

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)

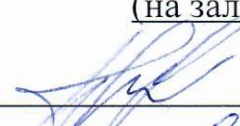
магістра
(ступінь вищої освіти)

на тему УДОСКОНАЛЕННЯ ПЕРЕВЕЗЕНЬ РІДКОГО ШЛАКУ В УМОВАХ
СКРОЧЕННЯ 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>Микола ПАРШИН</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)

Паршина Миколи Сергійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Удосконалення перевезень рідкого шлаку 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 шлаку, існуюча технологія виконання транспортних та вантажних робіт, характеристики рухомого складу та колійного розвитку

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналітична частина. 2. Основна частина. 2.1 Аналіз інтенсивності виробництва доменного шлаку на ДП-3 та ДП-4. 2.2 Розробка моделі доставки шлаку до пунктів переробки. 2.2.1 Опис першого блоку програми. 2.2.2 Опис другого блоку програми. 2.2.3 Опис третього блоку програми. 2.2.4 Опис четвертого блоку програми. 2.3 Результати моделювання доставки гарячого рідкого шлаку ДП-3 та ДП-4. 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 проекту (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		

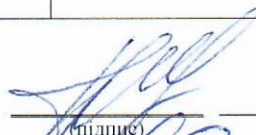
7. Дата видачі завдання 24.10.2022 року.

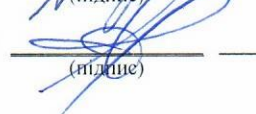
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (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)

Керівник проекту (роботи)


(підпис)


(підпис)

Микола ПАРШИН
(прізвище та ініціали)

Сергій ТУРПАК
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ : 80 с., 46 рис., 3 табл., 15 джерел.

ДОМЕННИЙ ШЛАК, НАЛИВ ШЛАКУ, ГРАНБАСЕЙН, ШЛАКОВИЙ ВІДВАЛ, ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ

Об'єкт дослідження – транспортно-технологічна система доставки рідкого шлаку в умовах скорочення виробництва металургійного підприємства.

Мета роботи – підвищення ефективності перевезень рідкого шлаку в умовах скорочення виробництва металургійного підприємства.

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

Досліджено процеси організації перевезень рідкого шлаку в умовах скорочення виробництва на металургійному комбінаті «Запоріжсталь». Запропоновані можливі рішення підвищення ефективності технології доставки шлаку за рахунок оптимізації графіку випуску шлаку доменними печами. Виконано техніко-економічне обґрунтування проєктного рішення.

ЗМІСТ

	с.
Завдання на проєкт	2
Реферат.....	4
Зміст	5
Вступ	7
1 Аналітична частина	9
1.1 Аналіз технологічного процесу доставки шлаку	9
1.2 Аналіз процесу вивантаження шлаку споживачами	24
1.3 Недоліки існуючого положення та постановка задач дослідження	26
2 Основна частина	28
2.1 Аналіз інтенсивності виробництва доменного шлаку на ДП-3 та ДП-4	28
2.2 Розробка моделі доставки шлаку до пунктів переробки	33
2.2.1 Опис першого блоку програми	34
2.2.2 Опис другого блоку програми	44
2.2.3 Опис третього блоку програми	45
2.2.4 Опис четвертого блоку програми	48
2.3 Результати моделювання доставки гарячого рідкого шлаку ДП-3 та ДП-4	53
3 Економічна частина	55
3.1 Економічний аналіз	57
3.2 Економічний аналіз варіанту 1.....	59
3.3 Економічний аналіз варіанту 2.....	59
3.4 Результати аналізу	61

4 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	63
4.1 Аналіз потенційних небезпек	63
4.2 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях	64
4.2.1 Заходи з пожежної безпеки	64
4.2.2 Заходи з цивільного захисту.....	65
Висновки	67
Перелік посилань	69
ДОДАТОК А. АНАЛІЗ ПОТЕНЦІЙНИХ НЕБЕЗПЕК	72
ДОДАТОК Б. ЗАХОДИ ПО ЗАБЕЗПЕЧЕННЮ БЕЗПЕКИ	73
ДОДАТОК В. ЗАХОДИ З ВИРОБНИЧОЇ САНІТАРІЇ ТА ГІГІЄНИ ПРАЦІ	74

ВСТУП

З кінця минулого сторіччя до цього року комбінат «Запоріжсталь» не зазнавав такого спаду процесу виробництва. З початком війни, через порушення логістичних процесів та небезпеку створення аварійних ситуацій він був змушений виконати гарячу консервацію – тимчасово зупинити та перевести промислові агрегати, у тому числі доменні печі, в режим роботи на тихому ході.

Через місяць після початку війни, коли ситуація на фронті дещо стабілізувалась, на підприємстві було прийняте рішення щодо відновлення його роботи задля наповнення бюджету країни та забезпечення працівників джерелом доходів для існування.

Але логістичні складнощі не дозволили відновити проєктні потужності виробництва, вони становили лише близько 50% від виробництва 2021 року.

Складною та найбільш відповідальною операцією при запуску доменних печей є перший випуск. Спочатку він був реалізований на доменній печі №4, а вже потім це відбулось на доменній печі №3.

Це важка робота, з якою вміло впорався колектив підприємства. Інтервали випуску чавуну та шлаку за звичайних умов роботи становили кожні дві години, але після початку запуску вони вдвічі більші [1]. Потрібен час на повноцінне відновлення нормального режиму експлуатації. Потрібен напружений та цілодобовий контроль технологів та обслуговуючого персоналу.

Відповідно до дорожньої карти, яка регламентує та встановлює терміни та об'єкти, що розконсервовуються, також було частково відновлено роботу агломераційної фабрики. Запрацювали три з 6 агломераційних машин, що дозволило надавати потрібні обсяги агломерату до доменних печей.

Стабільність виробничих процесів забезпечують як виробничі, енергетичні, так і транспортні підрозділи комбінату [2].

Тож дослідження процесів роботи транспорту за таких умов, які не спостерігались раніше, є важливим та актуальним питанням, яке розглядається в даній роботі.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Аналіз технологічного процесу доставки шлаку

Початковою ланкою технологічного процесу доставки шлаку є інформаційний потік від працівників доменного цеху до чергового по станції Ковшева щодо запланованого часу та кількості шлаковозів, які потрібно встановити під зазначеною піччю.

Інформацію передає ковшевий доменного цеху, особа, яка є відповідальною за транспорт та взаємодію із персоналом Управління залізничного транспорту.

Черговий по станції надає вказівку локомотиво-складацькій бригаді на виконання даної роботи [3].

Після встановлення по фронту наливу (рисунок 1.1), до групи ковшів приєднується електроштовхач, який здійснює їх переміщення під час наповнення рідким шлаком.



Рисунок 1.1 - Встановлення шлаковозів по фронту наливу

Термін очікування початку наливу шлаку становить 10 хвилин. Нормативна тривалість знаходження ковшів під наливом складає 60 хвилин. Прибирання ковшів займає час – 20 хвилин.

Після накопичення та формування составу (тривалість цих операцій становить 40 хвилин) поїзд висувається у східну горловину станції Ковшева, де до хвоста составу доєднується локомотив з платформою із автозчепленням, в яку наявні лише елементи, необхідні для штовхання составу (зчеплення не передбачається, оскільки до функцій локомотиву відноситься лише рух та підтримка шлаковозів на ділянці колії зі значним ухилом [3]).

Поїзд із головним та підштовхуючим локомотивом прибуває на станцію Шлакова, де штовхач від'єднується від составу поїзда та повертається на станцію Ковшева по правильному перегону (рисунк 1.2).



Рисунок 1.2 – Станція Шлакова

Загальний час на обслуговування доменної печі з прибирання наповнених ковшів та час на формування составу становить $20 + 40 = 60$ хвилин – що не перевищує термін, після якого гарячий шлак починає втрачати температуру та застигати.

Тривалість руху з третьої колії ст. Ковшева до горловини та заїзд штовхача становить три хвилини.

Час переміщення поїзду зі станції Ковшева до станції Шлакова займає 16 хвилин.

На станції Гранбасейн здійснюється прибуття та контроль за повнотою составу шлаковозів, закріплення, відчеплення та обгін локомотива [4]. Тепловоз здійснює заїзд до залізн. составу з іншого боку, приєднується, складач поїздів прибирає гальмівні башмаки (дана процедура займає 7 хвилин).

Подальший рух здійснюється за маршрутом, приготовленим черговим по станції Гранбасейн до колії, яка проходить уздовж басейну грануляції шлаку, з якого здійснюється зливання вантажу у воду (рисунок 1.3).



Рисунок 1.3 – Зливання гарячого шлаку у басейн грануляції

Час руху до колії зливання складає дві хвилини, а процес зливання партії вагонів займає 30 хвилин. Зливання здійснюється завдяки вмиканню електродвигуна, встановленого на лафеті шлаковозу, при приєднанні його до джерела живлення. Потім ковші треба повернути в транспортне положення (частина вантажу залишається, щоб уникнути потрапляння можливих залишків чавуну у воду та вибуху – чавун важче за шлак, тож може знаходитись лише на дні ковшу), інакше переміщення їх у складі поїзду забороняється [4].

Рух до станції Шлакова разом із часом на виконання маневрових операцій на станції Гранбасейн становить 8 хвилин.

На станції Шлакова виконуються такі операції:

- контроль за повним прибуттям составу;
- закріплення составу;
- відчеплення тепловозу у голові составу;
- переїзд його у хвіст составу;
- причеплення локомотиву;
- прибирання башмаків;
- приготування маршруту руху до відвалів.

Після цього, ковші із тепловозом у хвості даного составу маневровим порядком подаються на тупик кантування та вибивання залишків вантажу у відвал (рисунок 1.4).

На рисунку 1.5 показані залишки шлаку у ковші шлаковозу.

Тривалість доставки шлаковозів із залишками вантажу становить 7 хвилин.

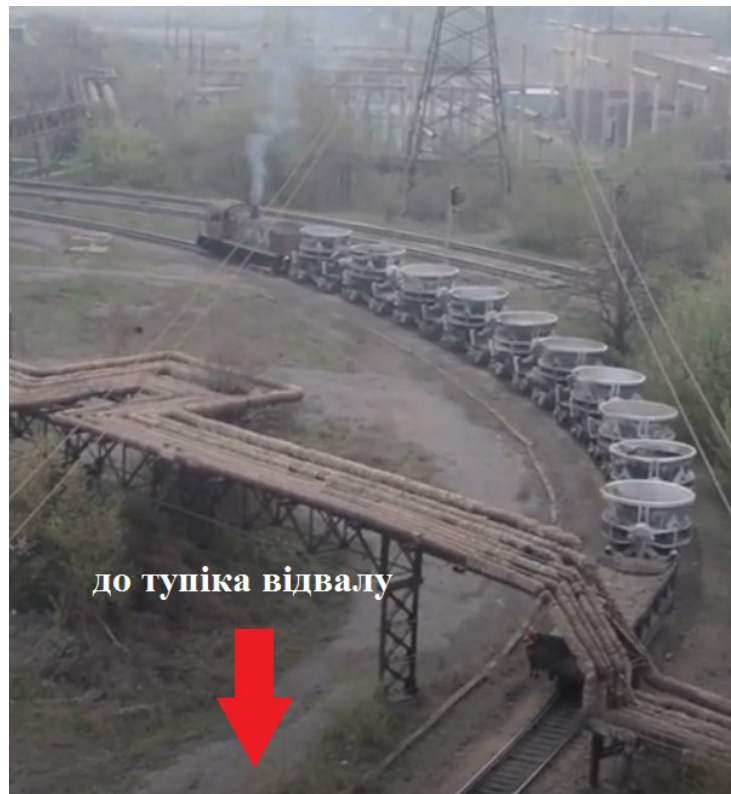


Рисунок 1.4 – Подавання составу на тупик вибивання залишків вантажу



Рисунок 1.5 – Залишки шлаку у ковші

Зливання ковшів може здійснюватися по дві одиниці одразу (рисунок 1.6), після цього залишки вантажу – шлак та чавун (за наявності) з ковшів вибиваються (рисунок 1.7).



