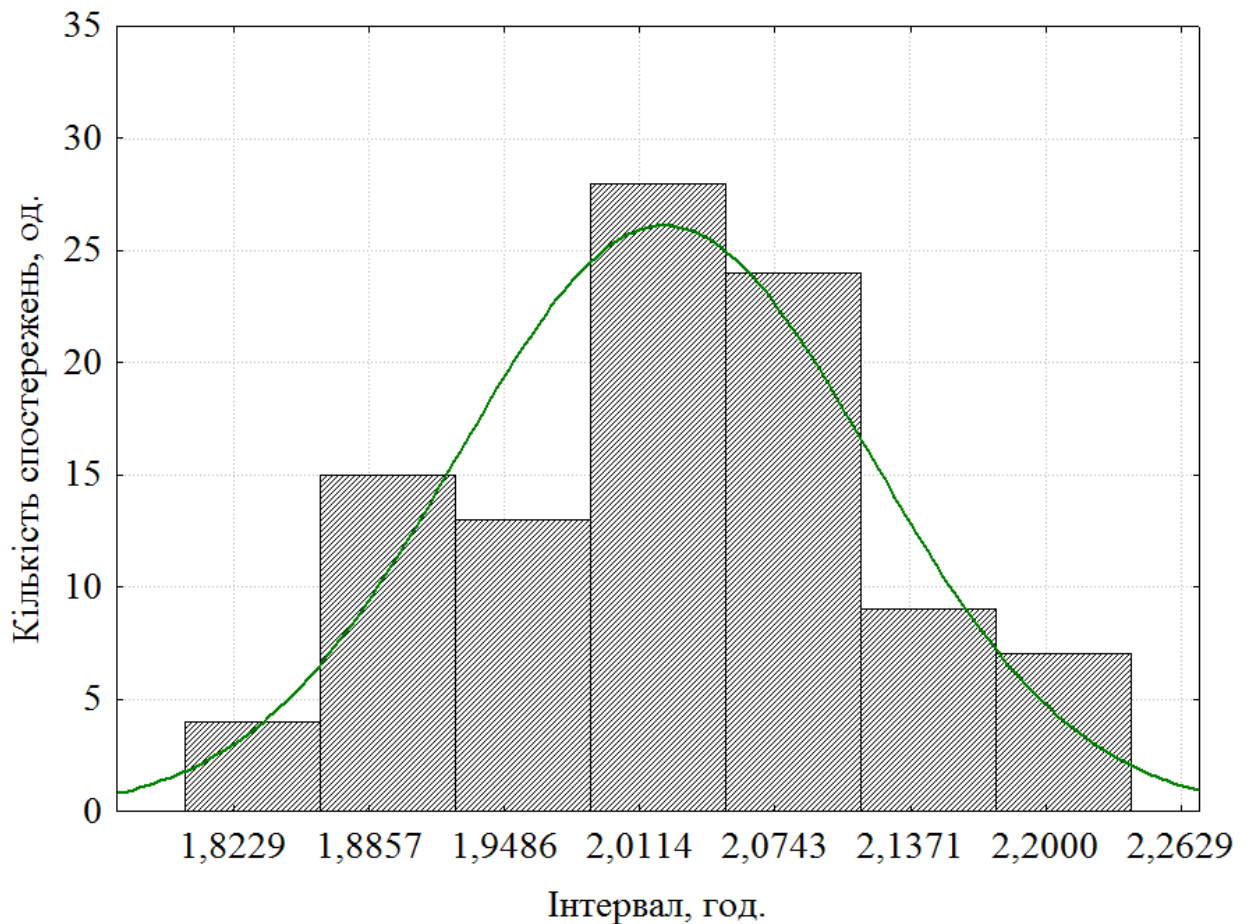


Рисунок 2.2 - Діаграма щільності ймовірності розподілу інтервалів випуску чавуну ДП-3 (стовпчикова) та нормальний розподіл

Нижче представлено ряд інтервалів часу між моментами закінчення випуску чавуну по доменній печі №4:

2,14; 2,36; 2,02; 2,43; 2,22; 2,18; 2,42; 2,21; 2,48; 1,88; 2,1; 2,2; 2,35; 2,19; 2,16; 2,3; 2,13; 1,97; 2,16; 2,23; 2,12; 2,18; 2,26; 2,55; 2,47; 2,14; 2,03; 2,18; 2,35; 2,45; 2,22; 2,02; 2,09; 2,23; 2,36; 2,23; 2,04; 2,13; 1,93; 1,92; 2,35; 2,44; 2,04; 2,07; 2,26; 2,07; 2,3; 2,24; 2,24; 2,17; 2,2; 2,5; 2,38; 2,36; 2,38; 2,09; 2,27; 2,19; 2,27; 2,36; 2,12; 2,46; 2,06; 2,17; 2,03; 2,13; 2,03; 2,26; 2,2; 1,82; 2,26; 1,97; 2,13; 2,1; 2,23; 2,34; 2,16; 2,07; 2,27; 2,02; 2,02; 2,11; 1,85; 2,38; 2,28; 1,92; 2,27; 2,25; 1,98; 2,09; 2,13; 2,49; 2,18; 2,06; 2,18; 2,32; 2,33; 2,23; 1,89; 2,04.

Варіаційний ряд (теж 100 значень):

1,82; 1,85; 1,88; 1,89; 1,92; 1,92; 1,93; 1,97; 1,97; 1,98; 2,02; 2,02; 2,02;
2,02; 2,03; 2,03; 2,03; 2,04; 2,04; 2,04; 2,06; 2,06; 2,07; 2,07; 2,07; 2,09; 2,09;
2,09; 2,1; 2,1; 2,11; 2,12; 2,12; 2,13; 2,13; 2,13; 2,13; 2,13; 2,14; 2,14; 2,16; 2,16;
2,16; 2,17; 2,17; 2,18; 2,18; 2,18; 2,18; 2,18; 2,19; 2,19; 2,2; 2,2; 2,2; 2,21; 2,22;
2,22; 2,23; 2,23; 2,23; 2,23; 2,23; 2,24; 2,24; 2,25; 2,26; 2,26; 2,26; 2,26; 2,27;
2,27; 2,27; 2,27; 2,28; 2,3; 2,3; 2,32; 2,33; 2,34; 2,35; 2,35; 2,35; 2,36; 2,36; 2,36;
2,36; 2,38; 2,38; 2,38; 2,42; 2,43; 2,44; 2,45; 2,46; 2,47; 2,48; 2,49; 2,5; 2,55.

На рисунку 2.3 показано діаграма щільності ймовірності розподілу інтервалів випуску чавуну ДП-4 (стовпчикова) та нормальний розподіл випадкової величини з аналогічними параметрами форми та розміру.

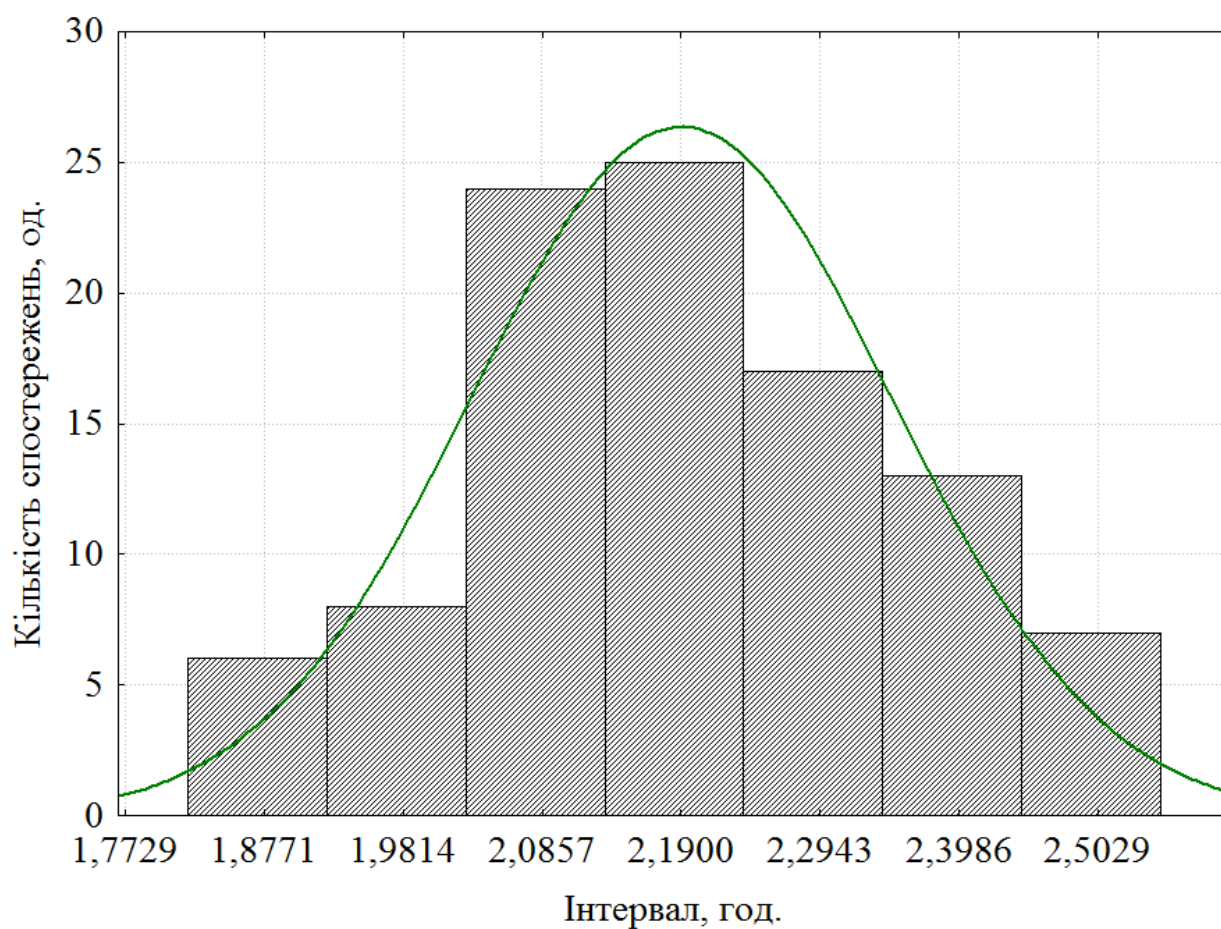


Рисунок 2.3 - Діаграма щільності ймовірності розподілу інтервалів випуску чавуну ДП-4 (стовпчикова) та нормальний розподіл

З рисунку 2.3, фактичні дані, представлені у вигляді стовпчикової діаграми якнайкраще співпадають з нормальним законом розподілу випадкової величини у порівнянні з іншими [10].

Параметри для моделювання за даним законом, розраховані в програмі Statistica:

- мінімальне значення – 1,82;
- максимальне значення – 2,55;
- середнє значення – 2,19;
- стандартне відхилення – 0,16.

Перейдемо до створення моделі роботи ДП-3 та ДП-4.

2.2 Створення моделі транспортного обслуговування доменних печей ДП-3 та ДП-4

Модель створюємо у програмному середовищі AnyLogic 8.7 Personal Learning Edition, яку можна використовувати безкоштовно для навчальних цілей. Тож, після запуску створюємо нову модель (рисунок 2.4).

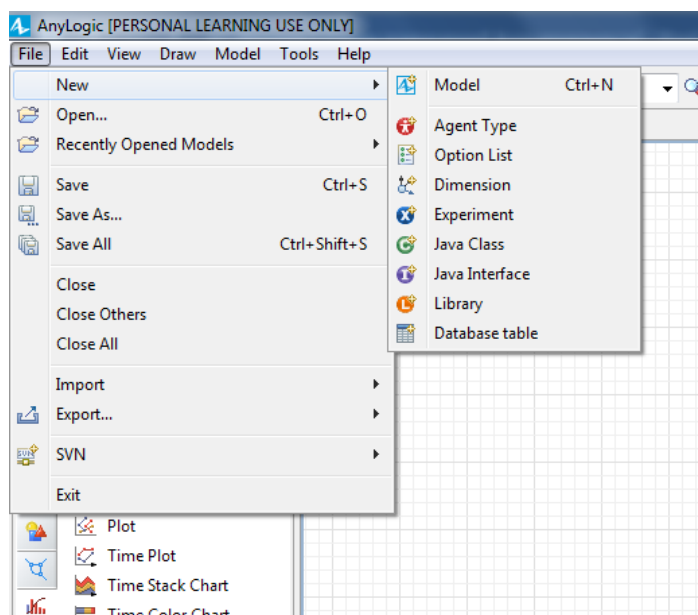


Рисунок 2.4 – Створення нової моделі

Спочатку вибудовуємо ланцюг формування та виходу замовлень (ковшів із рідким чавуном) з ДП-3 (рисунок 2.5).

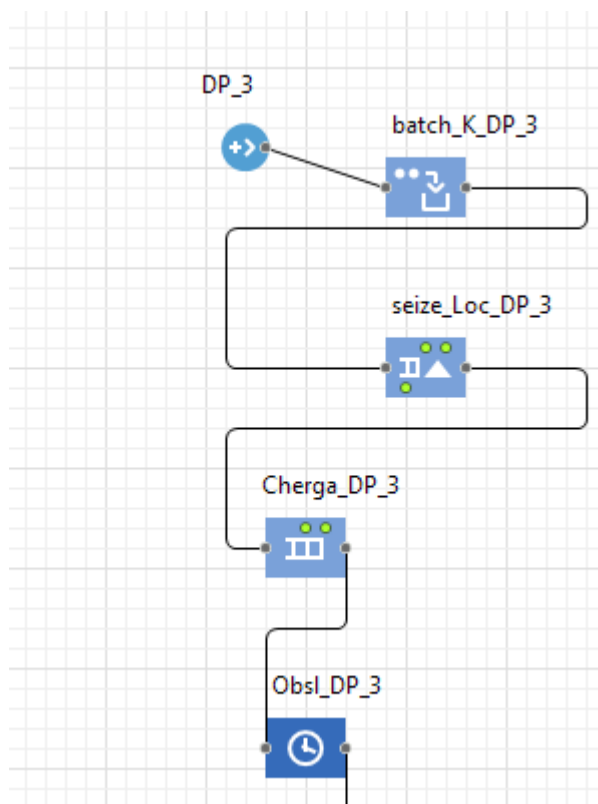


Рисунок 2.5 - Формування та вихід замовлень
(ковшів із рідким чавуном) з ДП-3

Розглянемо представлені на рисунку елементи по чергово, рухаючись зверху донизу.

Першим іде елемент, який забезпечує створення замовлень в системі, він надає можливість реалізації цього за різними способами.

В нашому випадку задаємо встановлений закон розподілу випадкової величини та його параметри за схемою «назва закону», мінімальне значення, максимальне значення, математичне очікування, стандартне відхилення (показано також на рисунку 2.6):

`normal (1.8, 2.24, 2.02, 0.1).`

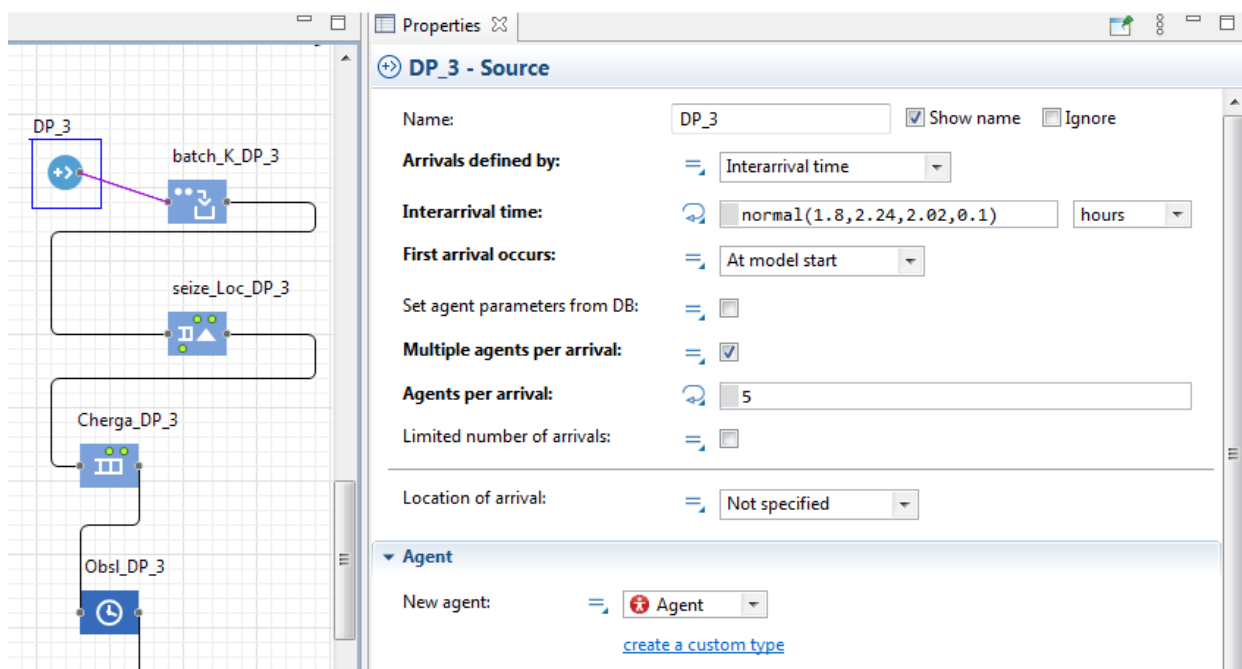


Рисунок 2.6 – Встановлення режиму формування замовлень з ДП-3

Кількість замовлень, які будуть надходити в систему за один раз приймаємо за даними підприємства – 5 одиниць (параметр «Agents per arrival»).

Наступним елементом є Batch_K_DP_3, який здійснює групування замовлень у одну партію (рисунок 2.7), щоб надалі вона доєдналась до ресурсу, який імітує роботу локомотиву.