Рисунок 1.6 – Зливання шлаку з ковшів



Рисунок 1.7 – Вибивання залишків вантажу

Технологічний процес вантажопереробки шлаку відбувається на двох ділянках – гранбасейні та відвалах. Наведемо загальну характеристику робіт на цих ділянках.

Для забезпечення безпеки локомотивних бригад, що знаходяться в кабіні тепловоза, заборонено перевезення завантажених шлаковозів з боку кабіни машиніста. При осаджуванні завантажених шлаковозів на фронт зливу локомотив повинен мати прикриття (порожній шлаковоз). Прикриття знаходиться по 4-й колії ст. Гранбасейн – за фронтом зливу шлаковозів у районі першої колони естакади.

Складач поїздів закріплює состав, що прибув для зливу шлаку, по колії №8, після чого локомотив заїжджає на колію №4 за сигнал Ч4 для з'єднання з вагоном-прикриттям. З'єднавшись з прикриттям, локомотив, виконує маневр обгону, після чого здійснює подачу шлаковозів на фронт зливу.

При русі локомотива з прикриттям від сигналу М9 на 8 шлях під состав складач поїздів знаходиться біля світлофора М11. Після з'єднання за вказівкою бригадира-грануляторника здійснює осадження шлаковозів на 4-ту колію станції Гранбасейн [4].

Складач поїздів зупиняє осаджуваний на колію №4 состав на відстані не менше ніж 15 метрів від естакади. Подальший рух состав, а також прибирання його після зливання, виконується за сигналами бригадира-грануляторника та за дозволяючим свідченням показу в'їзного світлофора.

При подачі составу для зливання (також при збиранні після зливання) складач поїздів знаходиться з боку грануляторника біля першої колони естакади на відстані не ближче 5 метрів від шлаковозів, що рухаються, до тих пір, поки не завершаться маневри з розстановки або прибирання шлаковозів по колії №4. За відсутності прямої видимості машиністу від грануляторника, складач поїздів дублює машиністу сигнали грануляторника.

При осаджуванні шлаковозів на фронт зливання (також при збиранні їх після зливання) грануляторник знаходиться біля колії №4 з протилежного боку від грануляційних басейнів та керує маневрами за ручними сигналами.

При осадженні (прибиранні) составу на колії №4 машиніст повинен знаходитись з боку керівника маневрів, вікно в кабіні тепловоза з боку грануляційних басейнів має бути закритим.

При збиранні шлаковозів після зливання, складач поїздів залишає хвостовий порожній шлаковоз на 4-й колії станції Гранбасейн в районі першої колони естакади, як призначений у якості прикриття для наступного составу [4].

Закріплення шлаковозу-прикриття здійснює складач поїздів: укладає під перший візок шлаковоза з обох боків металеві гальмівні башмаки до відчеплення локомотива при повній зупинці составу, він же прибирає гальмівні башмаки після з'єднання локомотива з цим шлаковозом.

З'єднання та відчіплення локомотива з прикриттям або без нього від шлаковозів за межами естакади проводиться локомотиво-складальною бригадою [3]. Розчеплення, зчеплення шлаковозів та їх закріплення гальмівними башмаками на фронті зливу, з обох боків, проводиться грануляторником до відчеплення локомотива, він же прибирає гальмівні башмаки після причеплення локомотива до составу (схема колійного розвитку станції Гранбасейн наведена на рисунку 1.8).

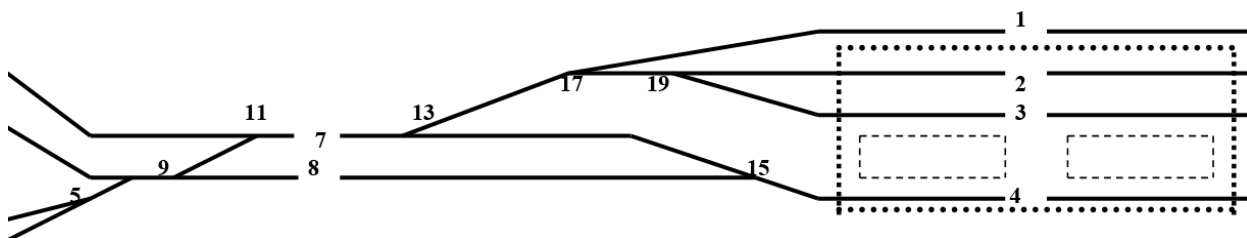


Рисунок 1.8 – Схема залізничних колій та стрілочних переводів станції Гранбасейн

Перед початком зливання шлаку керівник маневрів цеху шлакопереробки (ЦШП) зобов'язаний:

- переконатися у надійному закріпленні шлаковозів;
- відправити локомотив із території гранбасейну;
- видалити з території гранбасейну людей;
- переключити в'їзний світлофор на забороняюче показання.

Під час зливання шлаковозів рух рухомого складу за коліями гранбасейну №№1,2,3 забороняється.

Працівникам гранбасейну забороняється заходити між шлаковозами для усунення несправності автозчеплення або розчеплення за допомогою сторонніх предметів. Про всі несправності, а також про не злиті шлаковози, бригадир гранбасейну доповідає ковшевому доменному цеху, складачу поїздів та черговому станції Гранбасейн. На шлаковози, які не скантовані, бригадир гранбасейну виписує супровідні документи [3].

Шлаковози, що у нетранспортному стані до перевезення не допускаються.

Особливості обслуговування відвалів доменного шлаку на станції Шлакова (залізничні тупики №№13,14,15,23).

Передбачається наступний порядок роботи стаціонарних тупиків: всього в експлуатації – 4, з них 2 у роботі (№13 і №23), тобто саме на них здійснюється зливання шлаку, вибивання ковшів, два інші тупики – резервні (№14 і №15), вони підготовлені до приймання составів, зливання шлаку та вибивання ковшів у непередбачуваних випадках.

Осаджування шлаковозних складів з прийомовідправних колії станції Шлакова на початок фронту вивантаження здійснюється у супроводі складача поїздів, що йде попереду складу вздовж колії в зоні видимості машиніста на відстані 15-20 метрів від составу.

При подаванні составів шлаковозів на тупики зливання або вибивання, машиніст локомотива перед залізнично-автодорожнім переїздом №74 зобов'язаний подати сповіщальний сигнал та зупинити состав за сигналом складача поїздів, не проїжджаючи локомотивом постійно встановленого знаку «зупинка локомотиву», який встановлено в районі зєднувальної колії між станцією Шлакова та тупиками вивантаження шлаку [4].

Состав, який прибув для зливання та вибивання, зустрічає вивантажувач шлаку на відвалах цеху шлакопереробки з ручними сигналами за 10-15 метрів до початку фронту зливання та вибивання і дає команду на осадження складу на фронт вивантаження.

Перед прийманням шлакового складу на тупик, вивантажувач шлаку на відвалах зобов'язаний:

- перевірити колію щодо наявності габаритів та справності рейок і шпал;
- очистити від шлаку, сміття рейки та міжколії для забезпечення габариту;
- у разі виявлення несправності колії (наявність провисання кінців шпал, просадки колії, рейок з пошкодженнями та ін.) негайно повідомити чергового по станції Шлакова та начальника ділянки ЦШП для вжиття заходів щодо усунення несправності та переведення вивантаження шлаку на інший тупик.

Приймання шлакового составу на тупик проводиться вивантажувачем шлаку на відвалах шляхом вказівки локомотиво-складацькій бригаді місце зупинки составу для вивантаження шлаку, та встановлює переносний знак «зупинка локомотиву» в тому місці, де заборонено заїзд локомотива на ділянку тупику, який не закантований шлаком або шлак знаходиться у гарячому стані [4].

Укіс має бути закантованим до рівня шпал.

Після зупинки складу у вказаному місці, не менше ніж під дві колісні пари з кожної сторони складу вивантажувачем укладаються металеві гальмівні башмаки.

Потім ним подається сигнал локомотивній бригаді на відчеплення та виїзд локомотива з фронту кантування.

Локомотив під час розвантаження шлаку повинен знаходитись не ближче 30 метрів від складу.

При подаванні шлаковозів на фронт зливу (і прибирання складу після вибивання ковшів) складач знаходиться на початку фронту вивантаження, веде спостереження за рухомим складом та передає сигнали вивантажувача на відвалах машиністу локомотива. Вивантажувачу шлаку на відвалах забороняється пред'являти до перевезення шлаковози, які перебувають у нетранспортному положенні.

Забороняється заїзд локомотиву та іншого рухомого складу на ділянку тупиків № 13, 15, 23, 14 у випадку, якщо укіс тупика не закантований шлаком або шлак знаходиться в гарячому стані [4].

Машиністу локомотива забороняється проїзд переносного сигналу «зупинка локомотиву», встановленого вивантажувачем шлаку на тупиках № 13, 15, 23, 14.

Начальник дільниці або бригадир колії цеху поточного утримання та ремонту колій (ЦПУіРК) УЗТ зобов'язаний періодично (відповідно до графіку промірів) контролювати стан колій на тупиках.

У разі виявлення несправностей, а також при отриманні повідомлення від чергового по станції Шлакова або працівників ЦШП, вживати заходів щодо забезпечення справного стану колій відповідно до інструкції з експлуатації стаціонарних тупиків ЦШП.

На рисунку 1.9 наведено схему колійного розвитку станції Шлакова [3].

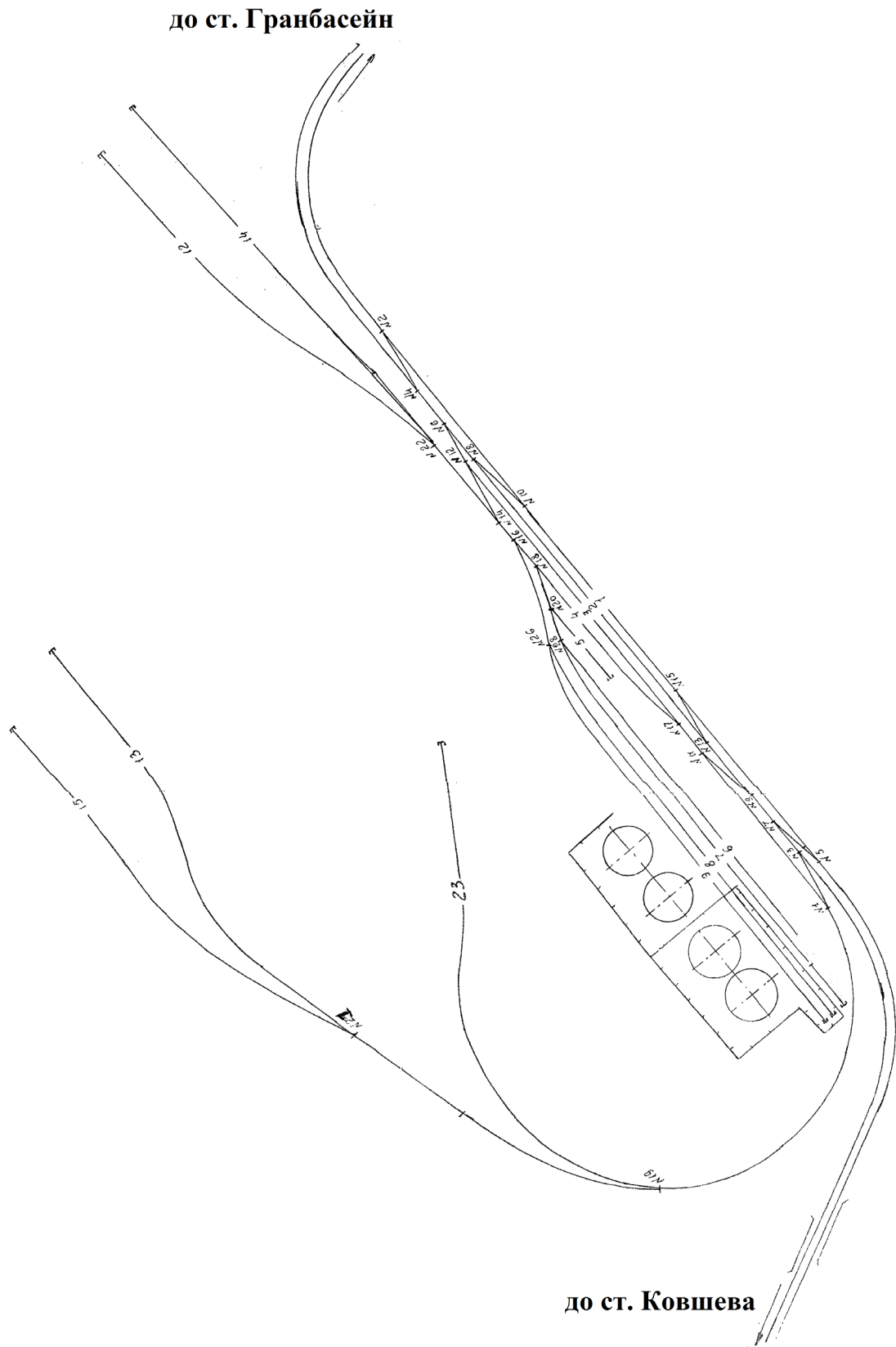


Рисунок 1.9 – Станція Шлакова

Подача та прибирання вагонів на ділянку навантаження доменного шлаку (тупик №12) проводиться за вказівкою чергового по станції Шлакова, після погодження з майстром ЦШП.

Місце завантаження вагонів, що подаються під навантаження, вказує майстер (відповідальний працівник) ЦШП.

Відповідальність за наявність габаритів на фронтах навантаження шлаку, освітлення колій у нічний час, наявність та справність гальмівних башмаків покладається на працівників ЦШП.

Зважаючи на наявність ухилу у бік станції – навантаження вагонів по тупику №12 проводиться тільки при локомотиві [4].

Перед завантаженням першого вагона на тупику №12 – локомотив відчіплюється і від'їжджає від составу на 15 метрів. До відчеплення локомотиву состав повинен бути закріплений: з боку станції – 3-ма гальмівними башмаками складачем поїздів, з протилежного боку – один гальмівний башмак укладає відповідальний працівник ЦШП. Після завантаження першого вагона локомотив з'єднується з составом.

Машиністу екскаватора забороняється приступати до завантаження вагонів, не переконавшись у їхньому надійному закріпленні на залізничній колії.

При подальшій підтяжці вагонів під екскаватор, управління навантаженням, подання сигналів помічникові машиніста-складачу поїздів на рух (узгодження дій з машиністом екскаватора), забезпечення габаритів та правильності навантаження вагонів покладається особисто на відповідального працівника ЦШП.

Під час завантаження вагонів складач поїздів перебуває у зоні прямої видимості машиніста екскаватора чи відповідального працівника ЦШП і передає машиністу локомотива сигнали переміщення складу [4].

Прийом та здавання вагонів проводиться на фронті навантаження спільно працівниками ЦШП та працівниками ЦЕ УЗТ станції Доменна з подальшим оформленням перевізних документів.

Перед подачею, прибиранням вагонів на вантажний фронт (тупик 12) складач поїздів зобов'язаний:

- не доїжджаючи до вантажного фронту на 15 метрів, зупинити состав;
- узгодити план роботи з майстром ЦШП або відповідальним працівником.

- отримати дозвіл від майстра ЦШП або відповідального працівника на виробництво маневрів по тупику №12.

Перед подачею, прибиранням вагонів на вантажний фронт (тупик №12) майстер ЦШП зобов'язаний:

- перевірити колію щодо наявності габариту та справності рейок і шпал;
- очистити від шлаку, сміття рейки та міжколії для забезпечення габариту;
- під час подачі вагонів на тупик знаходитися попереду составу, що осаджується.

При прибиранні або подачі вагонів на фронт навантаження складач поїздів перебуває у зоні видимості працівника ЦШП на початку вантажного фронту до постановки на фронт навантаження або прибирання складу з фронту навантаження, при цьому передає сигнали працівника ЦШП машиністу локомотива та стежить за рухом составу [4].

Надалі здійснюється переробка шлаку (рисунок 1.10). Відділення включень металу на спеціалізованих сепараційних лініях. Шлак використовується в будівництві доріг та виробництві портландцементу.



Рисунок 1.10 – Робота лінії з переробки доменного шлаку

Відвантаження споживачам здійснюється більшою мірою, за обсягами, залізничним транспортом в універсальних напіввагонах (рисунок 1.11).



Рисунок 1.11 – Завантажений доменним шлаком напіввагон

1.2 Аналіз процесу вивантаження шлаку споживачами

Вивантаження шлаку у споживачів здійснюється, як правило, на підвищених коліях [5] – рисунок 1.12.



Рисунок 1.12 – Підвищена колія для вивантаження шлаку

Вивантаження здійснюється гравітаційним способом після відкриття люків вантажниками за допомогою металевих ломів (рисунок 1.13).



Рисунок 1.13 – Вивантаження шлаку

Після висипання, залишки шлаку у вагонів прибираються ручним способом вантажниками (рисунок 1.14), періодично фронт вивантаження звільняється бульдозерами та іншими засобами (рисунок 1.15)



Рисунок 1.14 – Вагон із залишками шлаку



Рисунок 1.15 – Звільнення фронту вивантаження доменного шлаку для наступних партій вагонів

1.3 Недоліки існуючого положення та постановка задач дослідження

В роботі аналізується унікальна ситуація роботи ПАТ «Запоріжсталь» на двох доменних печах.

Особливістю її є більш виражена дискретність подій з виходу завантажених шлаком составів. На відміну від перевезень чавуну, доставка якого здійснюється на незначні відстані – до одного кілометра, відстань доставки шлаку – в декілька разів більше. Це обумовлює необхідність збирання шлаковозів у состави максимально можливої маси, яка обмежується потужністю працюючих локомотивів та суттєвим ухилом поздовжнього профілю колії.

З позицій організації виробничого процесу, інтервал між початками випуску шлаку однією доменною піччю та другою є рівним половині міжвипускового інтервалу, який є однаковим – випуск по печам розпочинається через кожні 2 години.

Тобто інтервал між початками випуску шлаку печами становить 1 годину.

Але, при формуванні составів зі шлаком є вимога не затримувати наповнені шлаковози понад 1 годину задля убезпечення затвердіння шлаку через охолодження. Та, за таких умов, состави шлаковозів будуть досить зменшеної ваги, що є нераціональним.

Пропонується розробити імітаційну модель, яка враховує стохастичний характер відхилень реальних інтервалів часу випуску чавуну печами. та виконати на ній експерименти з метою з'ясування найбільш ефективного інтервалу між послідовними початками випуску шлаку доменними печами.

За результатами експериментів на імітаційній моделі при різних варіантах необхідно буде порівняти економічні показниками.

За результатами економічного аналізу планується встановити найбільш економічний варіант роботи та сформулювати рекомендації щодо організації перевізного процесу.

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Аналіз інтенсивності виробництва доменного шлаку на ДП-3 та ДП-4

Для аналізу обрано вибірки даних часових інтервалів моментів початку випуску шлаку зі шлакової сторони ДП-3 та ДП-4.

Вибірка даних, які характеризують випуск рідкого гарячого доменного шлаку доменною піччю №3:

2,02; 2,09; 2,09; 2,03; 1,97; 2; 1,94; 1,95; 1,93; 1,98; 1,71; 2,09; 1,96; 1,88; 1,98; 2,01; 2; 1,99; 2,05; 1,93; 2,1; 1,93; 1,98; 2,06; 1,98; 1,89; 2,09; 1,96; 2,08; 2; 2,04; 2,25; 1,97; 1,91; 2,07; 2,01; 2,1; 1,89; 2,03; 1,93; 1,86; 1,98; 1,99; 2,31; 1,94; 2,18; 1,83; 2,1; 2,23; 2,37.

Варіаційний ряд – у порядку зростання значень інтервалів:

1,71; 1,83; 1,86; 1,88; 1,89; 1,89; 1,91; 1,93; 1,93; 1,93; 1,93; 1,94; 1,94; 1,95; 1,96; 1,96; 1,97; 1,97; 1,98; 1,98; 1,98; 1,98; 1,98; 1,99; 1,99; 2; 2; 2; 2,01; 2,01; 2,02; 2,03; 2,03; 2,04; 2,05; 2,06; 2,07; 2,08; 2,09; 2,09; 2,09; 2,09; 2,1; 2,1; 2,1; 2,18; 2,23; 2,25; 2,31; 2,37.

Згідно формули Стерджеса [6-8] кількість інтервалів $I_{\text{груп}}$ для розподілу даних по групах для 50 значень:

$$I_{\text{груп}} = 1 + 3,22 \lg(50) = 6.$$

Скористаємось програмою Statistica [7] та розглянемо створену в ній діаграму щільності ймовірності інтервалів випуску шлаку ДП-3 (рисунок 2.1).