Якщо цього не зробити, за логікою моделі буде вважатись, що кожен окремий ківш потребує окремого локомотиву [11].

Приєднання ресурсу «локомотив» здійснюється за допомогою наступного елементу «seize_Loc_DP_3», що показано на рисунку 2.8.

В нашому випадку тип ресурсу обрано статичний, оскільки в моделі не використовується мережа шляхів.

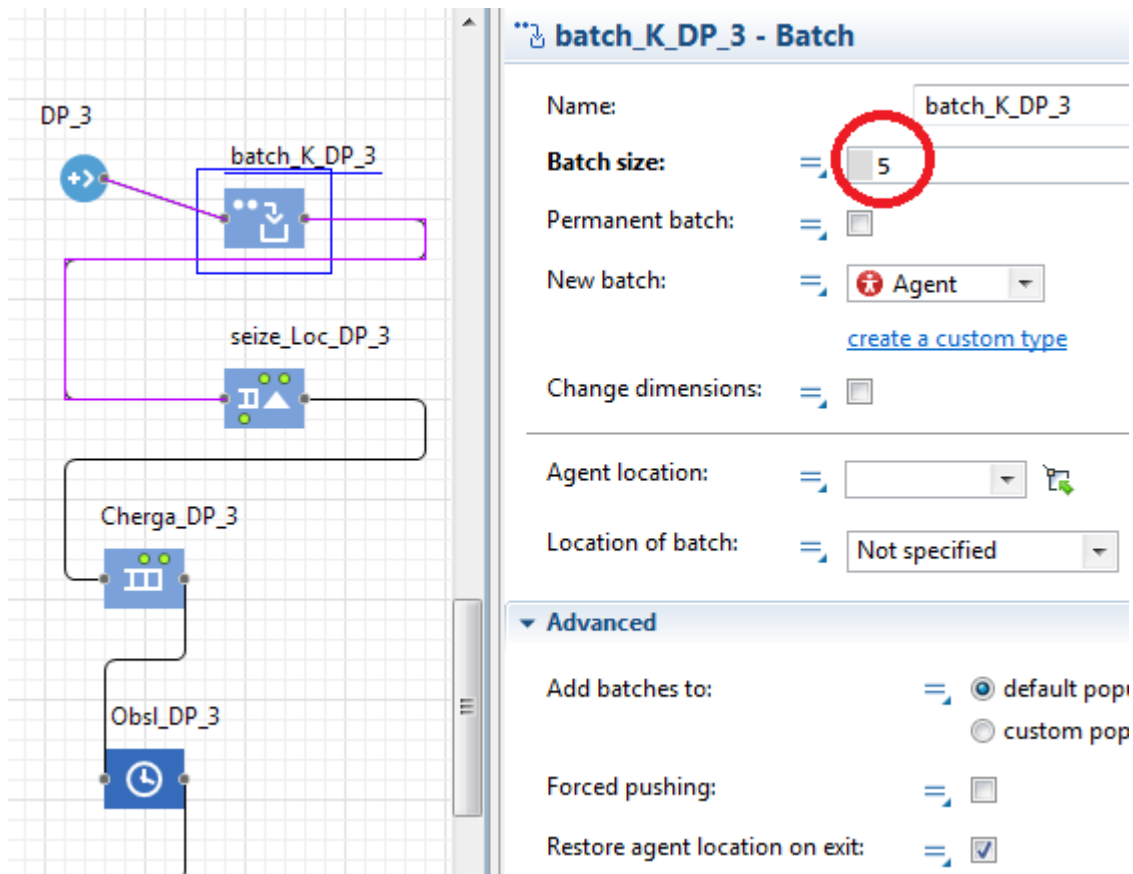


Рисунок 2.7 – Елемент утворення партії вантажу Batch_K_DP_3

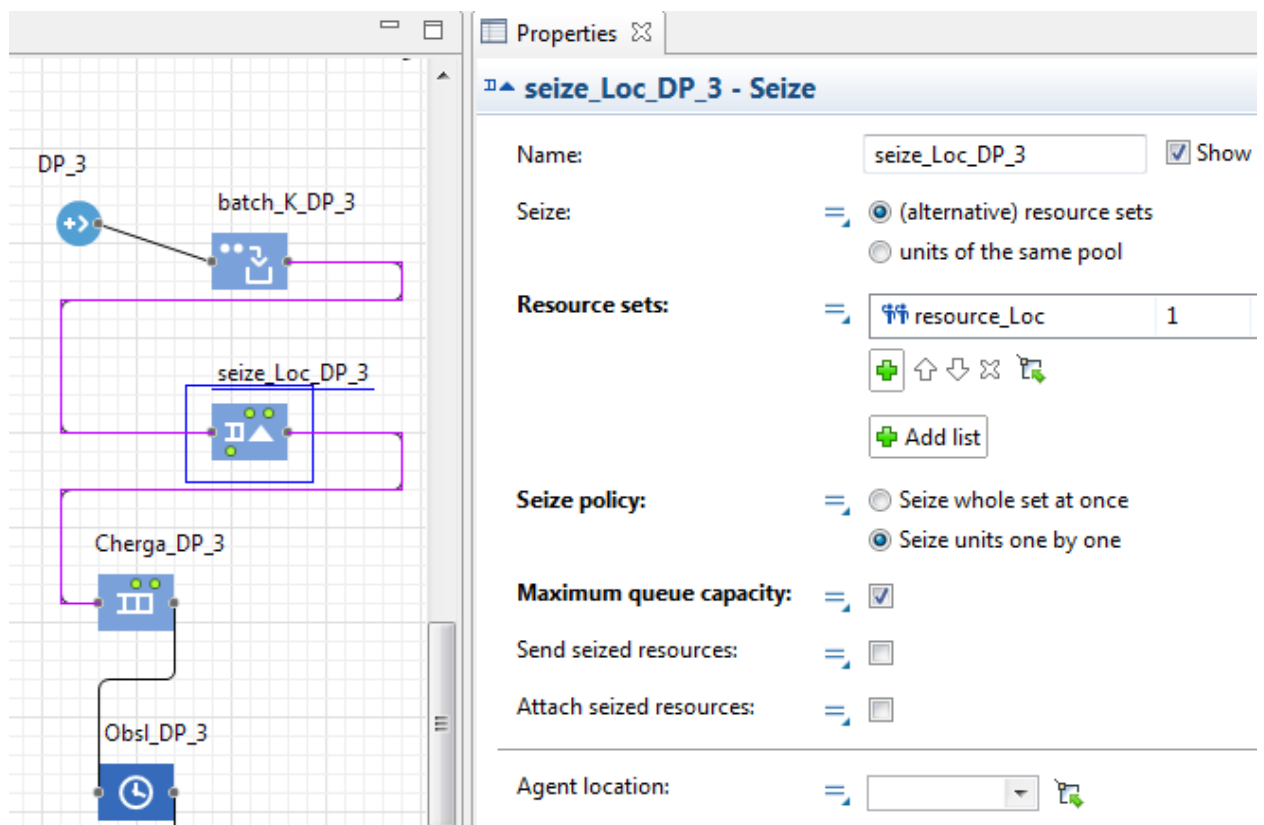


Рисунок 2.8 – Елемент приєднання ресурсу seize_Loc_DP_3

Кількість локомотивів, які можуть бути задіяні в процесі перевезень можна змінювати для аналізу впливу цього параметру на роботу системи в цілому [12].

Для розуміння подальшої логіки моделі на рисунку 2.9 представлений фрагмент схеми колійного розвитку транспортної системи, яка досліджується в даній роботі.

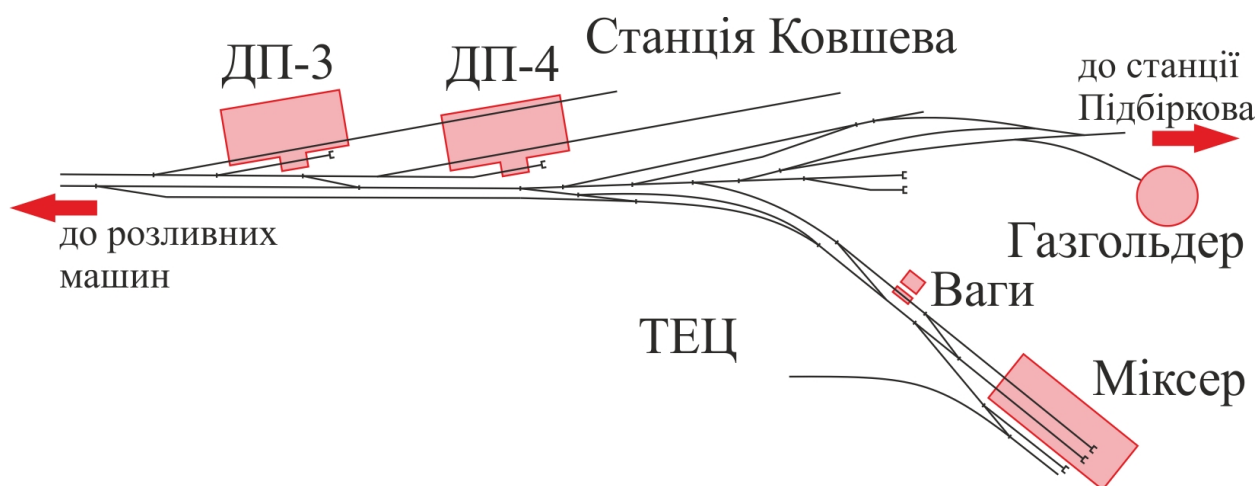


Рисунок 2.9 - Фрагмент схеми колійного розвитку

На даному рисунку для зручності не показані зайві елементи інфраструктури.

Щоб уникнути можливих помилок в роботі програми замовлення разом з ресурсом мають можливість перебувати в логічній послідовності елементів будь-який час та створять можливого переповнення елементів, які цього програмно не допускають, завдяки елементу типу «черга» - Cherga_DP_3 (показаний на рисунку 2.10).

В цьому елементі встановлюємо параметр «Maximum capacity» - тобто максимальну ємність.

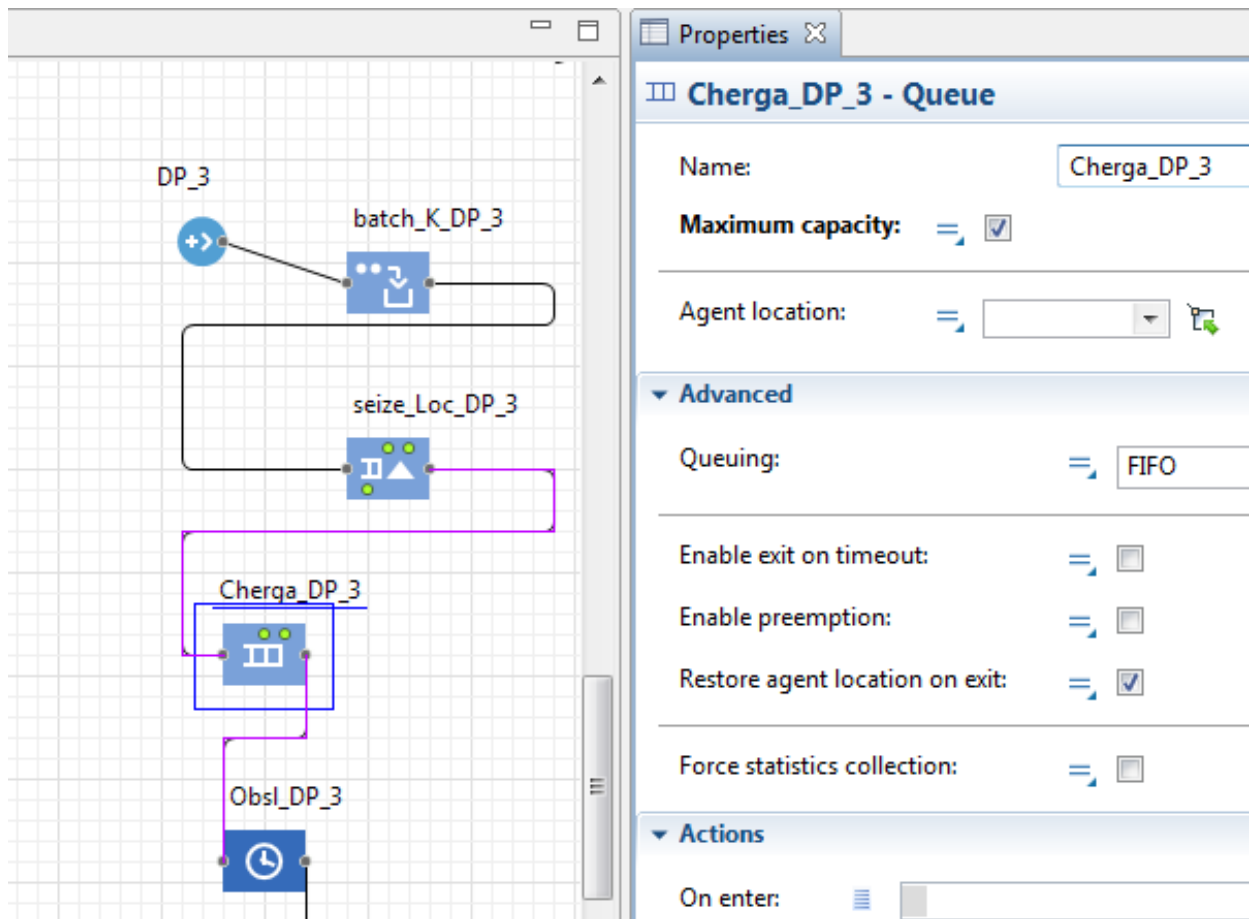


Рисунок 2.10 - Елемент типу «черга» - Cherga_DP_3

Логіка обслуговування прийнята за замовченням – «першим прийшов, першим був обслуговуваний».

Наступним елементом, який імітує транспортне обслуговування ДП-3, тобто формування складу (в реальних умовах це і узгодження плану дій працівників залізничного та доменного цеху між собою, прибирання дерев'яних клинів з-під ковшів, перестановка ковшу з допоміжної колії «балкону» печі та ін.), є Obsl_DP_3 – елемент, який затримує рух замовлення разом із приєднаним ресурсом на встановлений період часу.

В нашому випадку встановлюємо час – 5 хвилин.

Більше одного маневрового составу, зазвичай, не повинно перебувати в районі доменної печі, тож місткість даного елементу – 1.

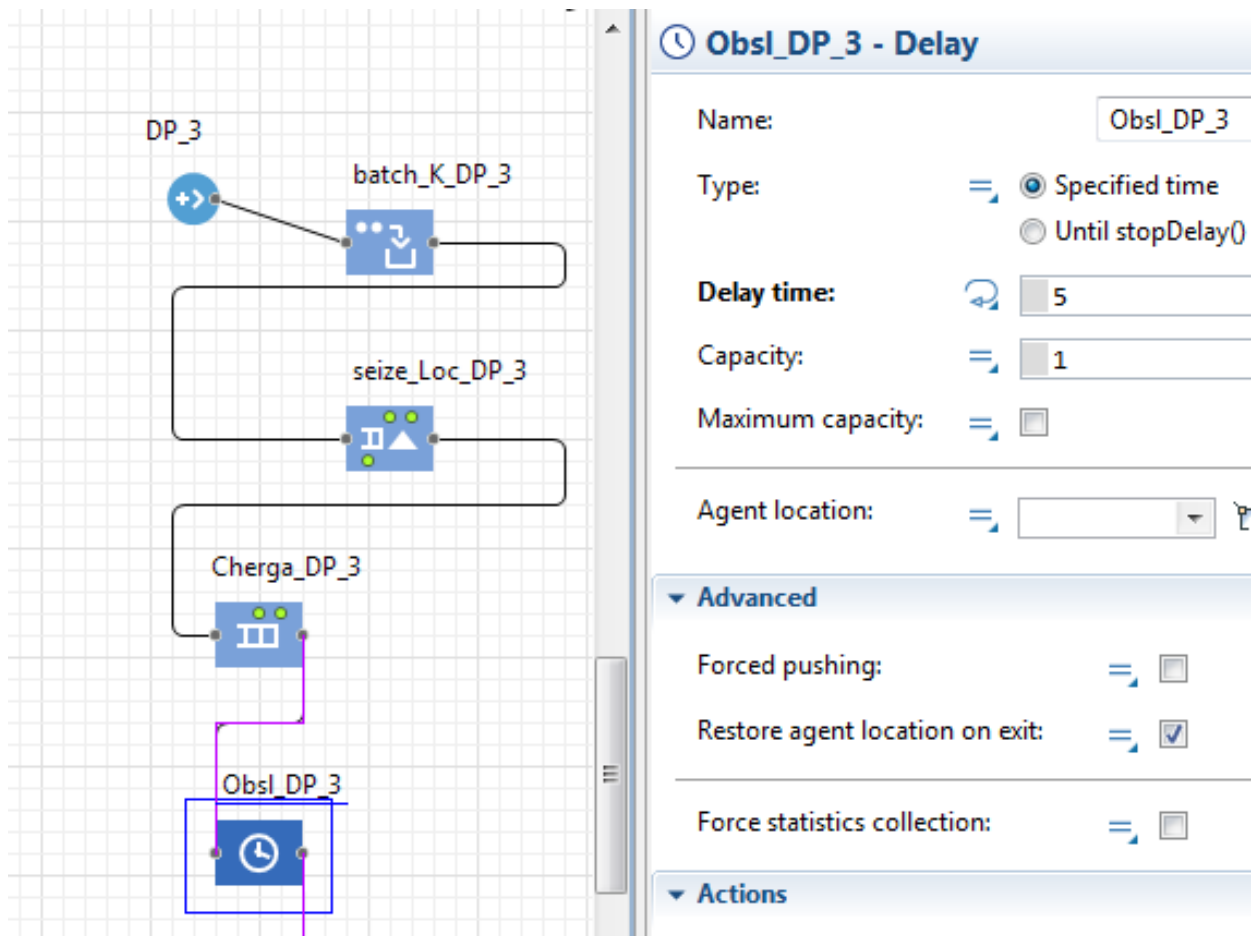


Рисунок 2.11 - Елемент часової затримки Obsl_DP_3

Таким чином, опис частини програми моделювання, яка імітує роботу в районі доменної печі №3 завершений.