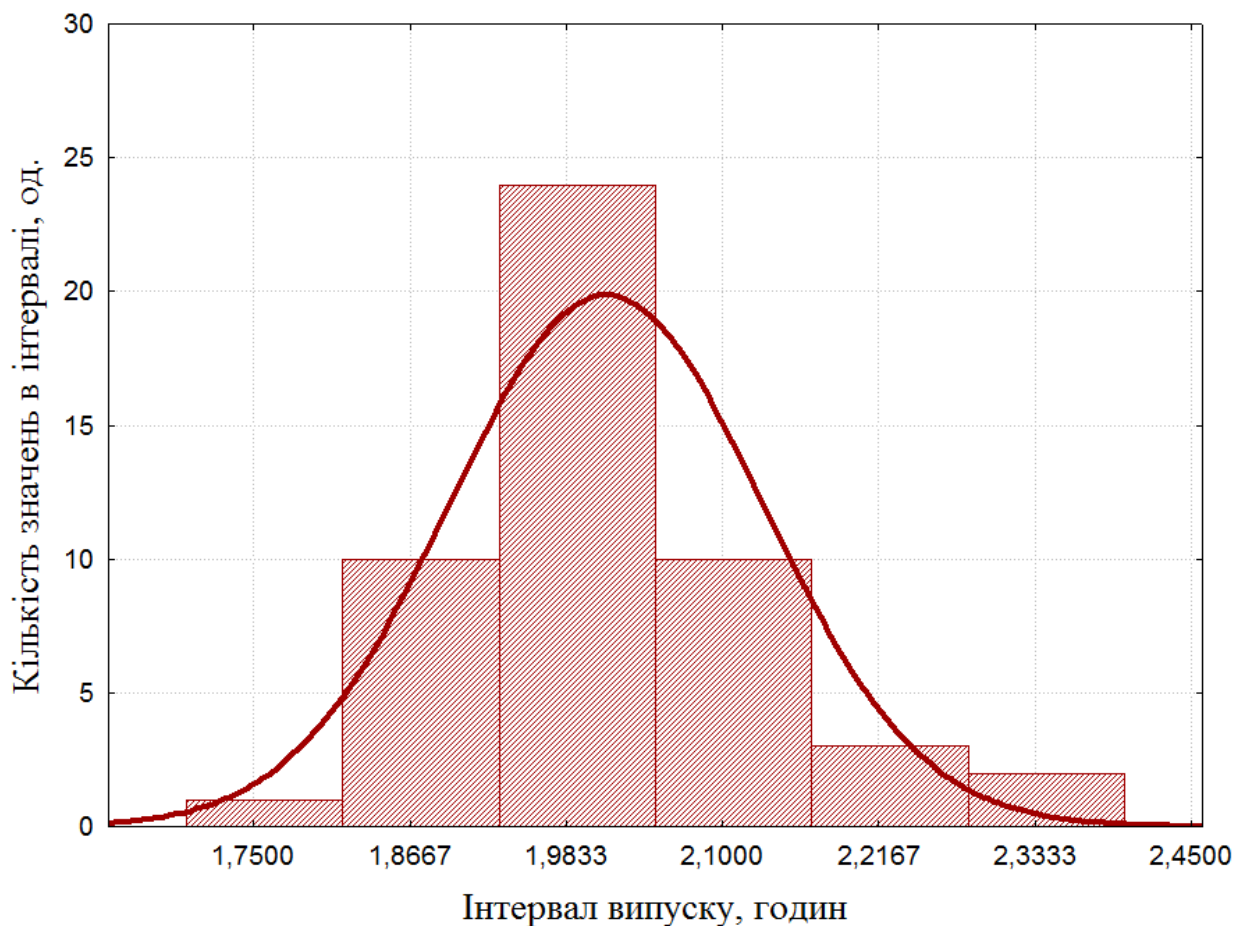


Рисунок 2.1 – Аналіз розподілу моментів випусків шлаку ДП-3

На рисунку фактичні дані у вигляді стовпців порівнюються з лінією нормального закону розподілу випадкової величини, візуально достатньо непогано узгоджуючись з ним.

Надалі планується використання імітаційної моделі на базі програми Енілоджік, тож в Statistica визначаємо основні характеристики для цього закону (рисунок 2.2).

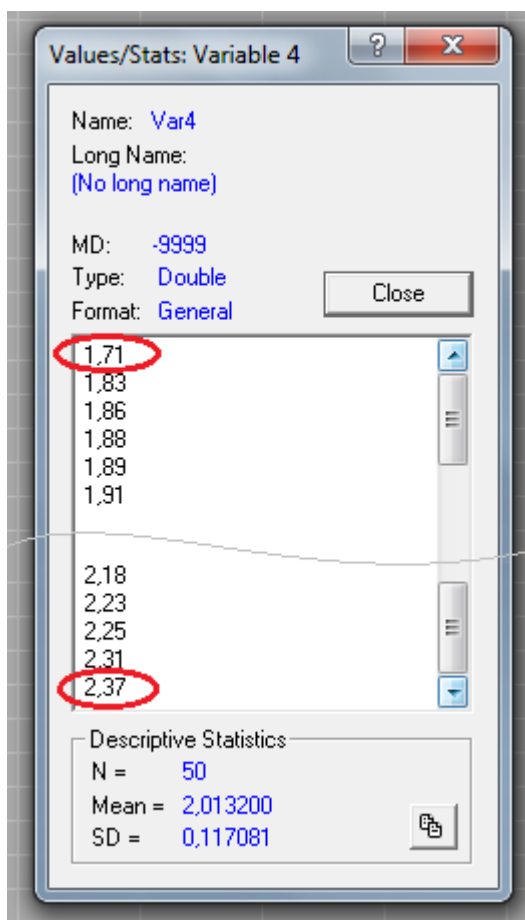


Рисунок 2.2 – Основні статистичні характеристики інтервалів випуску шлаку ДП-3

Необхідними є наступні параметри:

- мінімум – 1,71;
- максимум – 2,37;
- математичне очікування – 2,01;
- стандартне відхилення – 0,12.

Вибірка даних, які характеризують випуск рідкого гарячого доменного шлаку доменною піччю №4:

2,51; 1,74; 2,04; 2,1; 2,3; 2,01; 2,24; 2,34; 2,18; 1,83; 1,7; 2,19; 2,44; 2,23; 2,4; 2,12; 1,67; 2,09; 2,27; 2,2; 2,09; 1,94; 2,49; 1,72; 2,04; 2,36; 2,41; 2,12; 1,98; 1,81; 2,44; 2,37; 2,31; 2,3; 1,62; 1,89; 2,22; 2,49; 1,87; 2,75; 2,46; 1,91; 2,69; 1,69; 2,48; 1,84; 2,37; 2,02; 2,48; 2,33.

Варіаційний ряд – у порядку зростання 50-ти значень інтервалів:

1,62; 1,67; 1,69; 1,7; 1,72; 1,74; 1,81; 1,83; 1,84; 1,87; 1,89; 1,91; 1,94;
1,98; 2,01; 2,02; 2,04; 2,04; 2,09; 2,09; 2,1; 2,12; 2,12; 2,18; 2,19; 2,2; 2,22; 2,23;
2,24; 2,27; 2,3; 2,3; 2,31; 2,33; 2,34; 2,36; 2,37; 2,37; 2,4; 2,41; 2,44; 2,44; 2,46;
2,48; 2,48; 2,49; 2,49; 2,51; 2,69; 2,75.

Кількість інтервалів $I_{\text{груп}}$ приймаємо таку ж саму, які для даних ДП-4 (також – 50 значень): $I_{\text{груп}} = 6$.

Розглянемо в Statistica створену в ній діаграму щільності ймовірності інтервалів випуску шлаку ДП-4, представлену на рисунку 2.3.

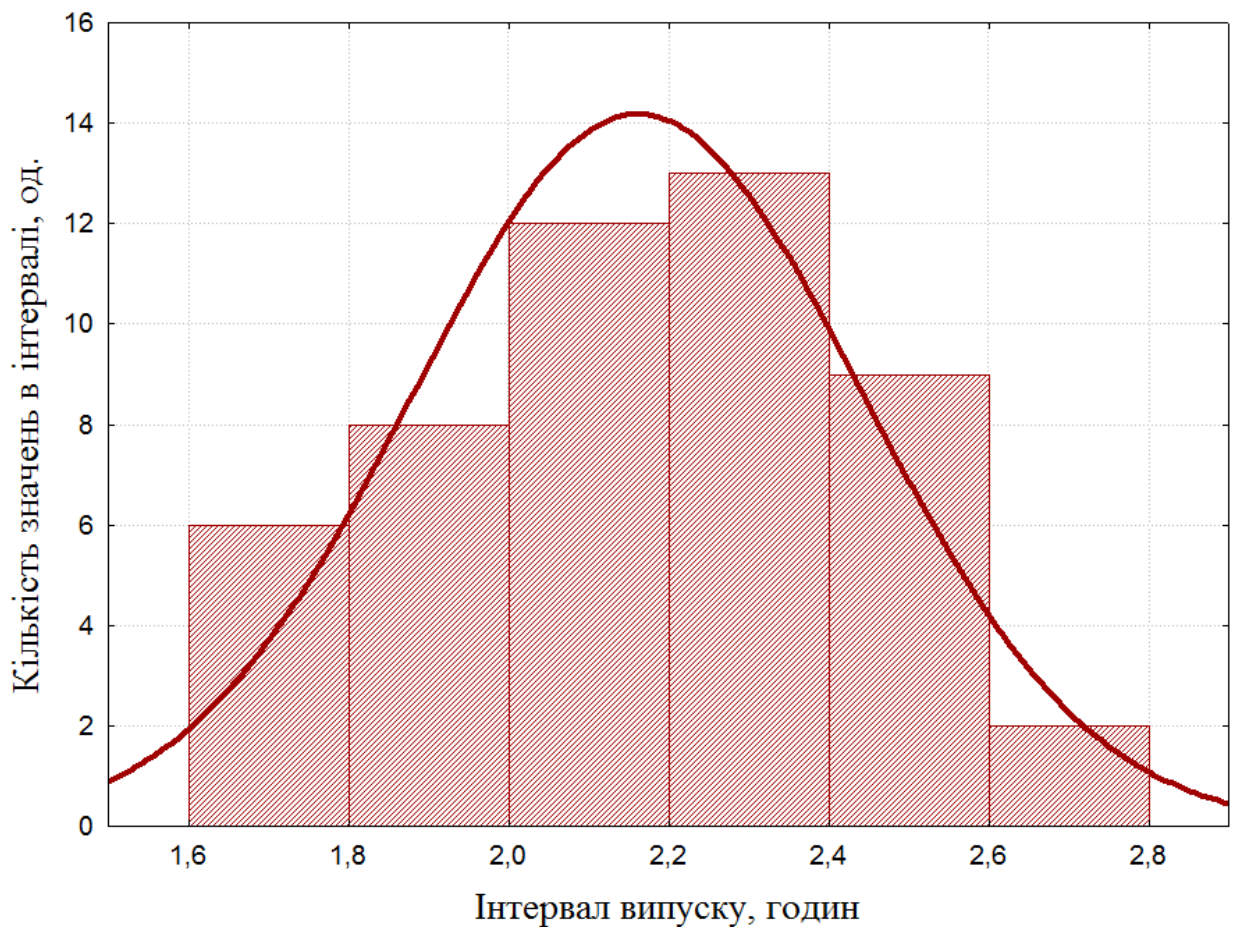


Рисунок 2.3 – Аналіз розподілу моментів випусків шлаку ДП-4

На рисунку фактичні дані у вигляді стовпців порівнюються з лінією нормального закону розподілу випадкової величини, так само візуально достатньо непогано узгоджуючись з ним, як і для 3-ї печі. Це свідчить про відповідність стандартним теоретичним уявленням щодо опису даного процесу. Для роботи імітаційної моделі на базі програми Енілоджік, визначаємо в Statistica основні характеристики, необхідні для генерації значень за цим законом (рисунки 2.3 та 2.4).

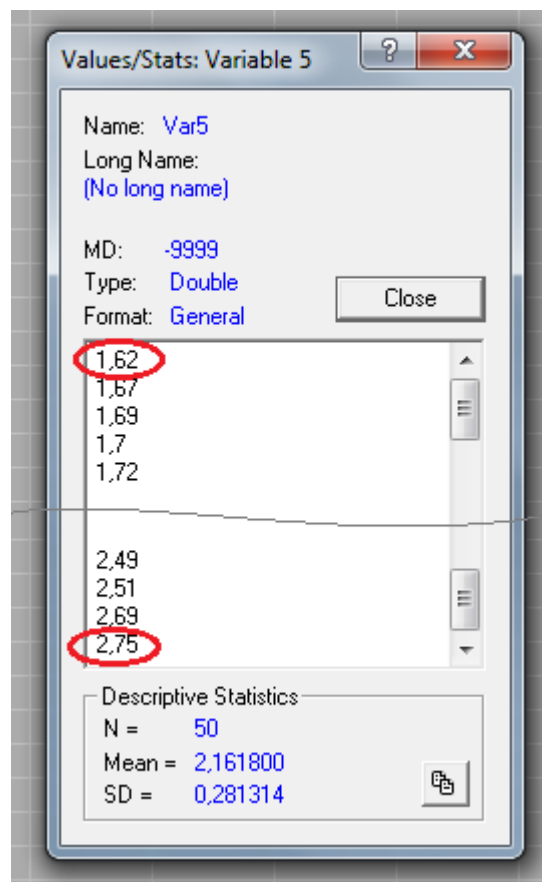


Рисунок 2.4 – Основні статистичні характеристики інтервалів випуску шлаку ДП-4

Необхідними є наступні параметри:

- мінімум – 1,62;
- максимум – 2,75;
- математичне очікування – 2,16;
- стандартне відхилення – 0,28.