Аналогічним чином реалізований паралельний логічний ланцюг елементів, які забезпечують просування замовлень, показаний на рисунку 2.12.

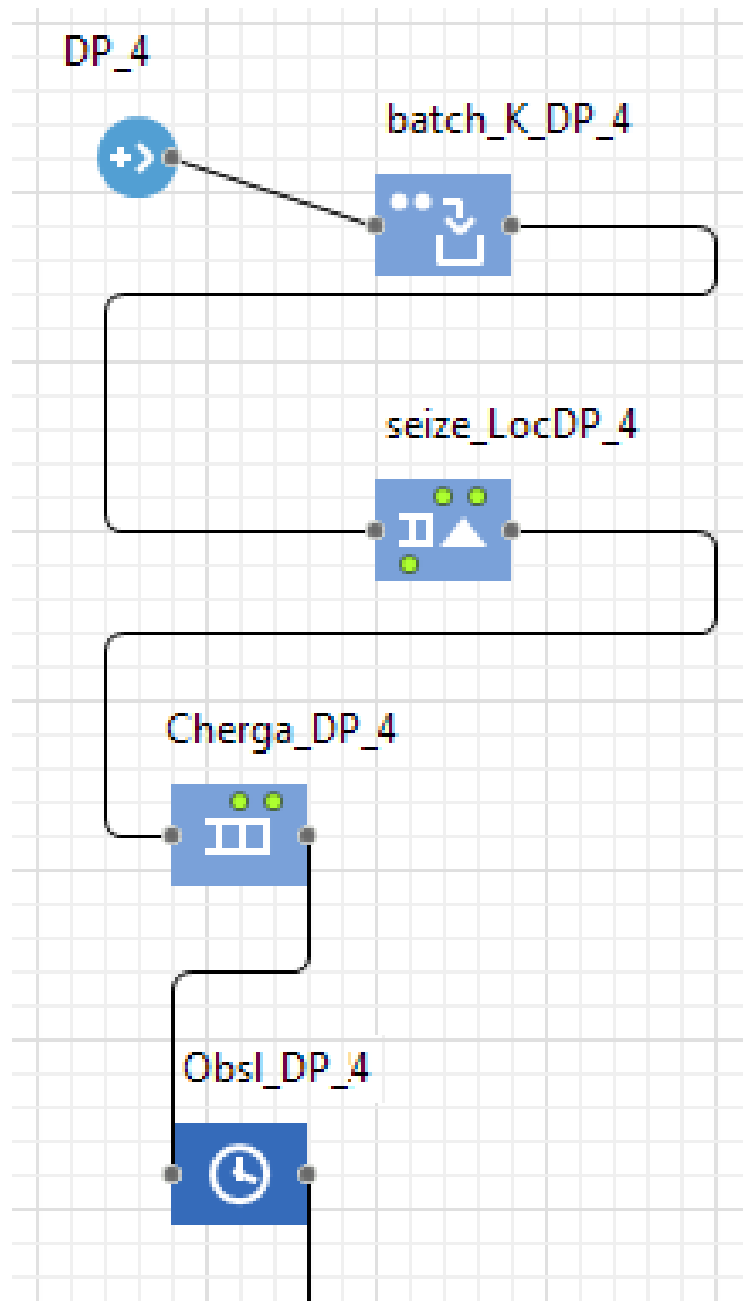


Рисунок 2.12 - Формування та вихід замовлень
(ковшів із рідким чавуном) з ДП-4

На рисунках 2.13, 2.14 показані параметри елементів:

- генерації замовлень Source DP_4;
- створення партії замовлень – «составу» batch_K_DP_4.

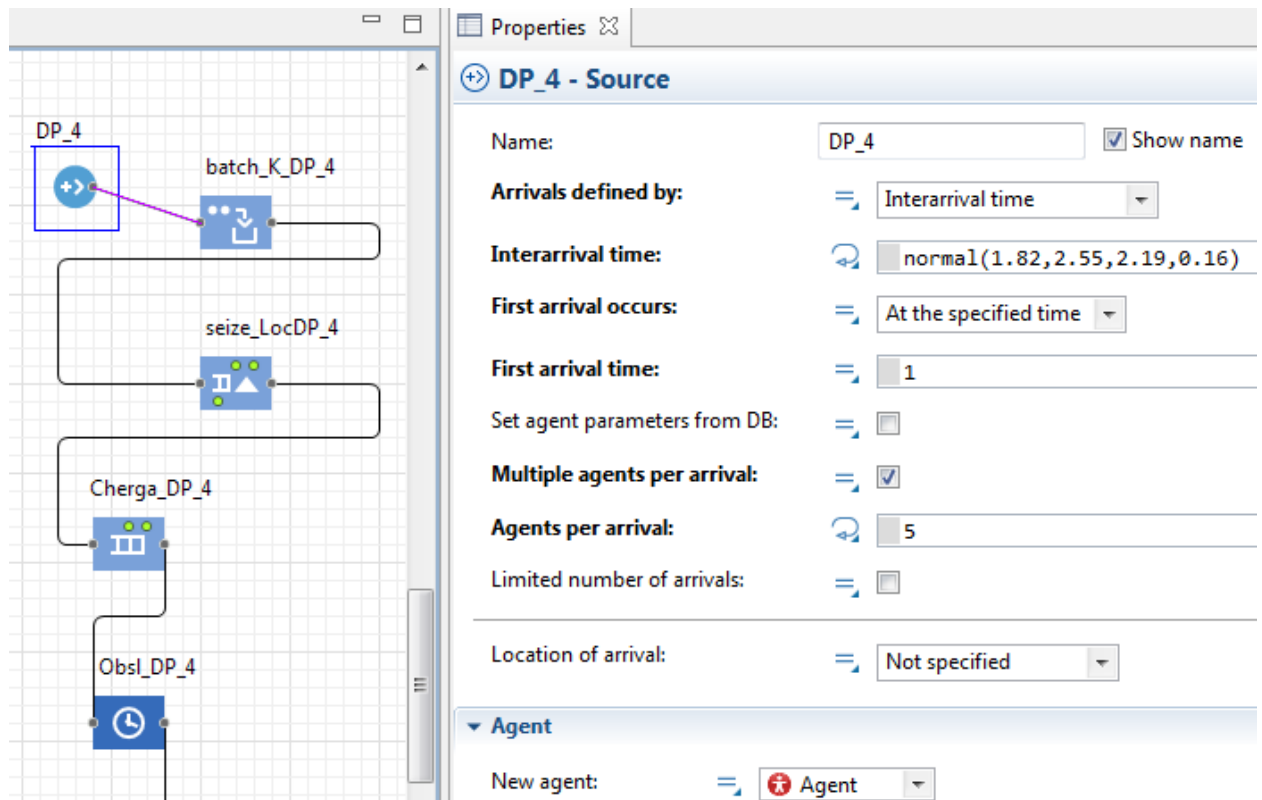


Рисунок 2.13 – Елемент генерації замовлень Source DP_4 та його параметри

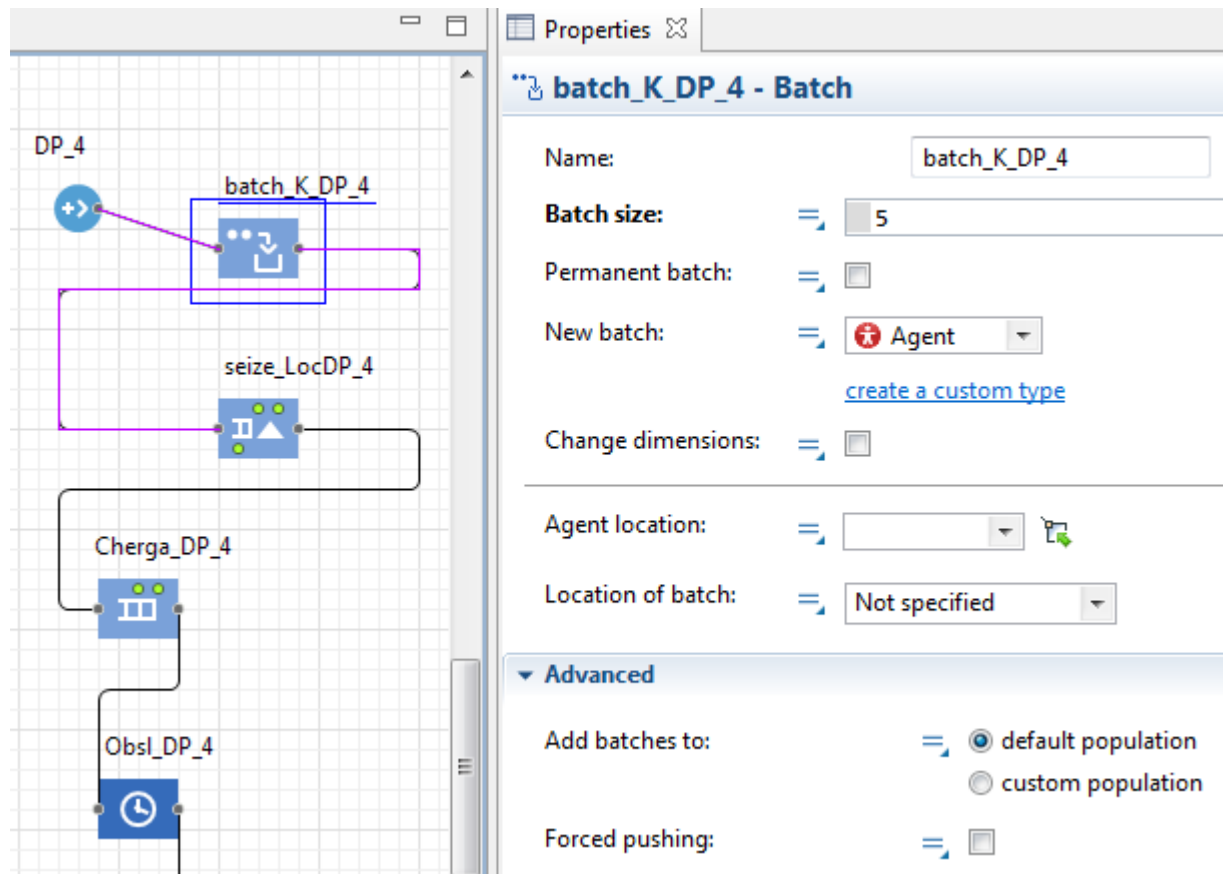


Рисунок 2.14 – Елемент створення партії замовлень batch_K_DP_4

На рисунках 2.15, 2.16 показані елементи seize_LocDP_4 та Cherga_DP_4.

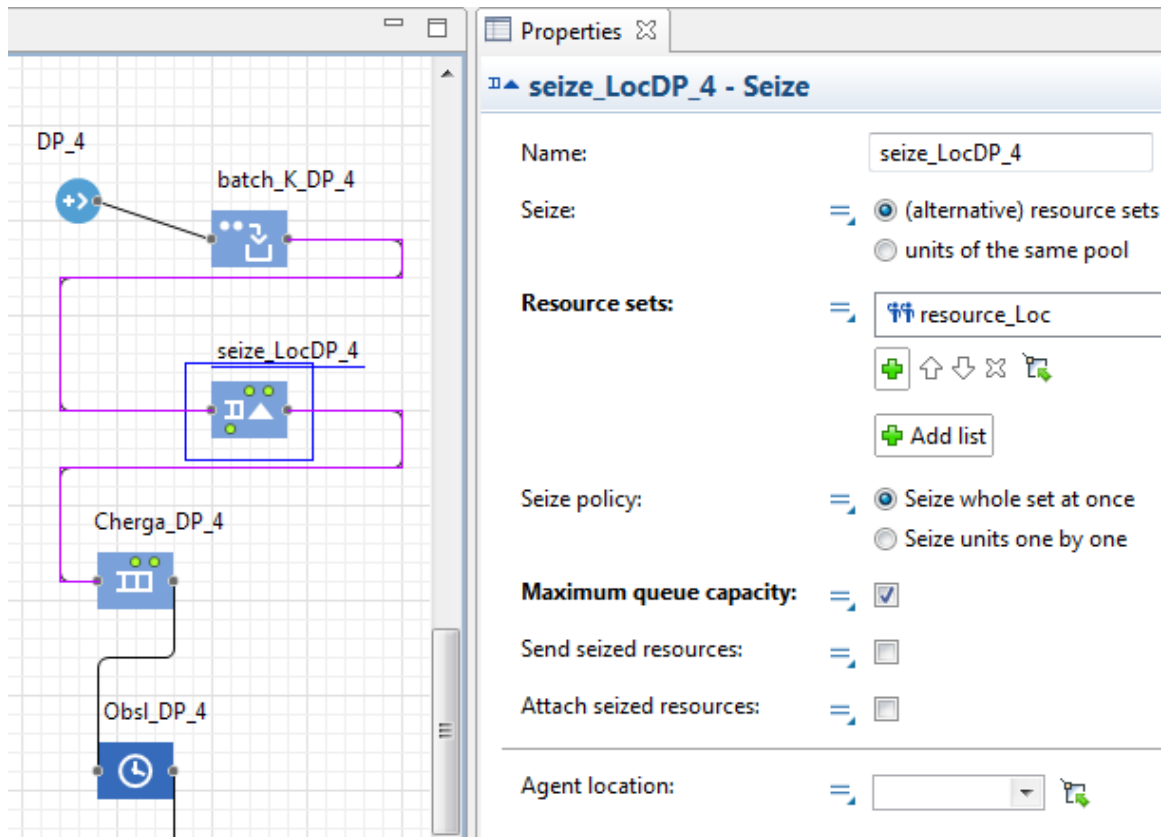


Рисунок 2.15 – Елемент приєднання ресурсів seize_LocDP_4

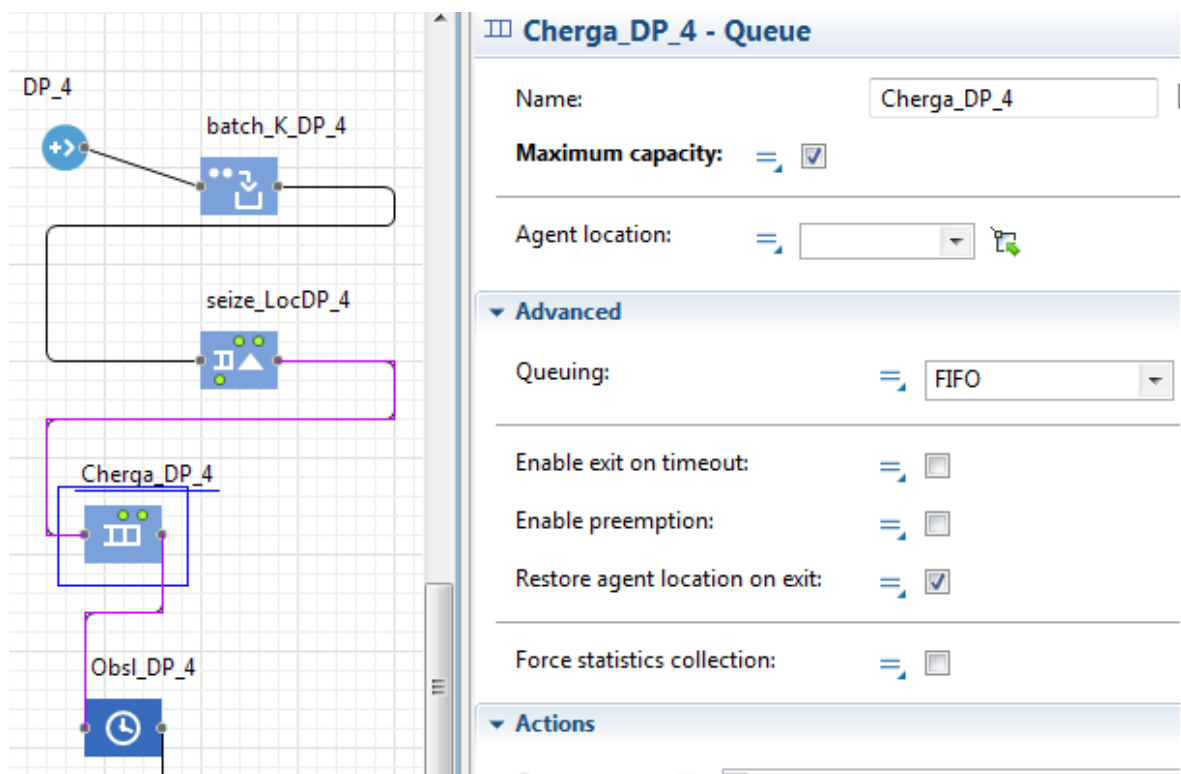


Рисунок 2.16 – Елемент «черга» Cherga_DP_4

На рисунку 2.17 показаний елемент імітації затримки при обслуговуванні ДП-4.

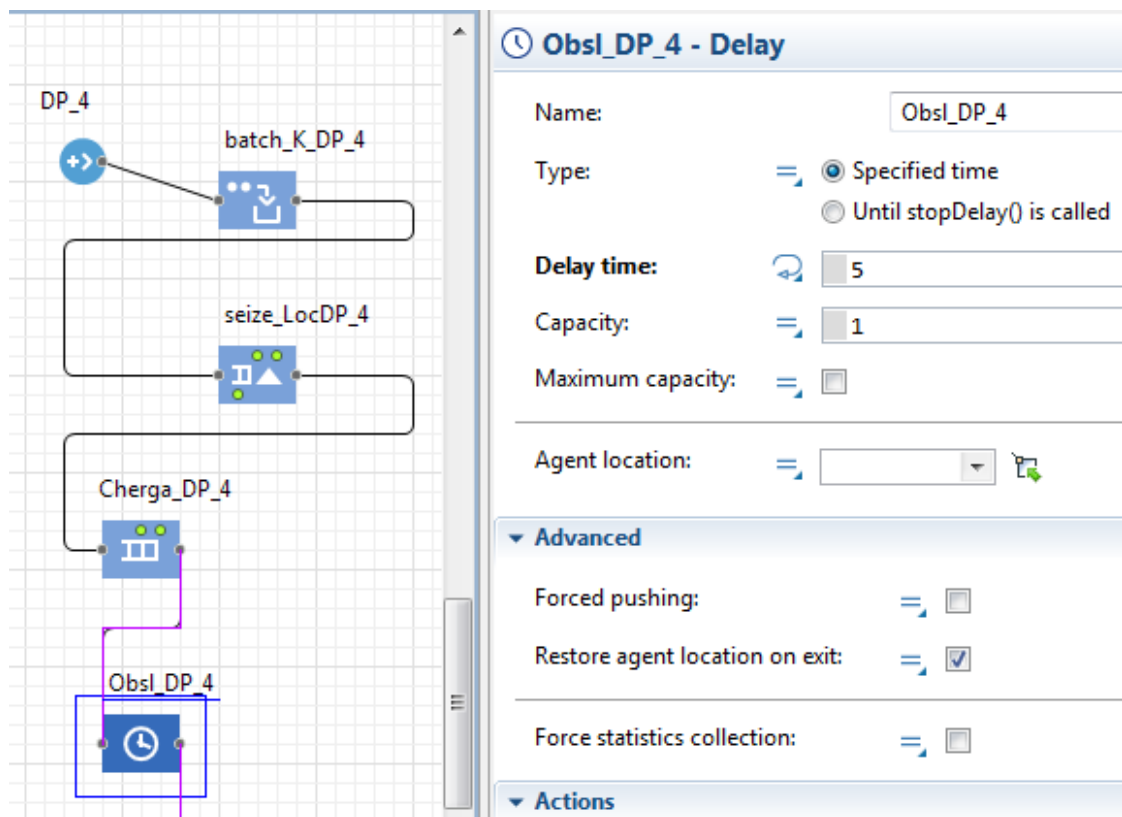


Рисунок 2.17 - Елемент імітації затримки при транспортному обслуговуванні ДП-4

Переходимо до наступного блоку імітаційної моделі (рисунок 2.18).

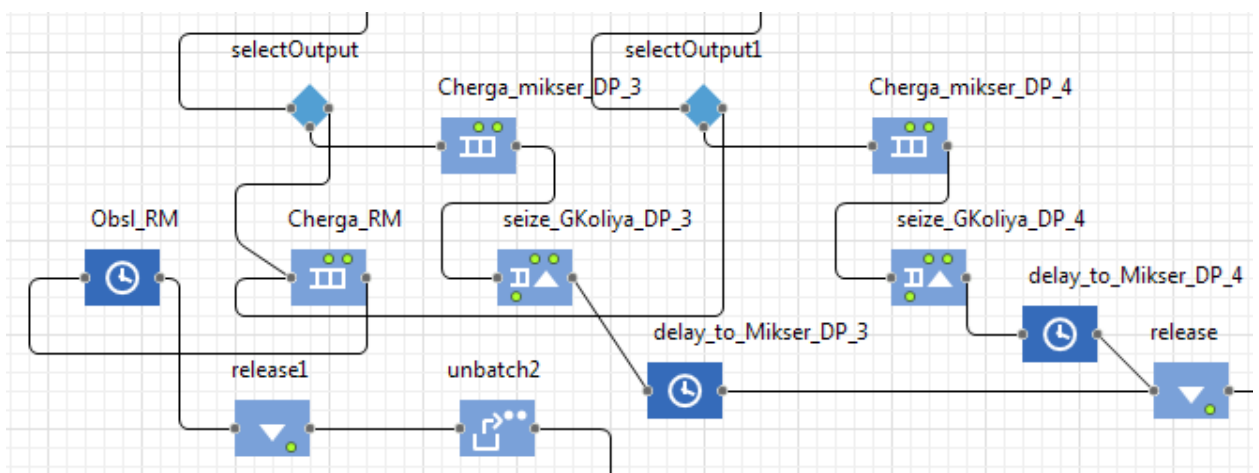


Рисунок 2.18 – Блок логіки переміщення замовлень – завантажених ковчів

Першими з блоку, який продовжує попередньо розглянутий, є елементи selectOutput та selectOutput1 (рисунок 2.19), які дозволяють реалізувати можливість вибору подальшого руху замовлень або до міксеру, або до розливних машин.

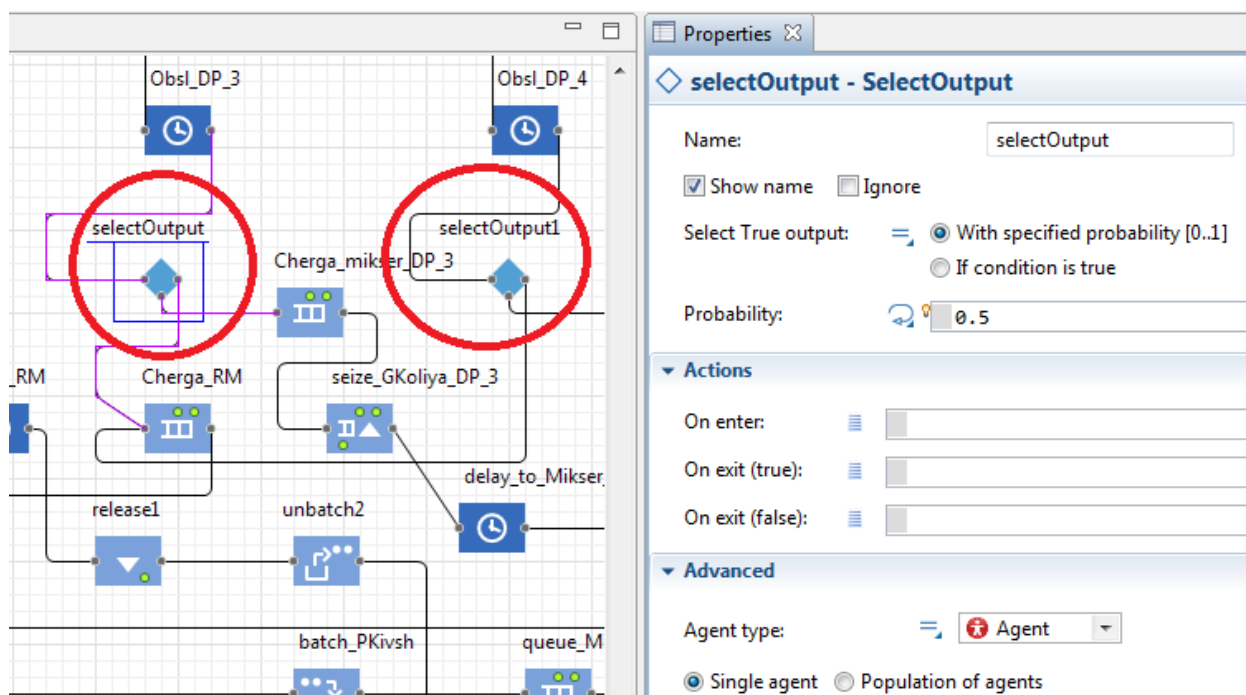


Рисунок 2.19 – Елементи selectOutput та selectOutput1

За даними підрозділу 2.1 даної роботи, до розливних машин спрямовується частка від 37 до 51,9 відсотків від загального обсягу виробництва чавуну. Середній плановий показник – близько 50%. Тож в полі параметру Probability встановлюємо дане значення у вигляді ймовірності – 0,5. Протягом роботи програми дане значення буде змінюватись випадковим чином, але загальна кількість составів, спрямованих до розливних машин та міксеру, будуть приблизно однаковими.

Наступні елементи – «черги» Cherga_RM, Cherga_mikser_DP_3, Cherga_mikser_DP_4 призначені для реалізації очікування замовленнями із

ресурсами – маневрових составів – вільності головної чавуновозної колії для руху до міксеру (рисунки 2.20-2.22).

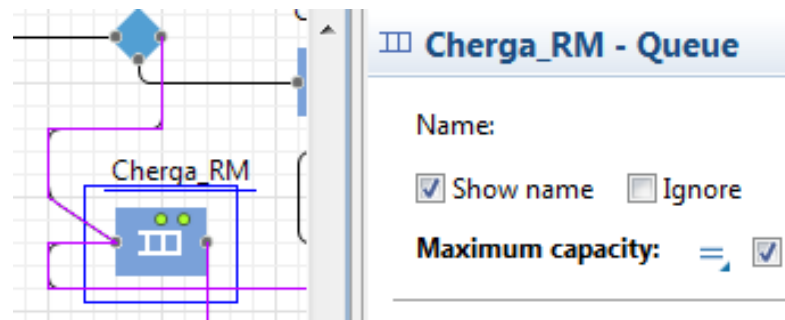


Рисунок 2.20 – Елемент «черга» Cherga_RM

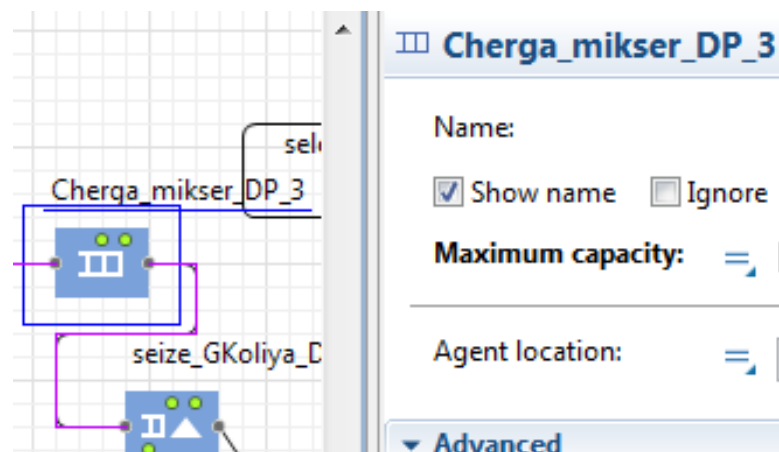


Рисунок 2.21 – Елемент «черга» Cherga_mikser_DP_3

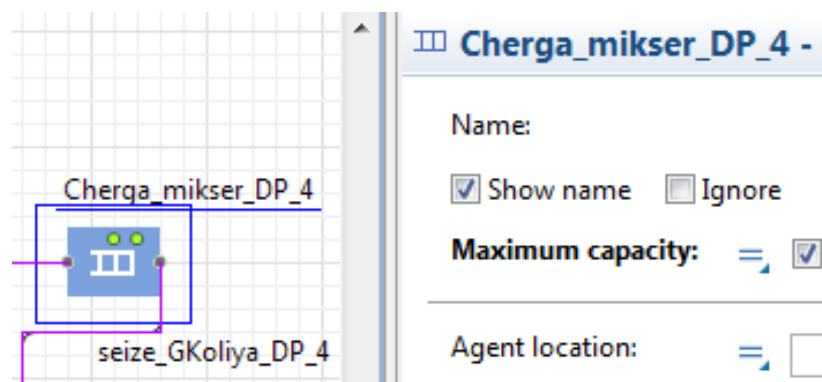


Рисунок 2.22 – Елемент «черга» Cherga_mikser_DP_4

Реалізація безпечного з точки зору залізничного руху по станційних коліях забезпечується таким чином.

Головна чавуновозна колія (на рисунку 2.23 виділена червоним кольором) може бути зайнята лише одним составом. Тож ця ділянка представлена ресурсом, у разі захоплення його одним замовленням, інше буде очікувати його вивільнення.

Тобто, на відміну від ресурсів – локомотивів, кількість яких передбачено змінювати для визначення найбільш оптимального за економічними показниками режиму роботи, ресурс – «головна чавуновозна колія» представлений лише одним ресурсом за кількістю.

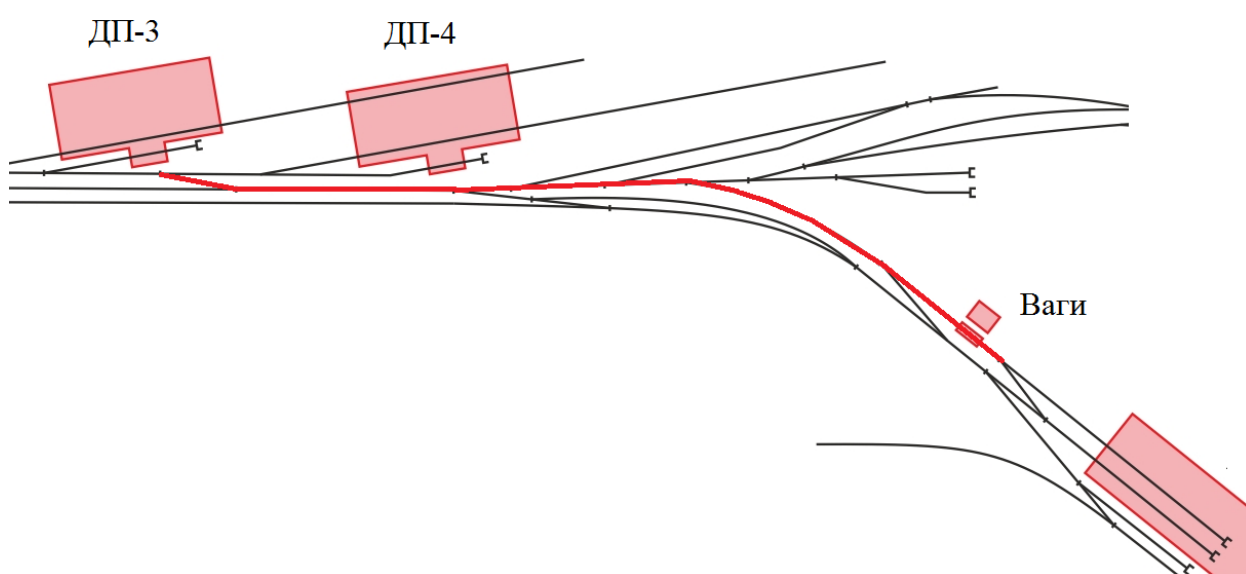


Рисунок 2.23 – Схема головної чавуновозної колії

Захоплення ресурсу реалізується елементами (рисунки 2.24, 2.25):

- seize_GKoliya_DP_3;
- seize_GKoliya_DP_4.

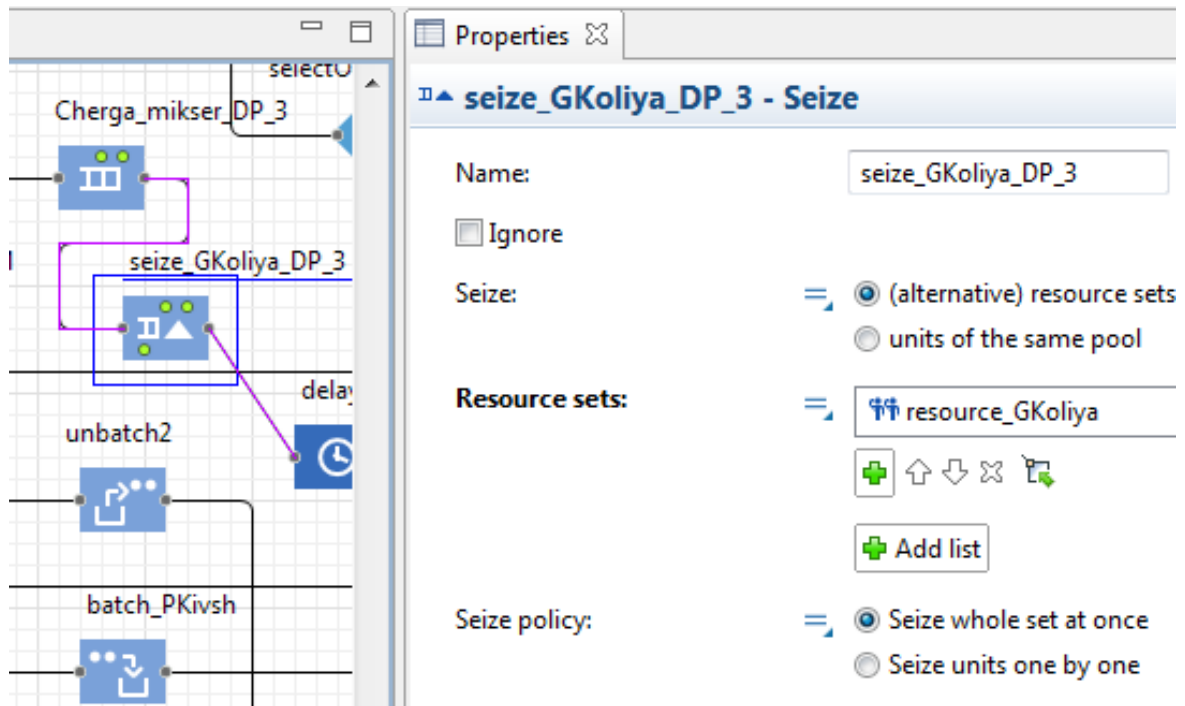


Рисунок 2.24 – Елемент захоплення ресурсу seize_GKoliya_DP_3

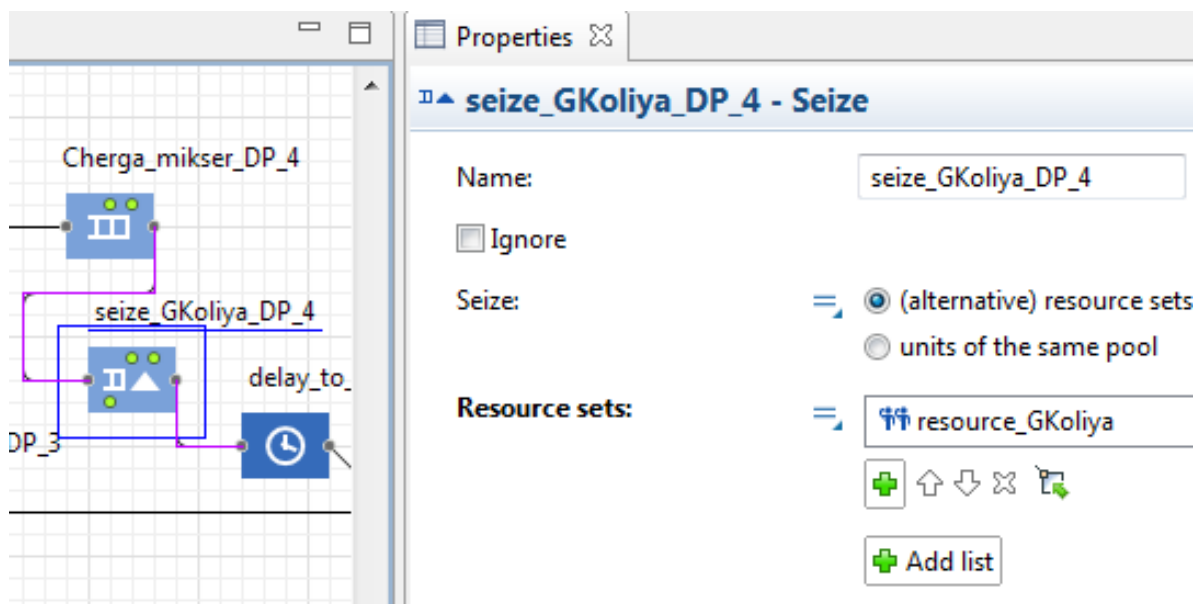


Рисунок 2.25 – Елемент захоплення ресурсу seize_GKoliya_DP_4

Вивільнення ресурсу відбувається після проходження замовленням наступних елементів затримки, яка імітує проходження составом головної чавуновозної колії: delay_to_Mikser_DP_3, delay_to_Mikser_DP_4.