2.2 Розробка моделі доставки шлаку до пунктів переробки

В даний час однією з прогресивних програм моделювання [9,10] є Енілоджік версії 8.7 (безкоштовна навчальна версія). Більшість необхідних для роботи функцій є доступними.

Після ініціалізації створення моделі, переходимо до меню (рисунок 2.5) та розміщуємо на полі потрібні елементи.

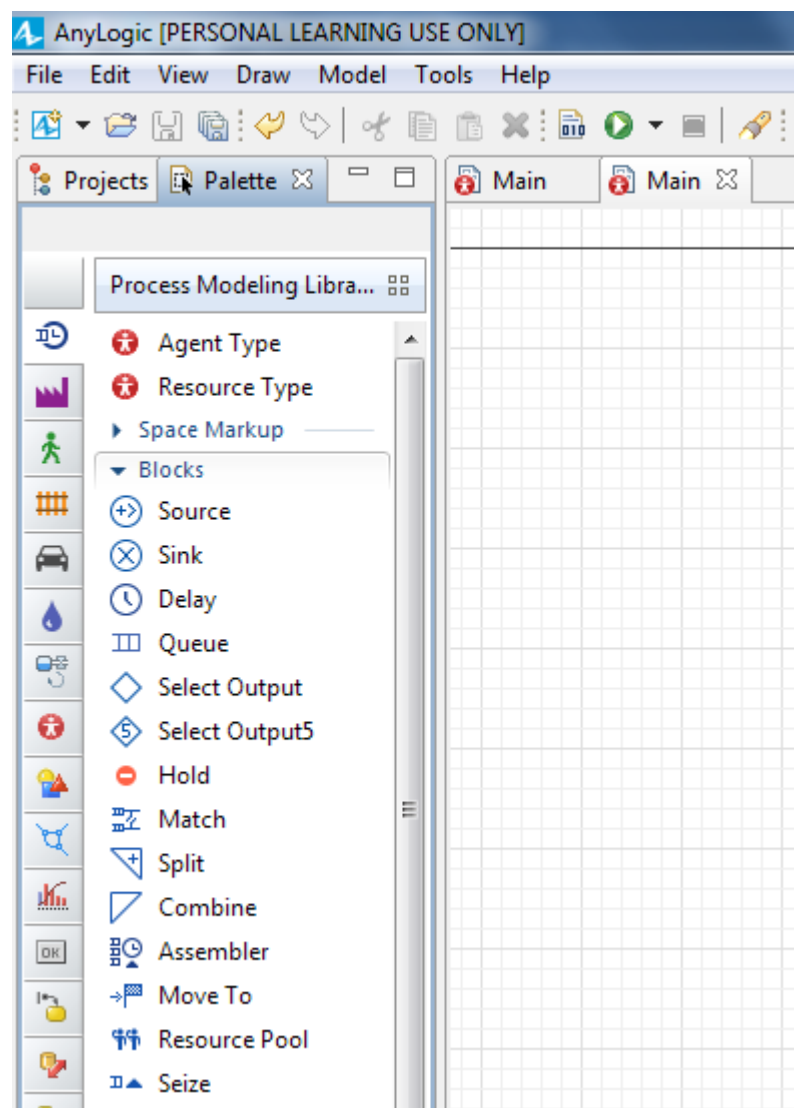


Рисунок 2.5 – Елементи меню процесів моделі

2.2.1 Опис першого блоку програми

Перший блок програми (рисунок 2.6) є відправною точкою її роботи.

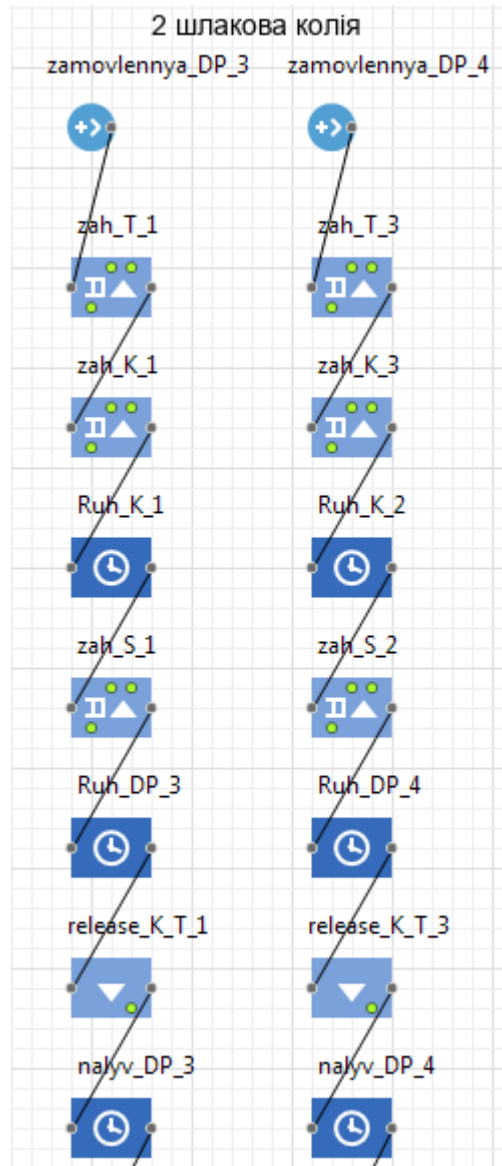


Рисунок 2.6 – Перший блок програми

Початок функціонування програми розпочинається з моменту замовлення шлаковозів ковшеvim доменного цеху. В магістерській роботі приймається середній розмір замовлення – 5 шлаковозів. Йому відповідає одна заявка у системі імітації процесу. Початковий процес іде по двох ланках: від ДП-3 та від ДП-4.

За параметрами, визначеними у попередньому розділі, редагуємо джерело замовлень ДП-3, що показано на рисунку 2.7.

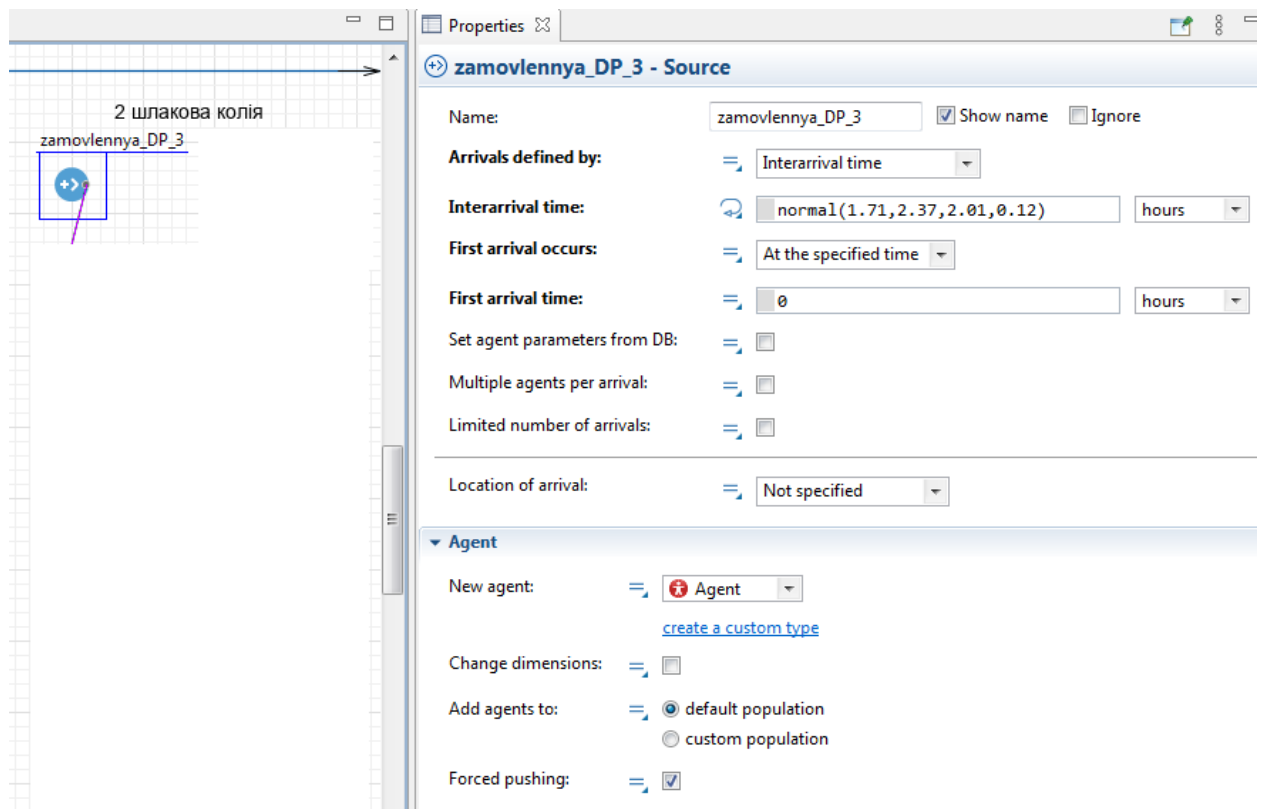


Рисунок 2.7 – Джерело замовлень ДП-3

Інтервал часу у відповідному осередку на рисунку вказано у вигляді коду java: `normal(1.71,2.37,2.01,0.12)`, де за порядком зазначені відповідно тип розподілу (нормальний), мінімум, максимум (усічений розподіл), математичне очікування, стандартне відхилення.

Перше замовлення з'являється у системі одразу з ініціалізацією програми: параметр `first arrival time` дорівнює нулю.

Так само вказуємо параметри замовлень шлаковозів для ДП-4, вказуючи параметр `Interarrival time` – `normal(1.62,2.75,2.16,0.28)`, що показано на рисунку 2.8.