Як видно на рисунках 2.26 та 2.27, параметри цих елементів відрізняються (задані у хвилинах у полі «Delay time»), оскільки ДП-3 розташована на більшій відстані до міксеру, ніж ДП-4.

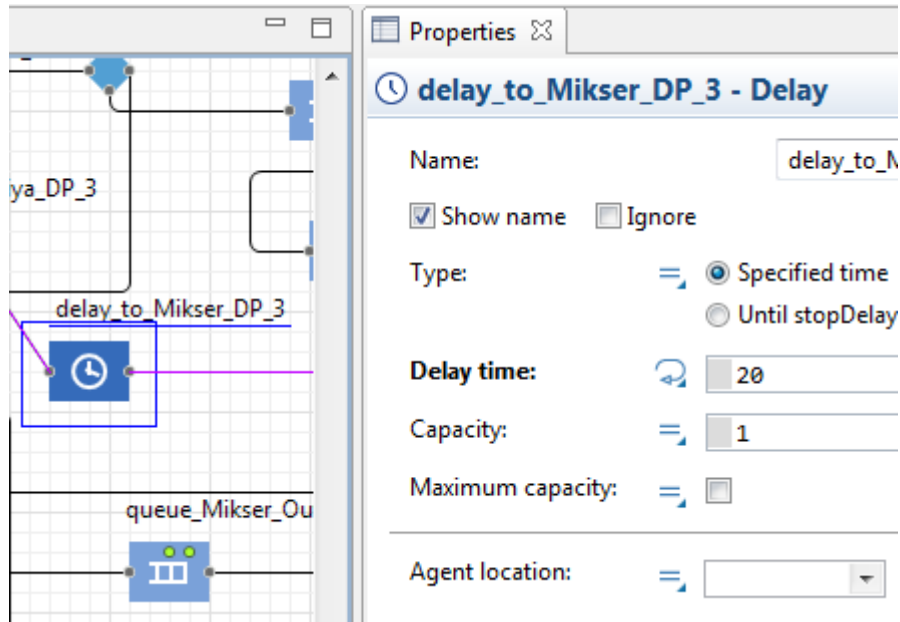


Рисунок 2.26 – Параметри елементу delay_to_Mikser_DP_3

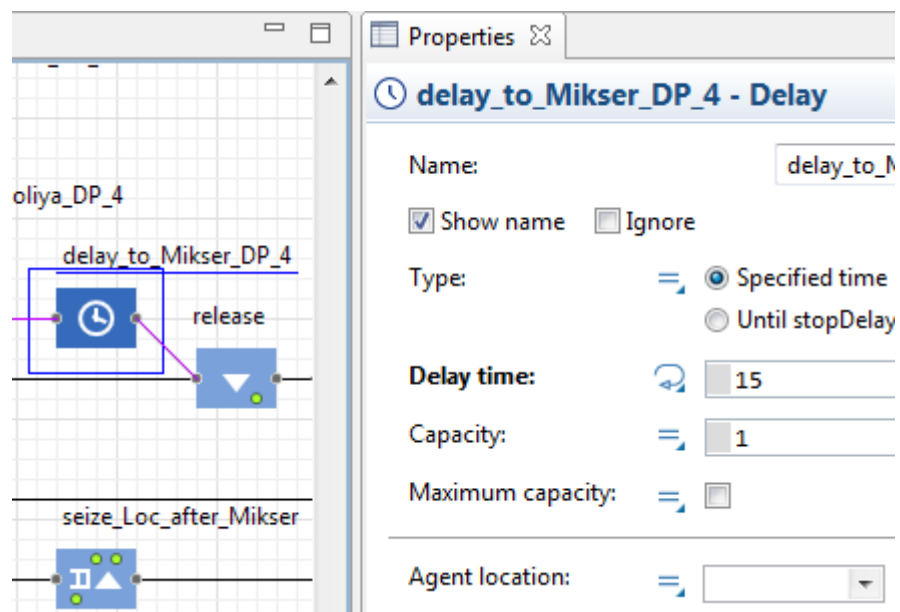


Рисунок 2.27 – Параметри елементу delay_to_Mikser_DP_4

Вивільнення ресурсів (в нашому випадку, усіх ресурсів – локомотиву та головної чавуновозної колії), здійснюється елементом release (рисунок 2.28).

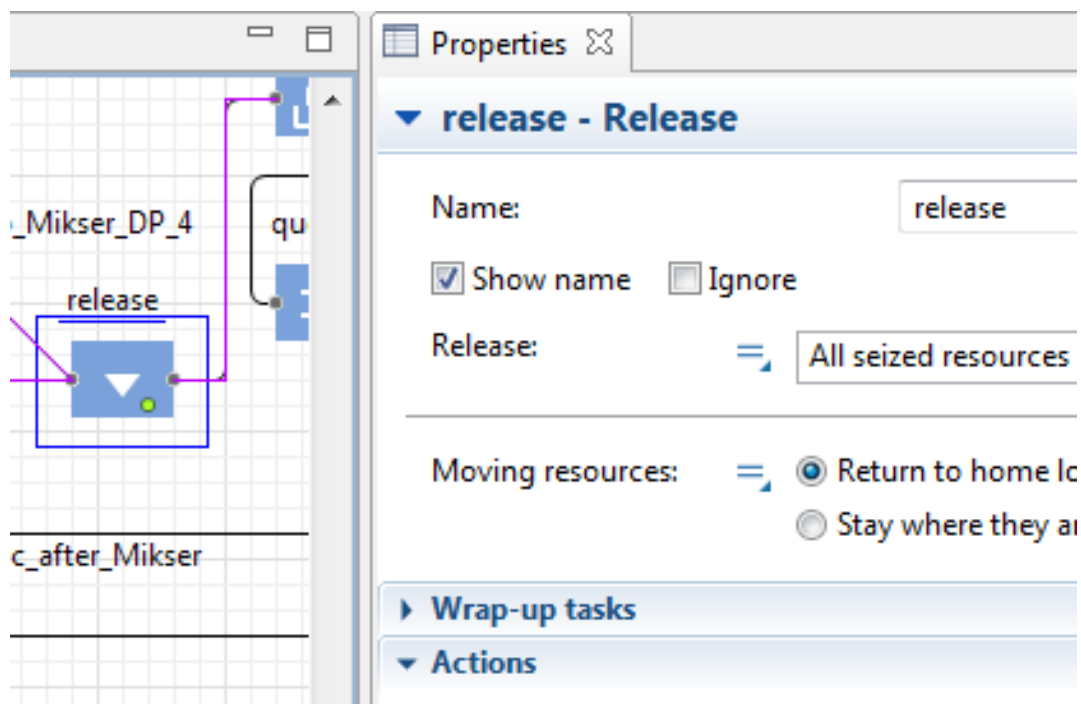


Рисунок 2.28 – Елемент release

В даній роботі блок логіки обслуговування ділянки розливних машин представлено у дещо спрощеному вигляді, оскільки ця ділянка розташована на порівняно більш значній відстані від доменних печей 3 та 4, ніж міксерне відділення та проблеми із зайнятістю колій практично відсутні.

На рисунку 2.29 виділено червоним контуром елементи даного блоку.

Після елементів вибору напрямку руху замовлень selectOutput, у разі руху до розливних машин, вони потрапляють до черги Cherga_RM, де очікують обслуговування (елемент затримки Obsl_RM – рисунок 2.30), після закінчення якого вивільняються ресурси елементом release1.

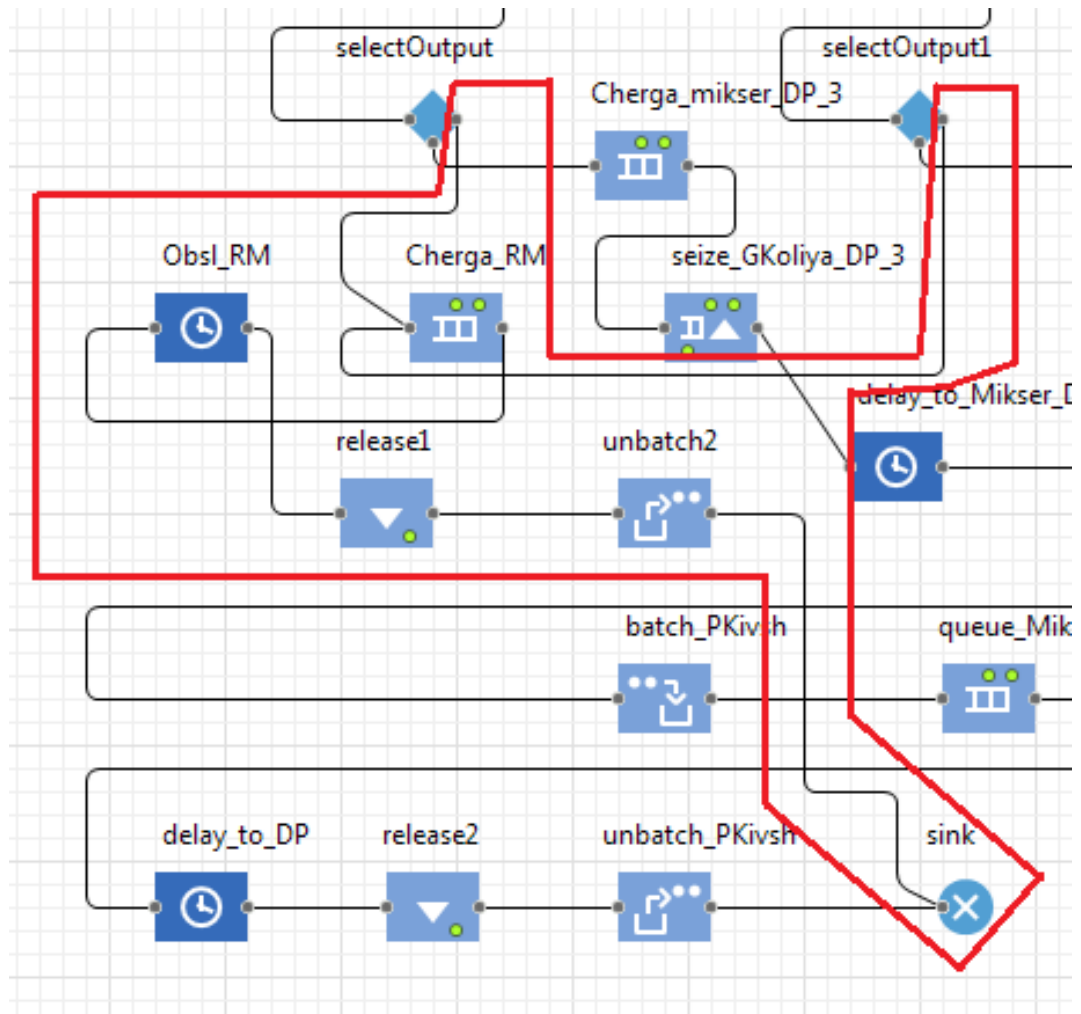


Рисунок 2.29 – Блок логіки обслуговування ділянки розливних машин

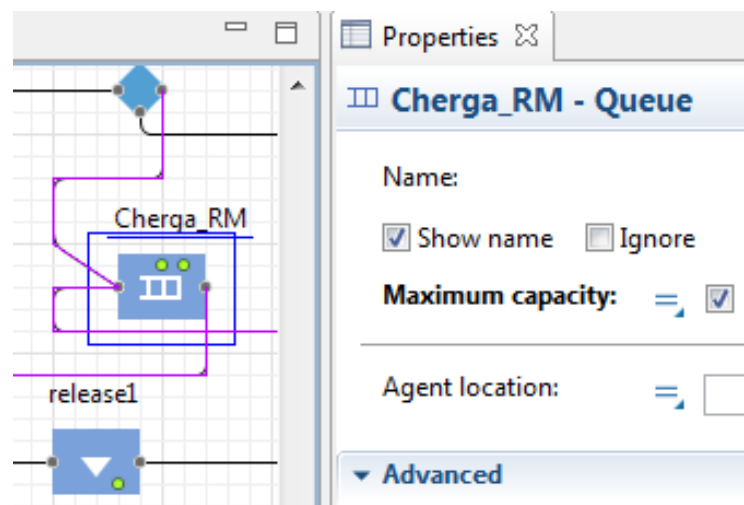


Рисунок 2.30 – Елемент затримки Obsl_RM

Наступним кроком елементом unbatch2 розгруповуються замовлення та потрапляють до кінцевого елемента sink (рисунок 2.31).

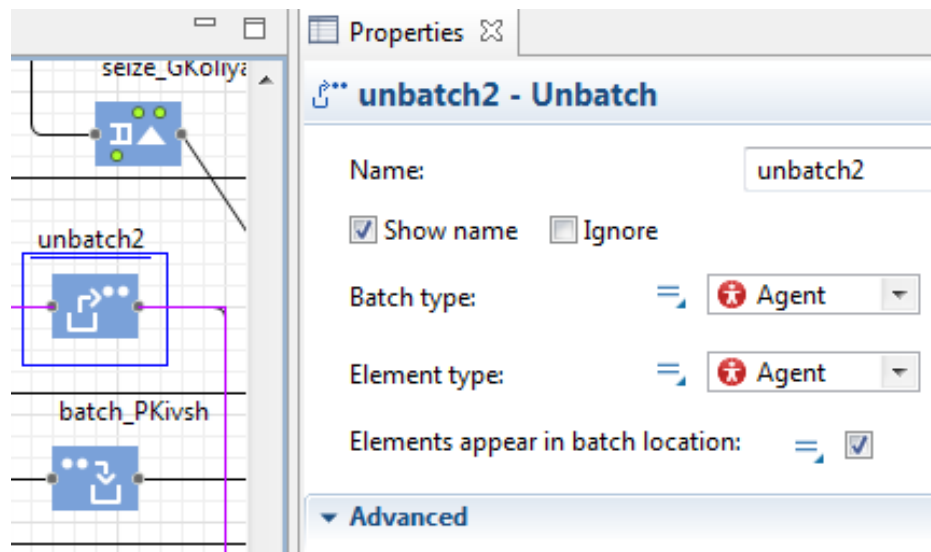


Рисунок 2.31 - Елемент unbatch2

Повернемося до елементу release, який вивільняє ресурси перед потраплянням замовлень до міксерного відділення. Після нього використовується блок наступних елементів: unbatch – виконується розгруповання, замовлення потрапляють до черги queue_Mikser_In, де перебувають до обслуговування елементом delay_Mikser (рисунок 2.32).

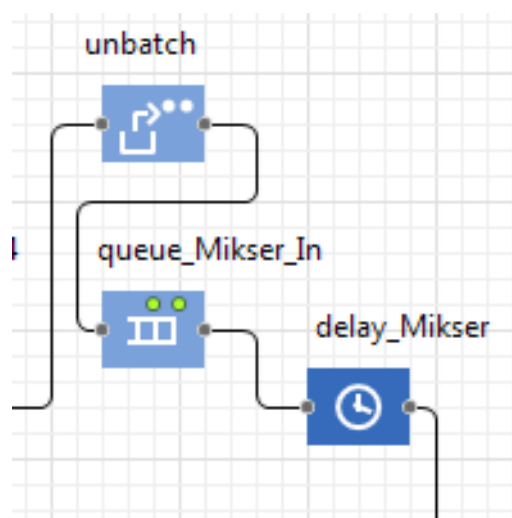


Рисунок 2.32 – Блок імітації роботи міксерного відділення

Елемент `delay_Mikser` (рисунок 2.33) імітує злиття ковшів. Шляхом задання різної місткості даного елементу в параметрі `Capacity`, фактично встановлюємо різну кількість кранів при моделюванні.

Останній блок програми імітує процес повернення порожніх ковшів від міксерного відділення до доменних печей (рисунок 2.34).