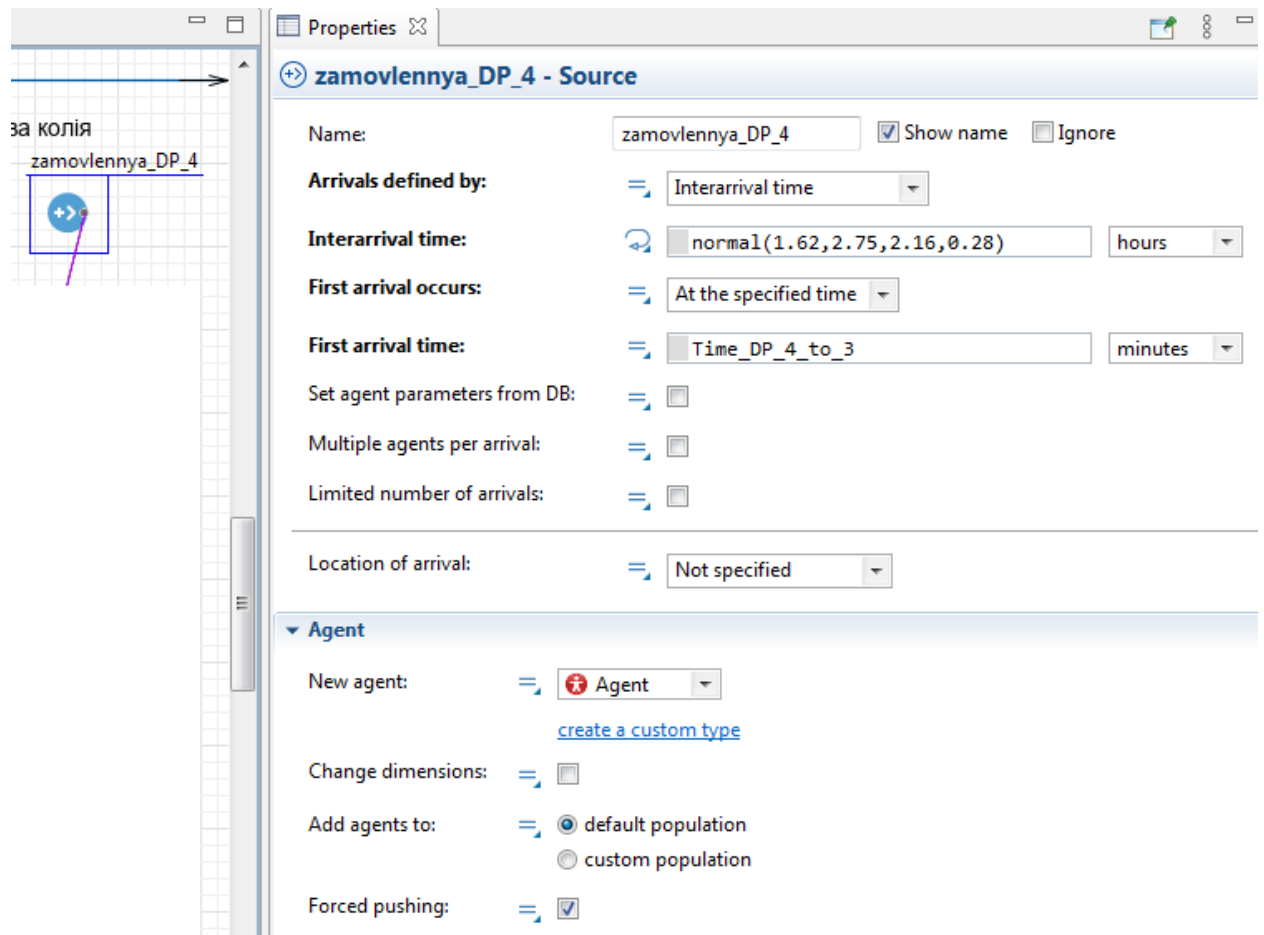


Рисунок 2.8 – Джерело замовлень ДП-4

Відмінністю є зміщення інтервалів замовлень на величину `Time_DP_4_to_3`, оскільки зазвичай випуски шлаку планують зі зміщенням часу по печам таким чином, щоб забезпечити рівномірність їх роботи в цілому.

Для цього в програмі використано змінну `Time_DP_4_to_3`, яка за звичайних умов дорівнює половині від планових інтервалів (2 години) – одну годину (60 хвилин – рисунок 2.9). Таким чином, випуск здійснюється у разі використання двох печей кожену годину.

На рисунку 2.10 показано наступний елемент першого блоку – захоплювач ресурсів – тепловозів.

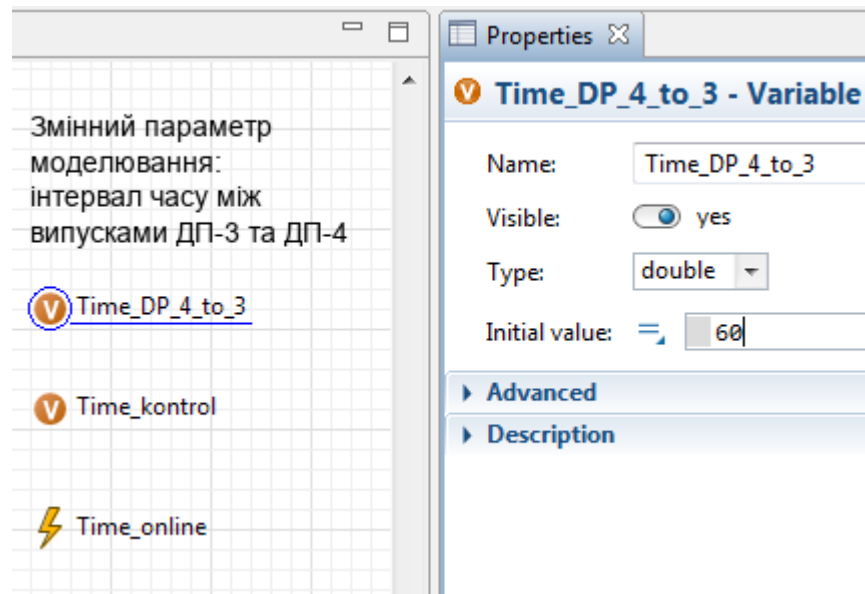


Рисунок 2.9 – Змінна Time_DP_4_to_3

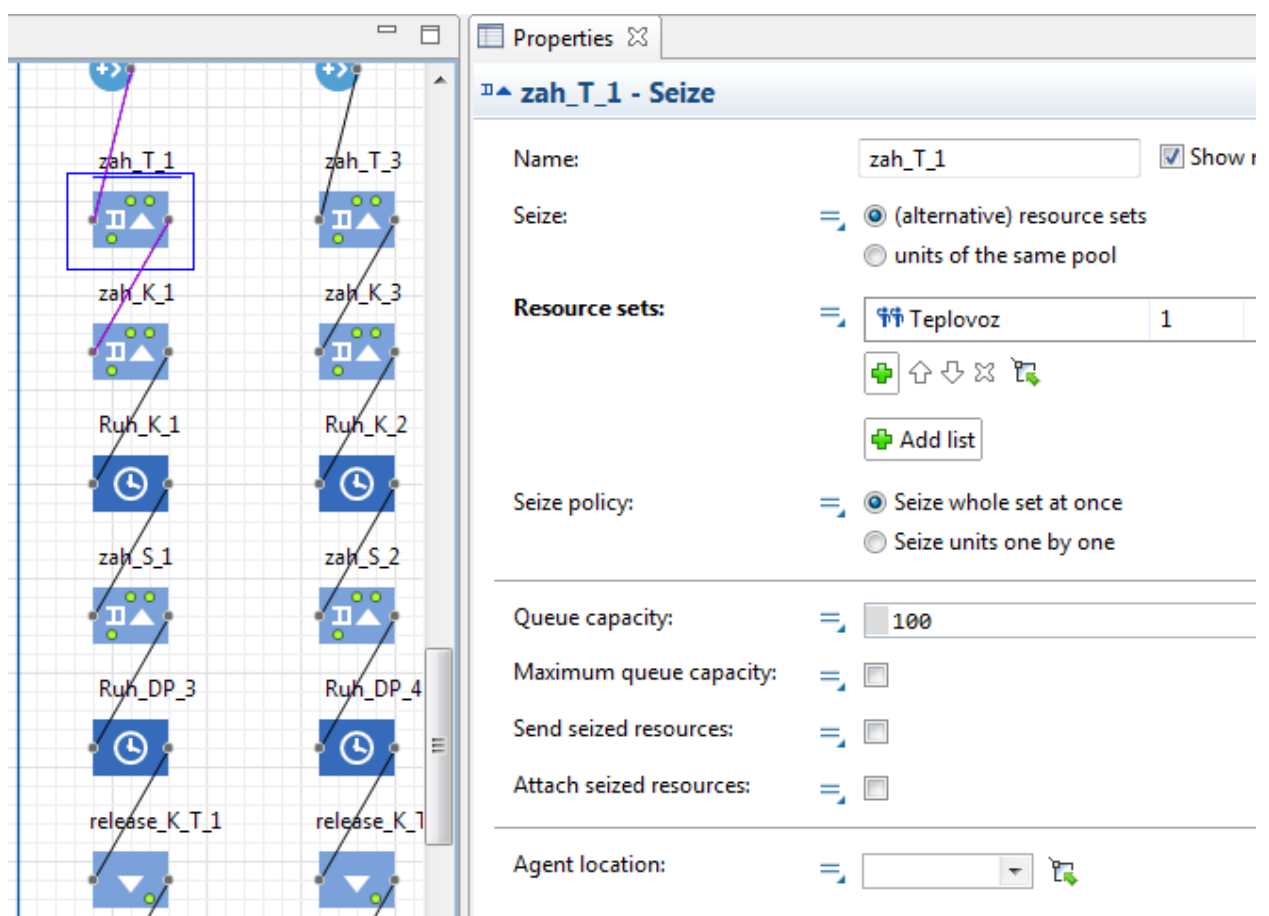


Рисунок 2.10 – Захоплювач ресурсів (тепловозів)

Завдяки цьому елементу до однієї заявки, яка імітує замовлення 5 шлаковозів, доєднується ресурс – тепловоз, забезпечуючи їх переміщення. Захоплювач функціонує у зв'язку з відповідним ресурсом Teplovoz. В проєкті цей ресурс регламентується як статичний з метою спрощення процедур імітації.

Кількість ресурсів зазначено у параметрі Capacity – 4 одиниці, що показано на рисунку 2.11.

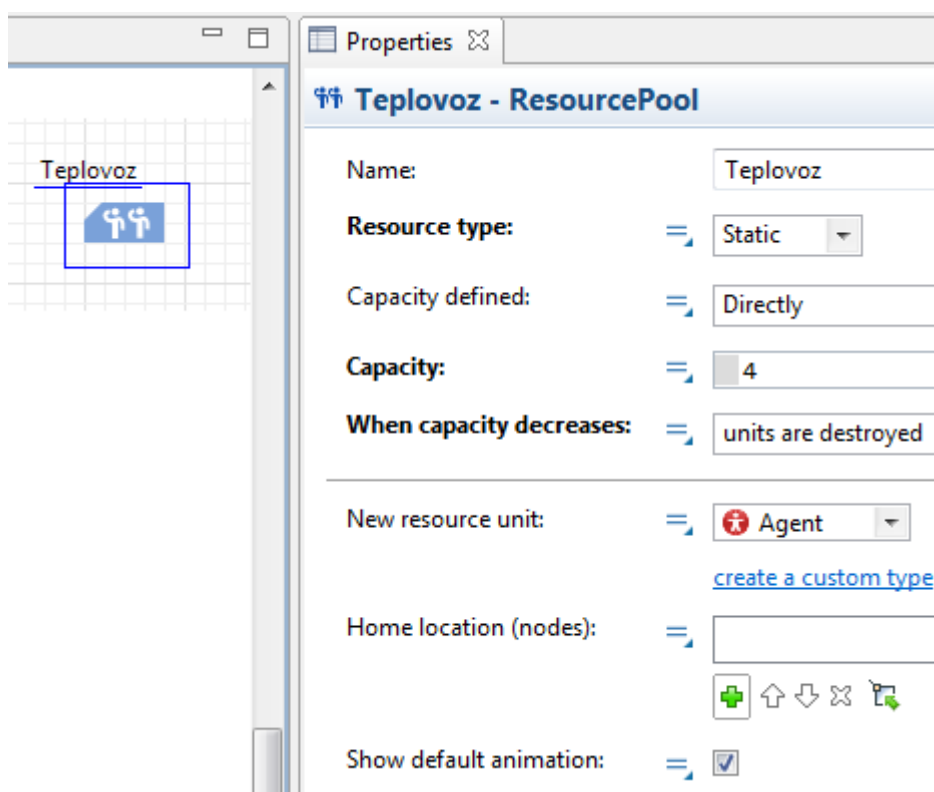


Рисунок 2.11 – Ресурс Teplovoz

Замовлення з ресурсом типу Teplovoz може рухатись лише за умови захоплення ресурсу Kolii, яким вважається фрагмент колійного розвитку (рисунок 2.12 – обведено зеленою лінією), де виконується маневровий рух до колій, де накопичуються чавуновози (2 та 3 шлакові колії), та до доменних печей №3 та №4. Параметри елементу-захоплювача ресурсу Kolii показані на рисунку 2.13.