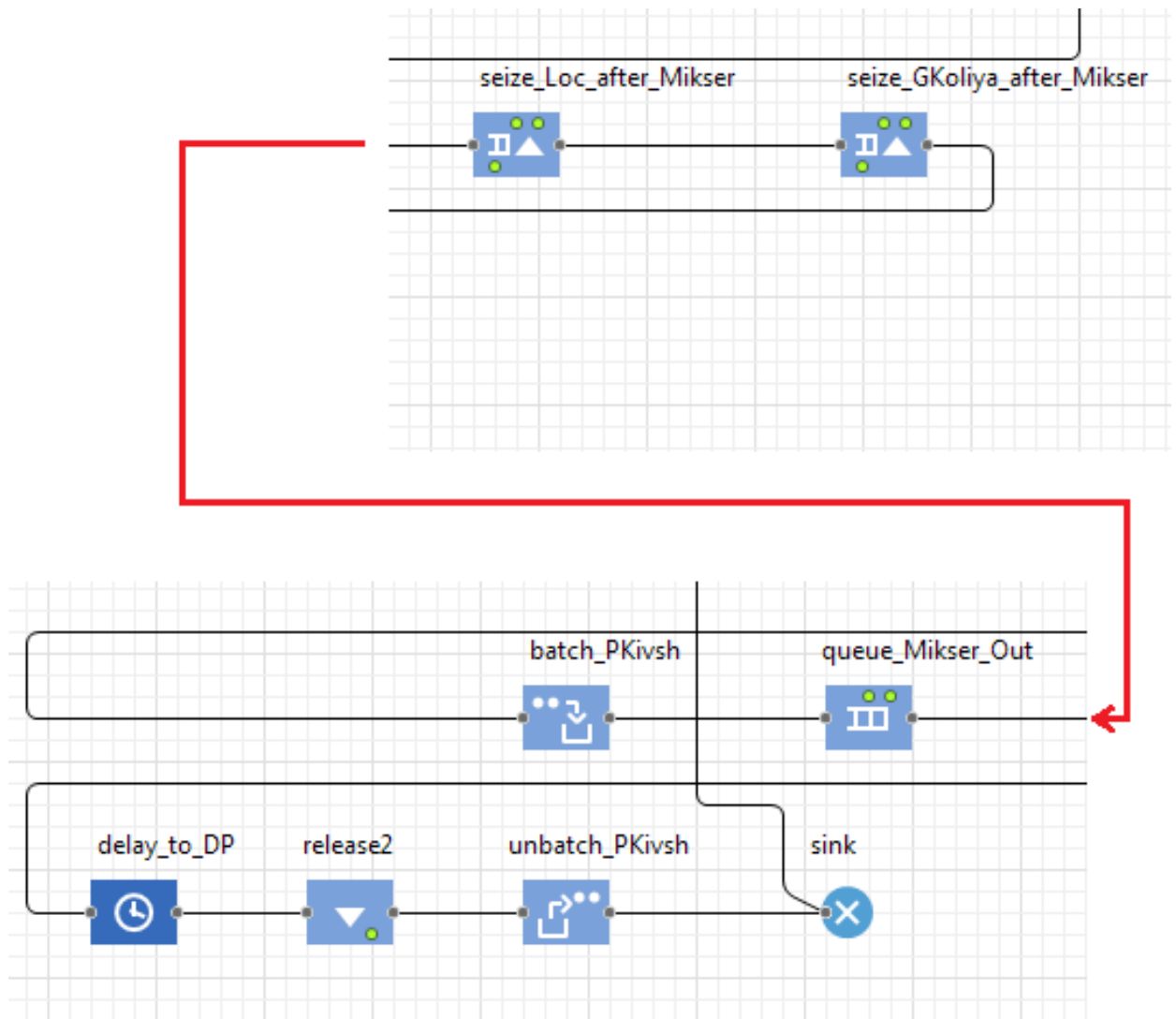


Рисунок 2.34 – Блок програми, який імітує процес повернення порожніх ковшів до доменних печей

В останньому елементі `sink` виконується розрахунок часу перебування замовлень в системі (рисунок 2.35).

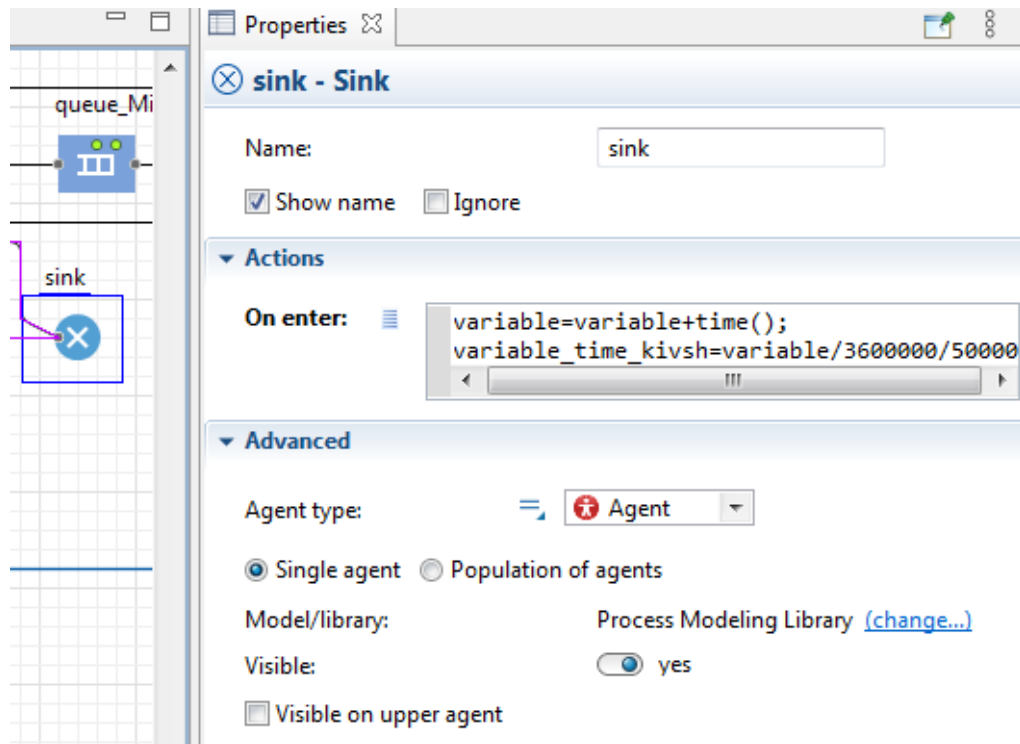


Рисунок 2.35 – Елемент sink

Змінні разом із ресурсами також представлені на загальному полі моделі (рисунок 2.36).



Рисунок 2.36 - Змінні та ресурси моделі

Загальний вигляд моделі представлений на рисунку 2.37.

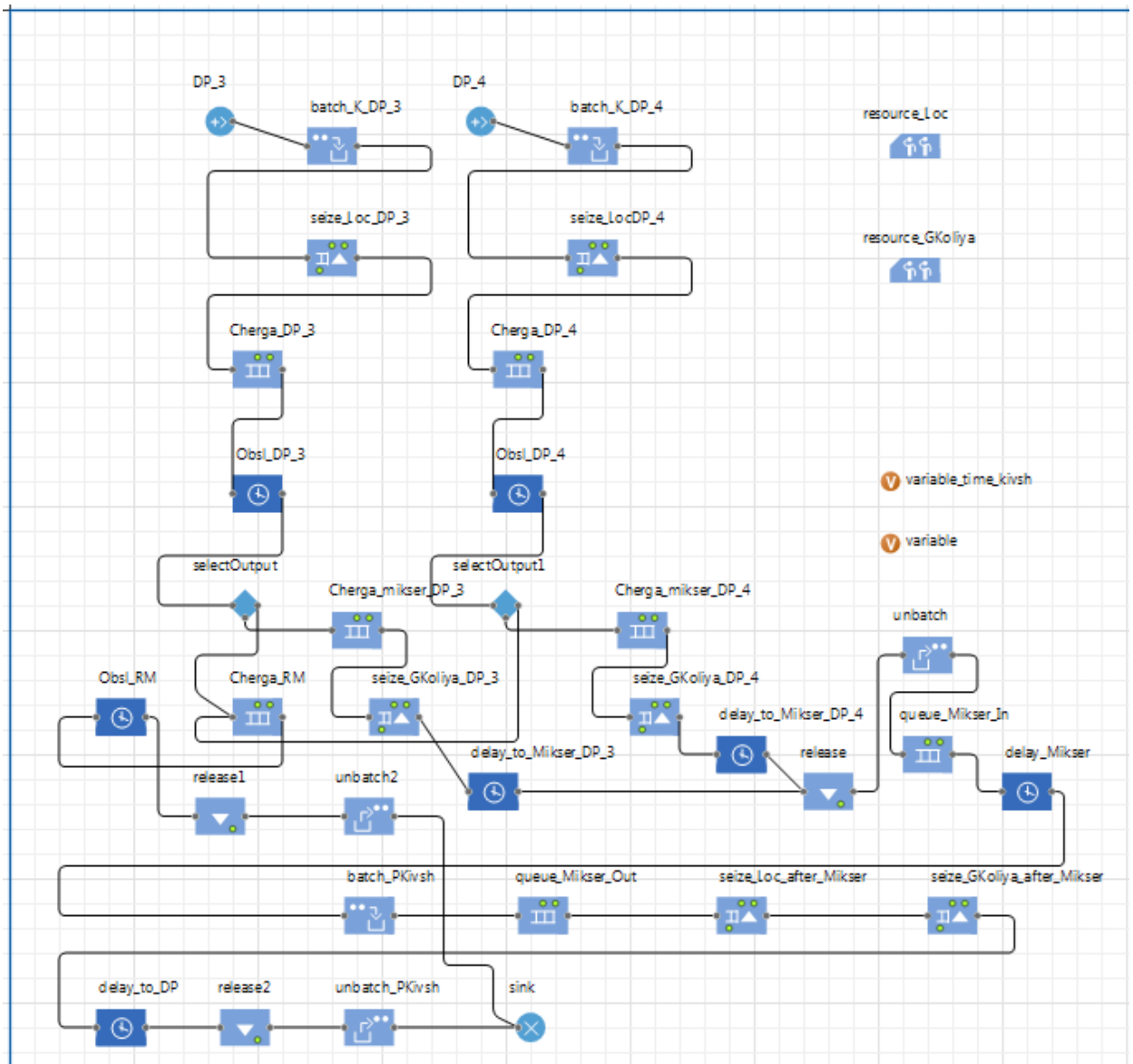


Рисунок 2.37 – Загальний вигляд моделі

Наступним етапом виконаємо прогони моделі за різними варіантами використання локомотивів (технічно можливим є кількість від 1 до 3) та кранів міксерного відділення (від 1 до 2 кранів).

2.3 Виконання експериментів на моделі транспортного обслуговування доменних печей ДП-3 та ДП-4

Перший експеримент ставимо при використанні одного локомотива. Його метою є більшою мірою переконатись, що програма достатньо реально відображає фактичну систему, яка досліджується, оскільки такої кількості ресурсів буде замало. Результати моделювання це повністю підтверджують (рисунок 2.38).

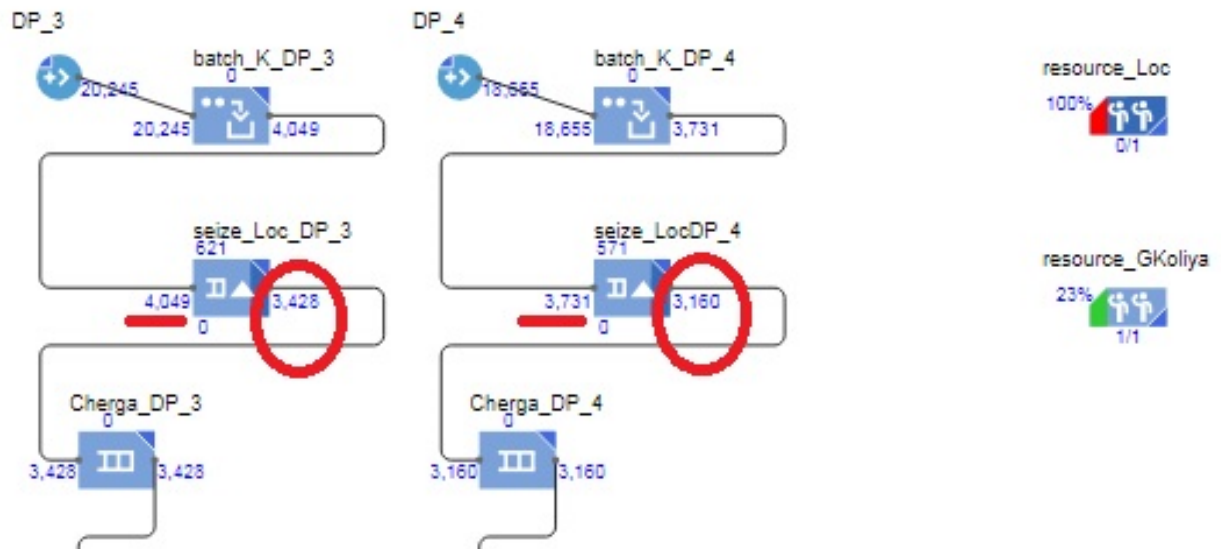


Рисунок 2.38 – Результати першого експерименту

Як бачимо, даний ресурс використовується на 100%, та при цьому до системи надійшло $4049 + 3731 = 7780$ составів, а оброблено лише $3428 + 3150 = 6578$, трохи більше 80%. На практиці це означає наявність зривів в обслуговуванні доменних печей в перші години роботи системи.

Наступний експеримент реалізуємо при параметрах: 2 локомотиви, 1 кран на міксерному відділенні.

Результати роботи моделі показані на рисунку 2.39.

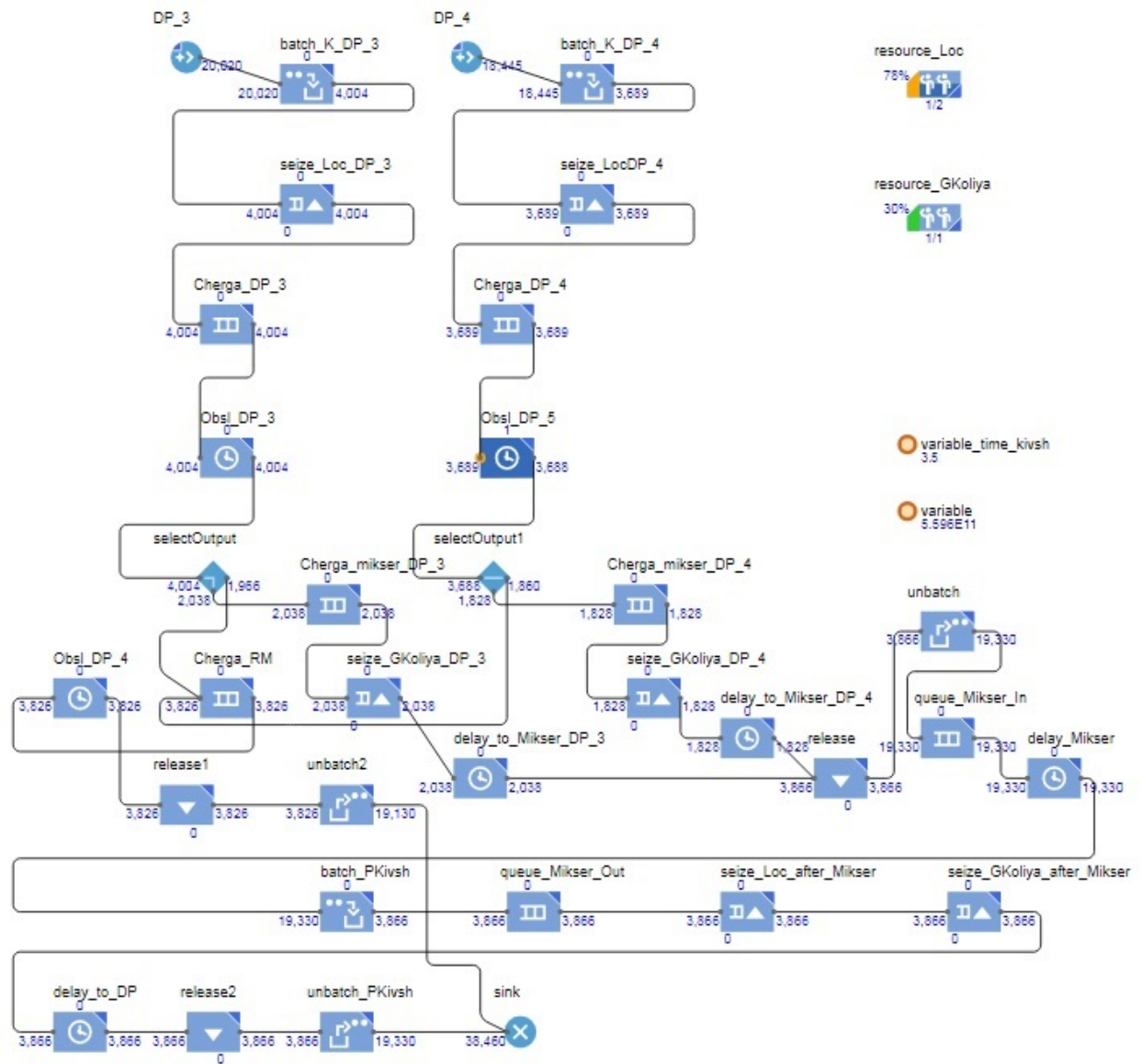


Рисунок 2.39 – Результати другого експерименту

Результатами другого експерименту є наступні:

- всі замовлення своєчасно обробляються;
- локомотиви використовуються на 78%, що є достатньо прийнятним показником;
- головна чавуновозна колія використовується 30% часу;
- тривалість обороту ковшів (змінна `variable_time_kivsh`) становить 3,5 години.

Наступний, третій експеримент, реалізовуємо при параметрах: 2 локомотиви, 2 крани на міксерному відділенні.

Результати роботи моделі показані на рисунку 2.40.

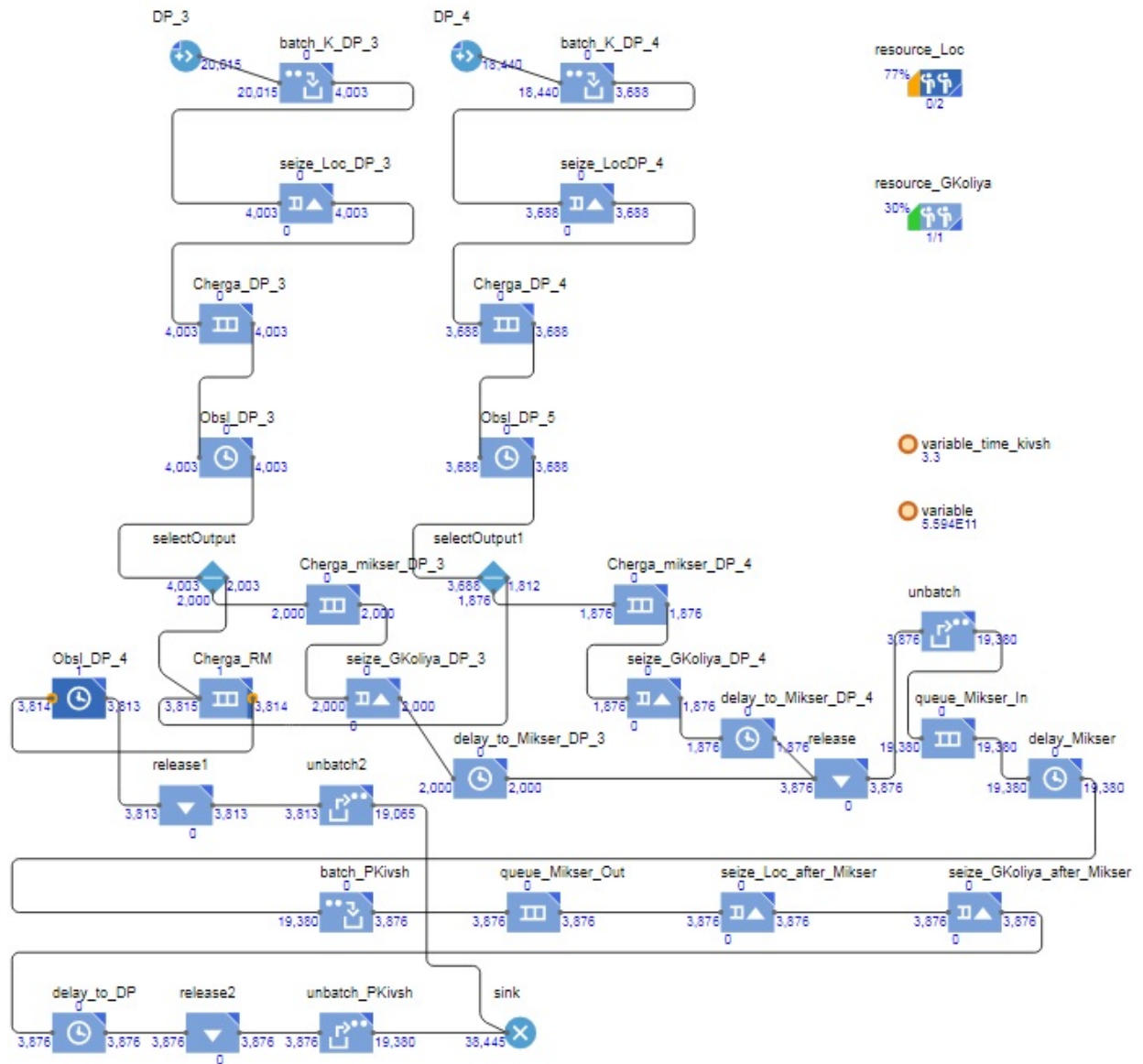


Рисунок 2.40 – Результати третього експерименту

Результатами третього експерименту є наступні:

- всі замовлення своєчасно обробляються;
- локомотиви використовуються на 77%, що є достатньо прийнятним показником;
- головна чавуновозна колія використовується 30% часу;

- тривалість обороту ковшів становить 3,3 години.

Четвертий експеримент реалізовуємо при параметрах: 3 локомотиви, 1 кран на міксерному відділенні.

Результати роботи моделі показані на рисунку 2.41.

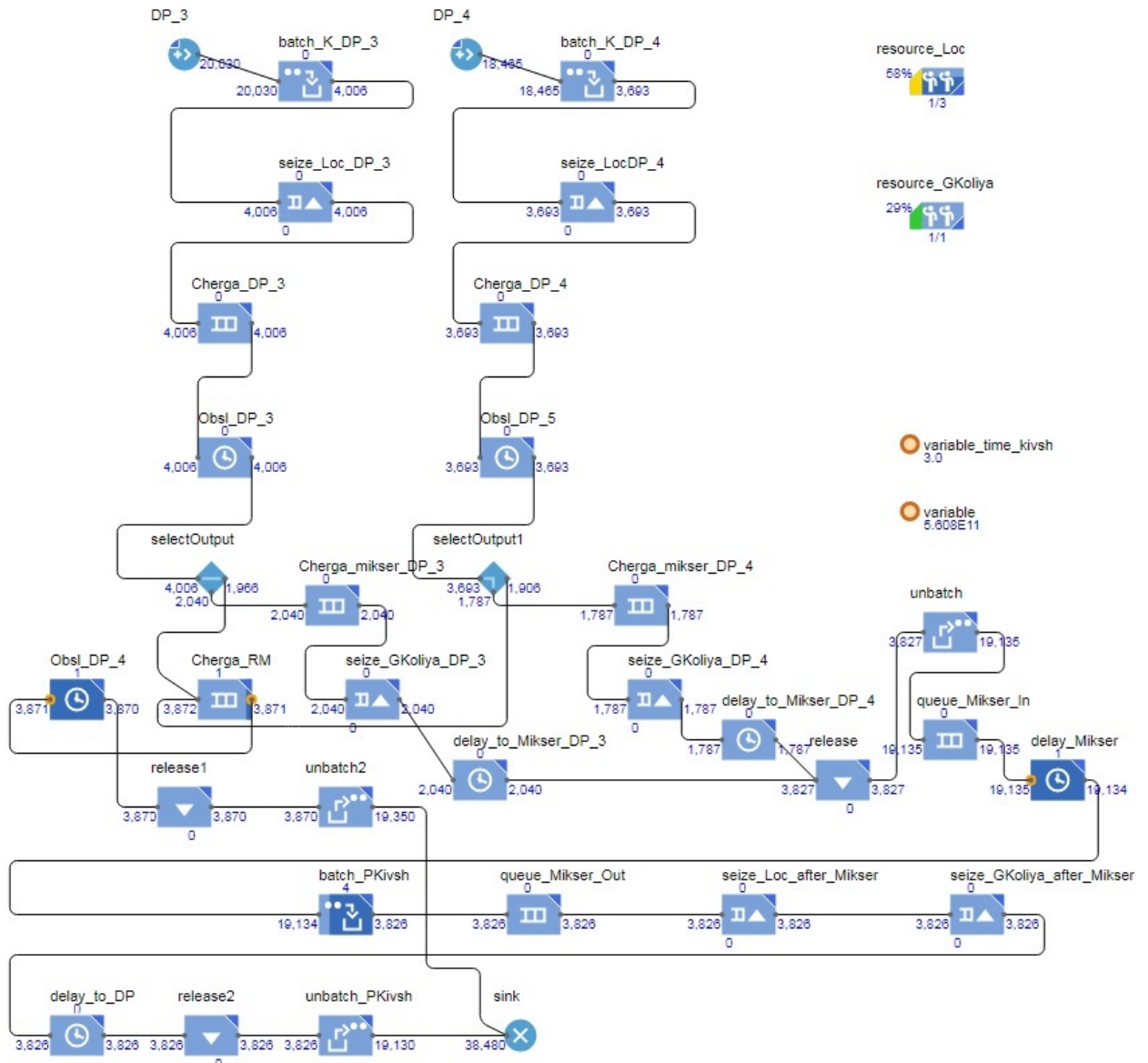


Рисунок 2.41 – Результати четвертого експерименту

Результатами четвертого експерименту є наступні:

- всі замовлення своєчасно обробляються;

- локомотиви використовуються на 58%, що є прийнятним показником, але у порівнянні з попередніми експериментами виглядає нераціонально;
- головна чавуновозна колія використовується 29% часу;
- тривалість обороту ковшів становить 3,0 години.

2.2 Аналіз експериментальних досліджень та підготовка даних для економічних розрахунків

Для подальших техніко-економічних розрахунків визначимо розрахункову кількість ковшів в експлуатації.

Планова кількість оборотів составів на добу для двох печей при необхідності завантаження 12 випусків по кожній з них становить $2 \cdot 12 = 24$ обороти.

При роботі за умовами експерименту 2 один состав за добу виконує:

$$24/3,5 = 6,9 \text{ оборотів.}$$

Тож необхідною кількістю є

$$24 / 6,9 = 3,5 \text{ состави по 5 ковшів, } 3,5 \cdot 5 = 18 \text{ чавуновозів.}$$

Із урахуванням 15% потреби у збільшенні парку чавуновозів на ремонт та технічне обслуговування, необхідно

$$18 \cdot 1,15 = 21 \text{ чавуновозів.}$$

При роботі за умовами експерименту 3 один состав за добу виконує:

$$24/3,3 = 7,3 \text{ оборотів.}$$

Необхідною кількістю є

$$24 / 7,3 = 3,3 \text{ состави по 5 ковшів, } 3,3 \cdot 5 = 17 \text{ чавуновозів.}$$

Із урахуванням 15% потреби у збільшенні парку чавуновозів на ремонт та технічне обслуговування, необхідно також

$$17 \cdot 1,15 = 20 \text{ чавуновозів.}$$

При роботі за умовами експерименту 4 один состав за добу виконує:

$$24/3,0 = 8 \text{ оборотів.}$$

Необхідною кількістю є

$$24 / 8 = 3 \text{ состави по 5 ковшів, } 3 \cdot 5 = 15 \text{ чавуновозів.}$$

Із урахуванням 15% потреби у збільшенні парку чавуновозів на ремонт та технічне обслуговування, необхідно також

$$15 \cdot 1,15 = 18 \text{ ковшів.}$$

Для першого експерименту розрахунки не виконуються через його технологічну непридатність.

Для аналізу результатів виконаних експериментів зведемо їх у таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 – Результати експериментальних досліджень на моделі

Показник	Експеримент			
	1	2	3	4
Зриви в обслуговуванні	наявні	відсутні	відсутні	відсутні
Кількість локомотивів, од.	1	2	2	3
Ступінь використання локомотивів за часом, %	100	78	77	58
Ступінь використання головної чавуновозної колії за часом, %	23	30	30	29
Тривалість обороту чавуновозів, год.	4,8	3,5	3,3	3,0
Кількість кранів, які працюють в міксерному відділенні, од.	1	1	2	1
Парк чавуновозів, од.	-	21	20	18

3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

В умовах війни комбінат «Запоріжсталь» працює в умовах відсутності доступу до традиційних місць постачання сировини – вугілля, кокс, вапняк для флюсування - Донецька область; залізна руда – місто Дніпрорудне. Постачання з західної частини країни більш тривалі через збільшену відстань перевезень.

Порти України не працюють по доставці металопродукції, ускладнено логістику перевезень, магістральний залізничний транспорт в дійсний час перевантажений.

Комбінат «Запоріжсталь» суттєво зменшив обсяги перевезень через вищевказані обставини, відповідно, на підприємстві працюють лише дві доменні печі (ДП-3 та ДП-4).

Для з'ясування, наскільки треба скоротити потребу у ресурсах, які забезпечують перевезення рідкого чавуну - чавуновозних ковшах, тепловозах, персоналу, вантажопідйомних кранів, розроблено імітаційну модель.

В кінці проєктної частини проаналізовано результати моделювання, відкинуто варіант №1, які є неприйнятним з технологічних позицій, оскільки у ньому наявні передумови щодо зривів виробництва.

Технологічно актуальні варіанти необхідно оцінити за економічними показниками, тож їх параметри наведені у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Параметри технологічно прийнятних варіантів

Номер з/п	Показник	Варіант		
		№2	№3	№4
1	Кількість локомотивів, од.	2	2	3
2	Кількість помічників машиніста-складачів поїздів, чол.	8	8	12
3	Зменшене значення п.2 на мінімальну кількість працівників по варіантах	-	-	4
4	Кількість машиністів вантажопідйомних кранів у міксерному відділенні , чол.	4	8	4
5	Зменшене значення п.4 на мінімальну кількість працівників по варіантах	-	4	-
6	Кількість кранів, які працюють в міксерному відділенні, од.	1	2	1
7	Парк чавуновозів, од.	21	20	18

3.1 Розрахунки економічних показників по варіантах

Виконаємо розрахунки економічних показників по варіантах робіт за формулою [13]:

$$G^B_e = G^B_{\text{трс}} + G^B_{\text{вкр}} + G^B_{\text{чв}} + G^B_{\text{зпп}}, \quad (3.1)$$

де $G^B_{\text{трс}}$ – вартість експлуатації тягового рухомого складу, грн;

$G^B_{\text{вкр}}$ – вартість експлуатації кранів, грн;

$G^B_{\text{чв}}$ – вартість експлуатації чавуновозів, грн;

$G^B_{\text{зпп}}$ – зарплата працівників, грн.

Витрати на використання тягового рухомого складу визначаються за виразом [13]:

$$G^B_{\text{трс}} = K_{\text{трс}} T_{\text{трс}} C_{\text{трс}}, \quad (3.2)$$

де $K_{\text{трс}}$ – кількість одиниць тягового рухомого складу – локомотивів, од.;

$T_{\text{трс}}$ – час роботи, годин; режим роботи є цілодобовим, тож

$$T_{\text{трс}} = 24 \cdot 365 = 8760 \text{ годин.}$$

$C_{\text{трс}}$ – собівартість роботи тягового рухомого складу, грн/годину;

$$C_{\text{трс}} = 797,65 \text{ грн/год.}$$

Витрати на використання вантажопідійомних кранів визначаються за виразом [13]:

$$G^B_{\text{вкр}} = K_{\text{вкр}} T_{\text{вкр}} C_{\text{вкр}}, \quad (3.3)$$

де $K_{\text{трс}}$ – кількість кранів, од.;

$T_{\text{вкр}}$ – час роботи, годин; режим роботи є цілодобовим, тож

$T_{\text{вкр}} = 24 \cdot 365 = 8760$ годин.

$C_{\text{вкр}}$ – собівартість роботи кранів, грн/годину;

$C_{\text{вкр}} = 583,05$ грн/год.

Вартість утримання чавуновозів визначимо за виразом:

$$G^{\text{В}}_{\text{чв}} = K_{\text{чв}} T_{\text{чв}} C_{\text{чв}}, \quad (3.4)$$

де $K_{\text{чв}}$ – кількість чавуновозів, од.;

$T_{\text{чв}}$ – час використання чавуновозів, годин;

$C_{\text{чв}}$ – собівартість утримання чавуновозів, грн/годину.

$T_{\text{чв}} = 8760$ год.

$C_{\text{чв}} = 63,0$ грн/год.

Розмір заробітної плати за рік визначимо за формулою:

$$G^{\text{В}}_{\text{зпп}} = 12(K_{\text{пм}} \cdot Z_{\text{пм}} + K_{\text{мк}} \cdot Z_{\text{мк}}), \quad (3.5)$$

де $K_{\text{пм}}$ – кількість помічників машиніста, чол.;

$Z_{\text{пм}}$ – заробітна плата одного помічника машиніста на місяць, грн;

$K_{\text{пм}}$ – кількість машиністів крана, чол.;

$Z_{\text{пм}}$ – заробітна плата одного машиніста крана на місяць, грн.

$Z_{\text{пм}} = 22000$ грн;

$Z_{\text{мк}} = 25000$ грн.

3.2 Розрахунки економічних показників варіанту 2

Виконаємо розрахунки економічних показників варіанту 2.

Визначимо за (3.2):

$$G^2_{\text{трс}} = 2 \cdot 8760 \cdot 797,65 = 13974828 \text{ грн.}$$

Визначимо за (3.3):

$$G^2_{\text{вкр}} = 1 \cdot 8760 \cdot 583,05 = 5107518 \text{ грн.}$$

Визначимо за (3.4):

$$G^2_{\text{чв}} = 21 \cdot 8760 \cdot 63 = 11589480 \text{ грн.}$$

Відповідно до таблиці 3.1 за цим варіантом найменша кількість працівників, та, у порівнянні з іншими варіантами розрахунок виконується на різницю значень показника, тож значення за (3.5) дорівнює:

$$G^2_{\text{зпп}} = 0 \text{ грн.}$$

Визначимо за (3.1):

$$G^2_{\text{е}} = 13974828 + 5107518 + 11589480 + 0 = 30671826 \text{ грн.}$$

Таким чином, витрати становлять 3,067 млн грн на рік.

3.3 Розрахунки економічних показників варіанту 3

Виконаємо розрахунки економічних показників варіанту 3.

Визначимо за (3.2):

$$G^3_{\text{трс}} = 2 \cdot 8760 \cdot 797,65 = 13974828 \text{ грн.}$$

Визначимо за (3.3):

$$G^3_{\text{вкр}} = 2 \cdot 8760 \cdot 583,05 = 10215036 \text{ грн.}$$

Визначимо за (3.4):

$$G^3_{\text{чв}} = 21 \cdot 8760 \cdot 63 = 20 \cdot 8760 \cdot 63 = 11037600 \text{ грн.}$$

Визначимо за (3.5):

$$G^3_{\text{зпп}} = 12 (0 \cdot 22000 + 4 \cdot 25000) = 1200000 \text{ грн.}$$

Визначимо за (3.1):

$$G^3_{\text{е}} = 13974828 + 10215036 + 11037600 + 1200000 = 36427464 \text{ грн.}$$

Таким чином, витрати за третім варіантом більше, ніж за другим, і становлять 3,643 млн грн на рік.