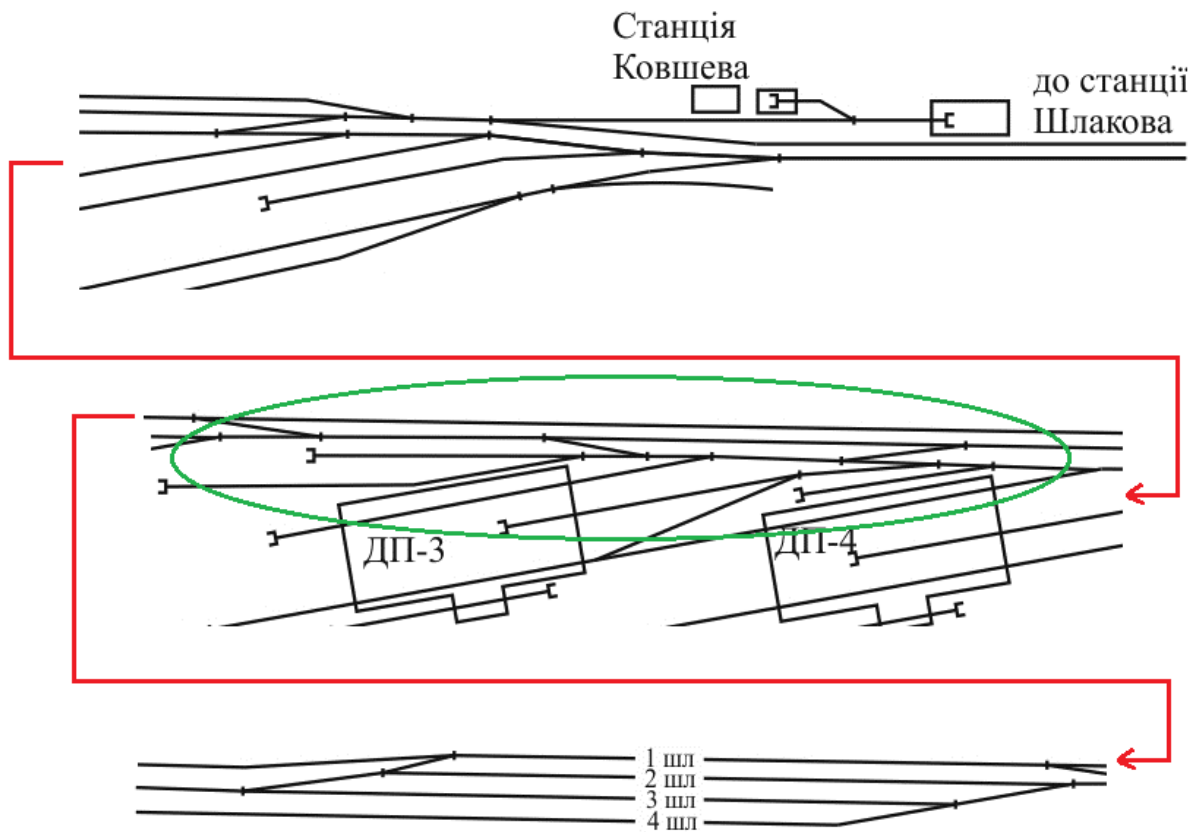


Рисунок 2.12 – Фрагмент колійного розвитку

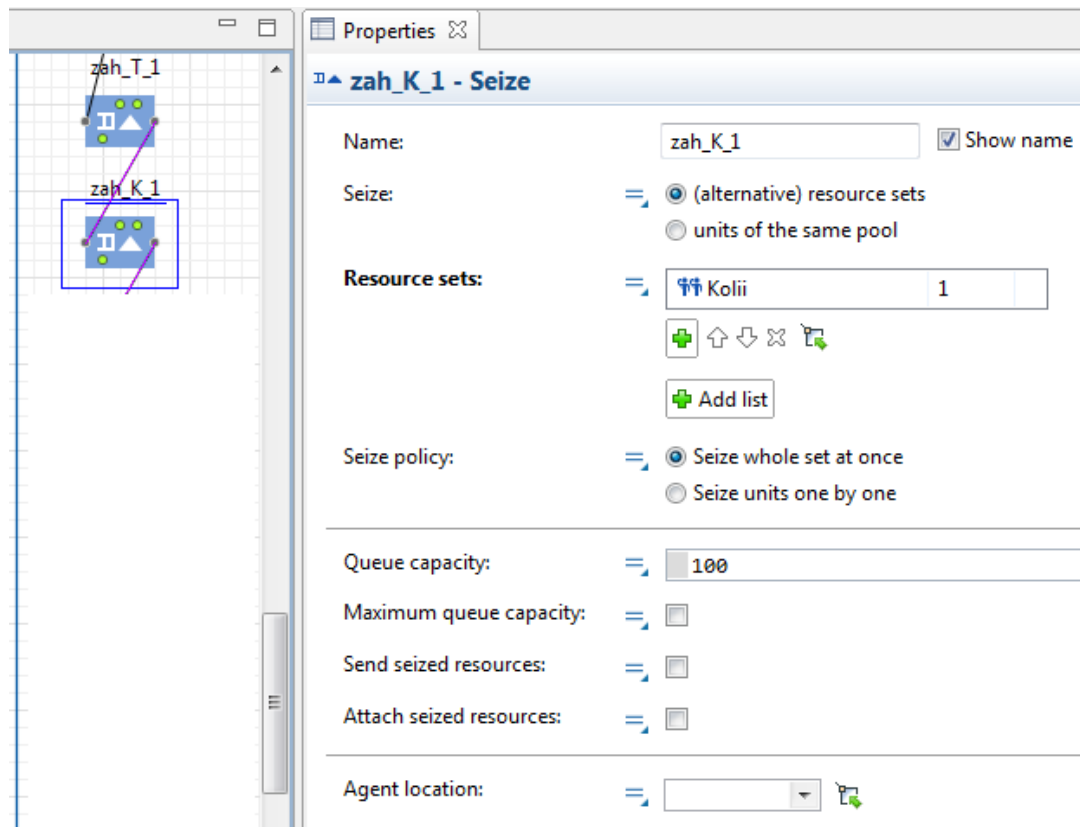


Рисунок 2.13 – Захоплювач ресурсу Kolii

Захоплювач даного ресурсу пов'язаний з ним, параметри елементу Kolii показані на рисунку 2.14, цей ресурс один, бо в одному маневровому районі, як правило, повинен знаходитись один локомотив.

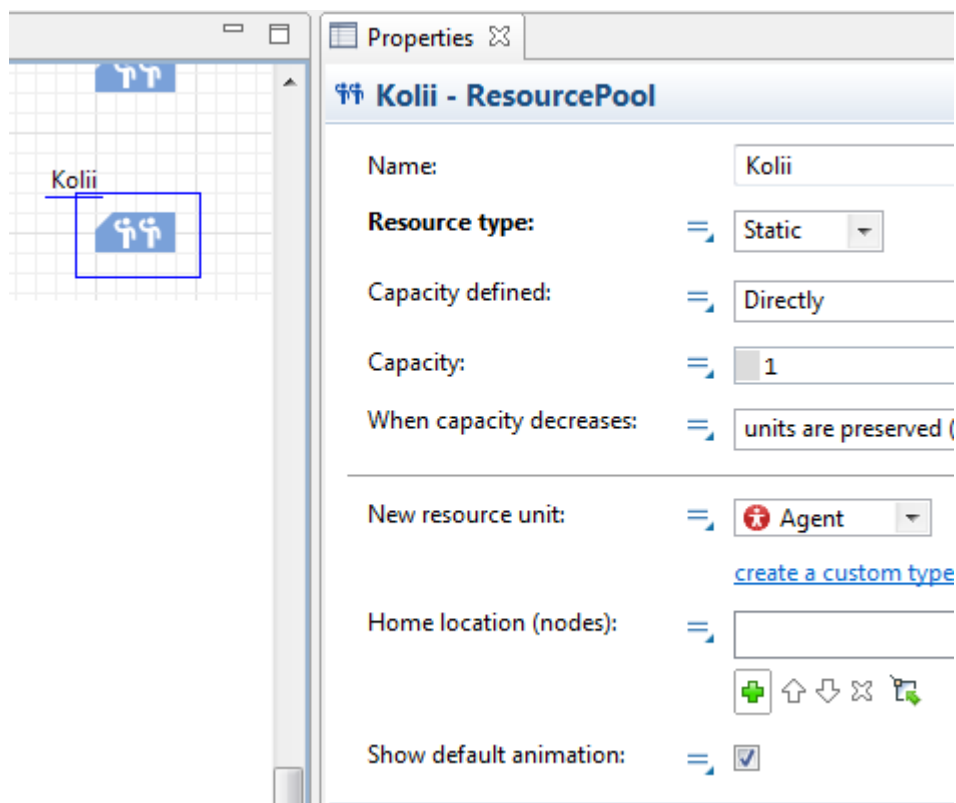


Рисунок 2.14 – Параметри елементу Kolii

Надалі за допомогою елементу затримки Ruh_K_1, що показаний на рисунку 2.15, імітуємо рух локомотива від району приміщення станції Ковшева, де вони зазвичай очікують на отримання завдання, до 2 шлакової колії за порожніми шлаковозами для ДП-3.

Після цього здійснюємо захоплення 5 ресурсів – шлаковозів, завдяки елементу zah_S_1, який показаний на рисунку 2.16.