3.4 Розрахунки економічних показників варіанту 4

Виконаємо розрахунки економічних показників варіанту 4.

Визначимо за (3.2):

$$G^4_{\text{трс}} = 3 \cdot 8760 \cdot 797,65 = 20962242 \text{ грн.}$$

Визначимо за (3.3):

$$G^4_{\text{вкр}} = 1 \cdot 8760 \cdot 583,05 = 5107518 \text{ грн.}$$

Визначимо за (3.4):

$$G^4_{\text{чв}} = 18 \cdot 8760 \cdot 63 = 9933840 \text{ грн.}$$

Визначимо за (3.5):

$$G^4_{\text{зпп}} = 12 (4 \cdot 22000 + 0 \cdot 25000) = 1056000 \text{ грн.}$$

Визначимо за (3.1):

$$G^4_e = 20962242 + 5107518 + 9933840 + 1056000 = 37059600 \text{ грн.}$$

Таким чином, витрати за четвертим варіантом більше, ніж за третім, та становлять 3,706 млн грн на рік.

3.5 Головні результати економічного аналізу

За проектом капітальні витрати у розмірі 650 000 грн заплановано використати на придбання комп'ютерної програми.

Визначимо річну економію [14]:

$$G_p = G_e^2 - G_e^3, \quad (3.6)$$

Розрахуємо за (3.6):

$$G_p = 36427464 - 30671826 = 5755638 \text{ грн.}$$

Річний економічний ефект – 5,756 млн грн.

Термін окупності запропонованого рішення [14]:

$$T_{ок} = \frac{K_{дв}}{G_p}, \quad (3.7)$$

де $K_{дв}$ - капвитрати, грн.

$$K_{дв} = 650000 \text{ грн.}$$

Розрахуємо за (3.7):

$$T_{ок} = 6500000 / 5755638 = 0,1 \text{ року.}$$

Результати економічного аналізу представимо у вигляді таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Техніко-економічні показники

№ з/п	Показники	Варіант 3	Проектний варіант 2
1	Витрати на експлуатацію тягового рухомого складу, грн	13974828	13974828
2	Витрати на експлуатацію кранів грн	10215036	5107518
3	Витрати на експлуатацію чавуновозів, грн	11037600	11589480
4	Заробітна плата, грн	1200000	0
5	Річні експлуатаційні витрати, грн	36427464	30671826
6	Економія експлуатаційних витрат, грн	-	5755638
7	Термін окупності капітальних вкладень, років	-	0,1

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В розділі з Охорони праці дипломного проекту «Удосконалення перевезень рідкого чавуну в умовах скорочення обсягів виробництва на ПАТ «Запоріжсталь» розглянуто аналіз потенційних небезпек, які можуть вплинути на дослідника та робітників під час перевезення рідкого чавуну до мартенівського цеху. Розглянуті питання по їх мінімізації [15].

При перевезенні рідкого чавуну застосовуються ковші, які звуться чавуновозами. Чавуновози розміщуються під відділенням лиття для наливки та перевезення чавуну у цех по виробництву сталі. Чавун знаходиться у ковші 2–4 години, а відстань транспортування не перевищує 800 м. Розглянемо небезпеки під час транспортування чавуну.

4.1 Аналіз потенційних небезпек

Встановлені такі небезпеки:

- при розливу чавуну в ковші, можливо попадання рідкого металу на робітників;
- з причини зменшення вантажопотоку є небезпека наїзду на робітників чавуновозами;
- при переливі рідкого чавуну у міксери, можливий обрив кріплень з гаків крану, що призводить до проливу чавуну;
- можливий пролив металу на колії. Це може у подальшому призвести до сходження чавуновозів з колії;

- не достатнє освітлення ділянки, де відбувається вивантаження чавуну, призводить до не вірного розвантаження, та інші небезпеки вказані в Додатку А.

В Додатку Б наведені заходи по усуненню небезпек.

А в Додатку В показані розрахунки показників шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища [16], важкості та напруженості трудового процесу, на робочому місці дослідника.

4.2 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях

4.2.1 Заходи з пожежної безпеки

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

Відповідно нормативам по пожежній безпеці, в приміщенні де розташовані ПК, на кожні 20 кв.м повинен бути один вогнегасник. Для гасіння електрообладнання, до яких відноситься і ПК, застосовується вогнегасник порошковий. Тому для кімнати, де розташований ПК, з площею 56 м² треба розмістити вогнегасник ВВП-5 в кількості 3 шт.

4.2.2 Організація цивільного захисту на промисловому об'єкті

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

Основними завданнями ЦЗ на об'єкті є:

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

Служба оповіщення і зв'язку створюється на базі вузла зв'язку об'єкта.

Медична служба організовується на базі медсанчастини об'єкта.
Начальник служби – головний лікар.

Служба радіаційного та хімічного захисту розробляє й виконує захід щодо захисту людей, живильних блоків, складів продуктів від дій радіаційних і отруйних речовин

Служба охорони громадянського порядку створюється на базі підрозділів служби охорони. Вона забезпечує надійну охорону об'єкта; підтримку громадянського порядку в районах нещасть

Служба енергопостачання та світломаскування створюється на базі відділу головного енергетика. Начальник служби – головний енергетик об'єкта.

Аварійно-технічна служба організовується на базі виробничого, технічного відділів або відділів головного механіка.

Служба сховищ і вкриттів створюється на базі відділу капітального будівництва, житлово-комунального відділу, будівельних бригад (цехів).

Транспортна служба створюється на базі транспортного цеху (гаража). Вона розробляє та проводить заходи щодо забезпечення перевезень евакуйованих; організовує перевезення сил і засобів у зони ураження;

Служба матеріально-технічного постачання створюється на базі відділу матеріально-технічного постачання об'єкта.

ВИСНОВКИ

При виконанні досліджень в магістерській роботі враховано, що комбінат «Запоріжсталь», в умовах війни, працює в умовах відсутності доступу до традиційних місць постачання сировини – вугілля, кокс, вапняк для флюсування - Донецька область; залізна руда – місто Дніпрорудне. Постачання з західної частини країни більш тривалі через збільшену відстань перевезень.

Порти України не працюють по доставці металопродукції, ускладнено логістику перевезень, магістральний залізничний транспорт в дійсний час перевантажений.

Через вплив вищевказаних зовнішніх факторів був виконаний перегляд роками утвореної стабільної технології організації перевезень вантажів на коліях комбінату, зокрема, перевезень гарячого рідкого чавуну в доменному цеху.

На час проведення досліджень на підприємстві працювали лише дві доменні печі – ДП-3 та ДП-4.

Перевезення чавуну здійснюються лише через міксерне відділення мартенівського цеху (без використання постачань напряму, що здійснювалось для частини виробленого чавуну безпосередньо до мартенівської печі).

Залишається стабільно високим за обсягами перевезень вантажопотік до розливних машин, забезпечуючи відповідний попит споживачів на чушковий чавун.

Скорочується потреба у ресурсах, які забезпечують перевезення рідкого чавуну:

- чавуновозних ковшів;
- тепловозів;

- персоналу.

Тож питання визначення раціональної кількості є актуальним.

Оцінити всі ці різні варіанти є можливим за допомогою імітаційної моделі роботи транспортної системи, яка враховує стохастичний характер транспортних та виробничих процесів.

В проєктній частині було проаналізовано результати моделювання, відхилений варіант №1, які є неприйнятним з технологічних позицій, оскільки у ньому наявні передумови щодо зривів виробництва.

Технологічно актуальні варіанти 2, 3 та 4 були оцінені за економічними показниками, їх аналіз представлений у третьому розділі роботи.

Найбільш доцільним виявився варіант №2 із такими параметрами функціонування транспорту:

- 2 локомотиви;
- 1 вантажопідйомний кран на міксерному відділенні;
- 21 чавуновоз;

та економічним ефектом у розмірі понад 5,7 мільйонів гривень на рік.

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 11.10.2022) – «Новини».
2. Доменна піч №3 ПАТ Запоріжсталь [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Навчальне відео, 2022. – Режим доступу: <https://www.youtube.com/watch?v=NTJRgrxcNBw> (дата звернення 12.10.2022) – 3D модель доменної печі №3 ПАТ «Запоріжсталь».
3. Офіційний сайт Запорізької облради ПМГУ [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Запоріжжя : Запорізька облрада ПМГУ, 2022. – Режим доступу: <http://zp-ok-pmgu.com/%D1%81%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%86%D0%B0-1.html> (дата звернення 14.10.2022) – «Екскурсія на виробництво».
4. GMK CENTER [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Київ : Бізнес-центр Horizon Office Towers, 2022. – Режим доступу: <https://gmk.center/ua/news/zaporizhstal-pochala-kapremont-domennoi-pechi-4/> (дата звернення 15.10.2022) – «Запоріжсталь» почала капремонт доменної печі №4».
5. Технічно-розпорядчий акт станції Доменна. – Запоріжжя: ПАТ «Запоріжсталь», 2020. – 27с.
6. Міжцехова інструкція по взаємодії працівників доменного, мартеновського, агломераційного цехів, цеху водопостачання, цеху шлакопереробки, ТЕЦ, ВВО з працівниками Доменного залізничного району ЦЕ УЗТ при обслуговуванні залізничними перевезеннями. – Запоріжжя: ПАТ «Запоріжсталь», 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. Імовірнісні і статистико-експериментальні методи аналізу транспортних процесів і систем / О.А.Лашених, О.Ф.Кузькін, С.В.Грицай. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2011. – 420 с.

9. Лашених О.А. Методи і моделі оптимізації транспортних процесів і систем / О.А.Лашених, О.Ф.Кузькін. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2006. – 435 с.

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

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

12. 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.

13. Економіка залізничного транспорту [Текст]: підручник / за ред. Ю. В. Кулаєва, Ю. С. Бараша, М. В. Гненного; Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. - Дніпропетровськ, 2014. - 480 с.

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

15. 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

16. 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).

ДОДАТОК А

АНАЛІЗ ПОТЕНЦІЙНИХ НЕБЕЗПЕК

Виявлені потенційні небезпеки:

- при розливу чавуну у чавуновози, діє висока температура на організм робітників й дослідника. При вдиханні можливе опіки дихальних шляхів. При розбризкуванні металу можливо попадання на робітників, що призведе до опіків;
- оскільки чавуновози розміщуються під літейним відділенням, при розливу в ковши можливо попадання рідкого металу на робітників;
- з причини збільшення вантажопотоку є небезпека наїзду на робітників чавуновозами;
- при підйманні ковшів кранами для переливу у міксери, можливий обрив кріплень з гаків крану, що призведе до проливу чавуну і як наслідки до летальних наслідків;
- при заповненні чавуном чавуновозів, можливий пролив металу на колії. Це може у подальшому призвести до сходження чавуновозів з колії;
- пожежі можуть виникнути від попадання розплавленого металу на горючі матеріали та від не виконання елементарних вимог протипожежної безпеки;
- можливе ураження робітників струмом від не ізольованих та пошкоджених кабелів вантажопідйомного крану, що може призвести до електричних травм;
- не достатнє освітлення ділянки, де відбувається вивантаження чавуну, призводить до не вірного розвантаження, спричиняє виникнення несприятливих ситуацій (не вірний захват крюками, наїзд вагонів на робітників та інше);

- 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

При розливі чавуну робітники повинні бути одягнені у спеціальний одяг, який захистить від опіків. На обличчя одягається маска для запобігання попадання гарячого повітря. ДСТУ 7238:2011 «Система стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту».

Для попередження ураження електричним струмом не обхідно 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.

Для запобігання попадання рідкого металу на робітників, останні повинні знаходитися на безпечній відстані від місця розливу чавуну та повинні бути одягнені у спеціальний одяг відповідно ДСТУ 7238:2011 «Система стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту».

Для запобігання сходження чавуновозів з колії, необхідно, в випадку попадання рідкого металу на колії, зчищати його з пуття та складати у відведене місце.

Перед розливі чавуну у ковш, необхідно оглядати кріплення на ньому на предмет появи розколин чи інших дефектів.

Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці.

Для забезпечення нормативного рівня освітленості на майданчику навантаження передбачено обладнання освітленості в розмірі 20 лк відповідно ДБН В.2.ю5-28-2018 «Природне та штучне освітлення» . Робоче освітлення розміщено на щоглах поза зоною майданчика. Для освітлення застосовуються прожектори типу ПЗС-35 з газоразрядними лампами ДРЛ-700.

ДОДАТОК В

ФАКТОРИ САНІТАРНО-ГІГІЄНІЧНОГО ХАРАКТЕРУ

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 вимірювань.

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 [16], за витратами енергії, визначаємо категорію робіт для дослідника лабораторії обладнаної ПК. Умови праці, за витратами енергії, не перевищують 140 Вт та повинні відповідати легким фізичним роботам – категорії 1а.

З додатків [16], відповідно до категорії робіт 1а, розряду зорових робіт Б-1 та виявлених показників умов та напруженості праці, визначаємо ГДК (ГДР) виявлених факторів і показників та вносимо їх значення до стовпчика 4, таблиці «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, $t, ^\circ C$	27,5	9	23,5-26,4	3	3.3	3
Освітленість приміщення $E, лк$	200	10	300	—	3.1	1
Розряд і підрозряд зорових робіт, $З_{ор}$	Б-1	—	—	—	—	—
Рівень шуму $L, дБА$	95	5	80	—	3.2	1,25
Загальні енергозатрати організму, Bm	190	7	290	0,57	3.3	3
Стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук)	63000	7	40000	1,38		
Тривалість зосередження уваги (в % від часу зміни)	81	7	75	0,95		
Тривалість робочого дня, $год.$	0	0	8	,23		

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

- для гігієнічної оцінки мікроклімату використовуємо ТНС-індекс, додаток Б [16]. Розрахунковий коефіцієнт $X_{визн}$ при оцінка мікроклімату визначаємо в балах, за формулою 7.1:

$$X_{визн} = \frac{1 \cdot t_1 + 2 \cdot t_2 + 3 \cdot t_3 + 4 \cdot t_4}{T} = \frac{3 \cdot 9}{9} = 3$$

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:

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

$$X_{визн} = \frac{P_{вим} \cdot T \cdot K_{знач}}{8 \cdot P_{доп}} = \frac{190 \cdot 7 \cdot 1,0}{8 \cdot 290} = 0,57;$$

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

$$X_{визн} = \frac{P_{вим} \cdot T \cdot K_{знач}}{8 \cdot P_{доп}} = \frac{63000 \cdot 7 \cdot 1,0}{8 \cdot 40000} = 1,38;$$

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

$$X_{визн} = \frac{P_{вим} \cdot T \cdot K_{знач}}{8 \cdot P_{доп}} = \frac{81 \cdot 7 \cdot 1,0}{8 \cdot 75} = 0,95;$$

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

$$X_{визн} = \frac{P_{вим} \cdot T \cdot K_{знач}}{8 \cdot P_{доп}} = \frac{10 \cdot 10 \cdot 0,15}{8 \cdot 8} = 0,23;$$

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

- для мікроклімату, відповідно до значення розрахункового коефіцієнта $X_{визн} = 3$, з таблиці 7.2 [16] – 3 клас, 3 ступінь (3.3);

- при оцінці освітленості робочої зони приміщення, клас та ступінь шкідливості умов праці визначаємо у відповідності до $P_{вим} = 200$ лк, за додатками Г та табл. Г.1 [16] – 3 клас, 1 ступінь (3.1);

- для гігієнічної оцінки рівня шуму, клас та ступінь шкідливості умов праці визначаємо у відповідності до виміряного значення рівня шуму $P_{вим} = 95$ дБА, за додатками Д та табл. Д.1 [16] – 3 клас, 2 ступінь (3.2);

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

$$X_{\text{сум}} = \sum_{i=1}^n X_i = 0,57 + 1,38 + 0,95 + 0,23 = 3,13$$

$$X_{\text{сум}} = 3,13 - 3 \text{ клас, } 3 \text{ ступінь (3.3);}$$

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, 3 ступеню.

Оскільки при гігієнічній оцінці виявлена наявність шкідливих та особливо шкідливих, важких та особливо важких умов праці, проводимо дослідження фактичного стану умов праці, з метою визначення розмірів доплат за ступені шкідливості факторів виробничого середовища та показників важкості та напруженості праці за бальною шкалою, та вносимо їх значення до стовпчика 7, таблиці «Результати оцінювання за бальною шкалою»:

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

- при оцінці впливу освітленості, виходимо з того що вона відповідає 3 класу, 1 ступеню умов праці та діє протягом 9 годин, тому коректування не потрібно – $X_{cm} = X_i = 1$;

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

$$X_i = X_{cm} \cdot \frac{T}{8} = 1 \cdot \frac{2 \cdot 5}{8} = 1,25$$

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

Для визначення конкретного розміру доплати, умови праці оцінюємо по сумі значень X_i , за формулою 7.5 [12]:

$$X_{факт} = \sum_{i=1}^n X_i = 3 + 1 + 1,25 + 3 = 8,25$$

Розмір доплати за умовами праці визначаємо в залежності від їх фактичного стану $- X_{факт} = 8,25$, на підставі Типового положення «Про оцінку умов праці на робочих місцях і порядок застосування галузевих переліків робіт, на яких можуть установлюватися доплати робітникам за умови праці», з таблиці 7.4 [16]. Розмір доплати до тарифної ставки (окладу) $- 20 \%$.

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

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

2. Відповідно до класифікації умови, важкість та напруженість праці на робочому місці -дослідника належать до категорії 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 й відеотерміналами відповідає розряду зорових робіт Б-1, нормована загальна освітленість якого, на робочих столах – $E = 300 \text{ лк}$;

- рівень шуму в робочий зоні дослідника – 80 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 робочий 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 [16], у розмірі 20%.