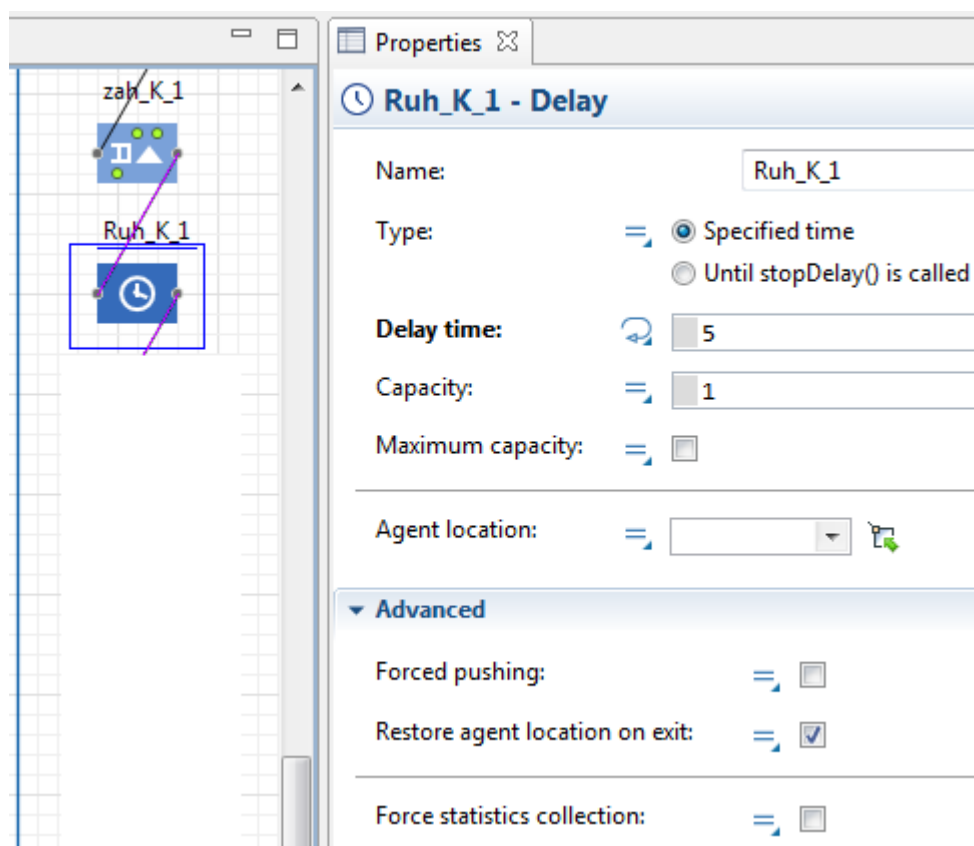


Рисунок 2.15 – Элемент задержки Ruh_K_1

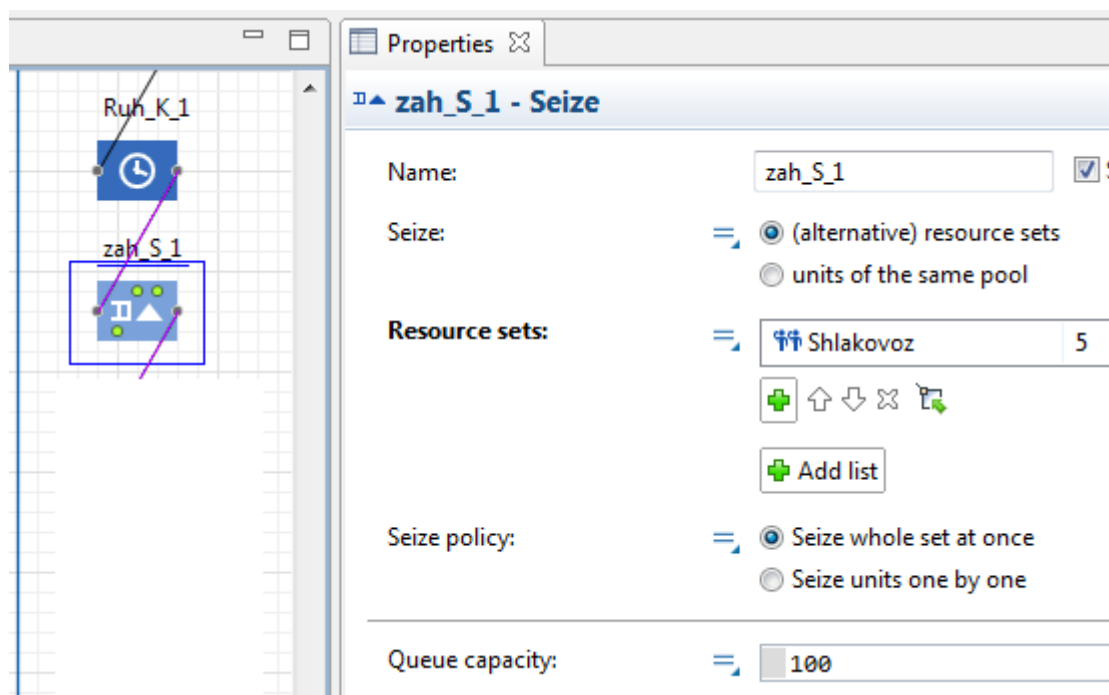


Рисунок 2.16 – Элемент zah_S_1

Кількість ресурсів приймаємо у кількості 40 одиниць, що задано об'єктом Shlakovoz – рисунок 2.17, який відноситься до типу стаціонарних ресурсів, що прийнято з метою спрощення побудови моделі.

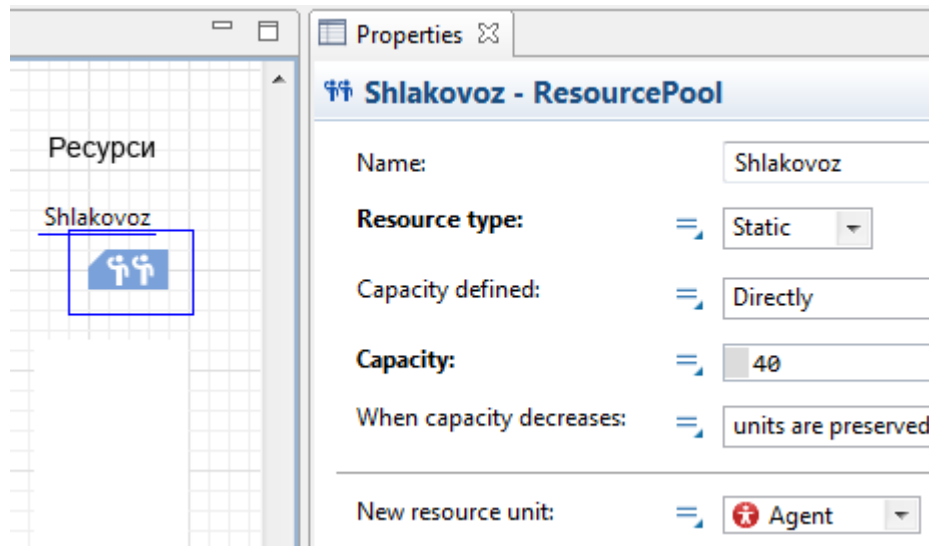


Рисунок 2.17 – Об'єкт-ресурс Shlakovoz

Надалі виконується затримка, що імітує розставлення шлаковозів під піччю №3, затримка за нормою складає 20 хвилин – рисунок 2.18.

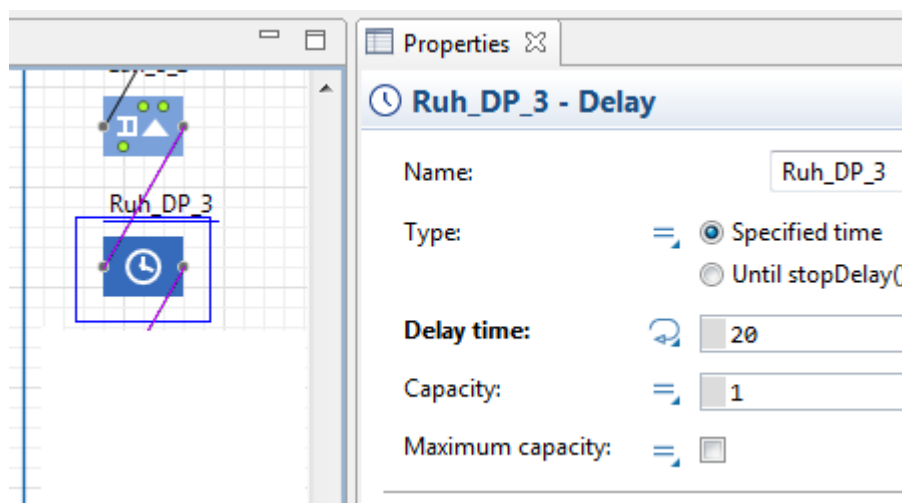


Рисунок 2.18 – Імітація процесу розставлення шлаковозів під піччю №3

Наступною дією є звільнення ресурсів Kolii та Teplovoz, що показано на рисунку 2.19, завдяки елементу release_K_T_1.

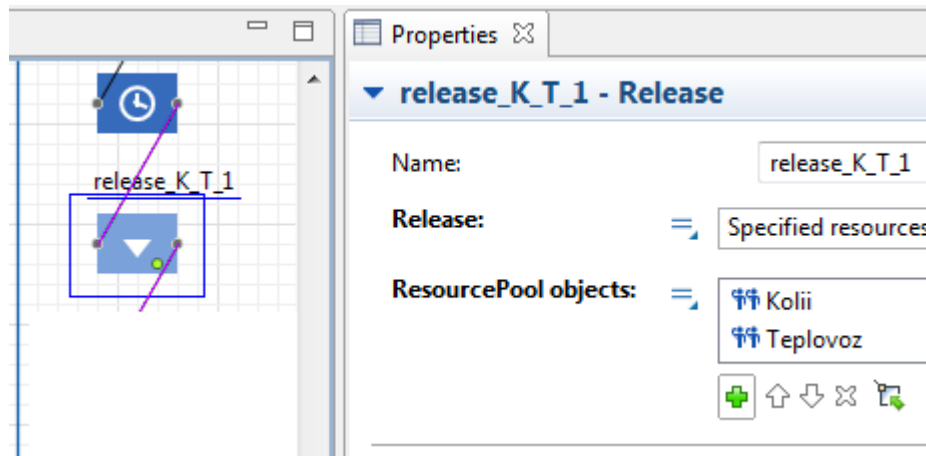


Рисунок 2.19 – Звільнення ресурсів Kolii та Teplovoz

Останньою ланкою в процесах першого програмного блоку є імітація випуску шлаку – затримка 60 хвилин.

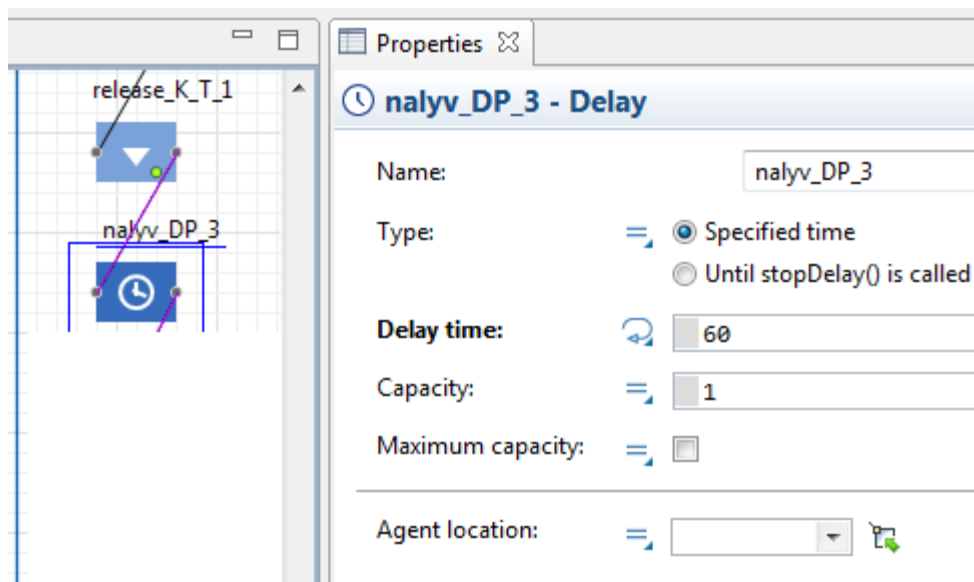


Рисунок 2.20 – Імітація випуску шлаку ДП-3

Аналогічно організовано виконання процесів на ланці ДП-4.

2.2.2 Опис другого блоку програми

Другий блок програми виконує процедури обслуговування доменних печей після закінчення випуску шлаку, він показаний на рисунку 2.21.

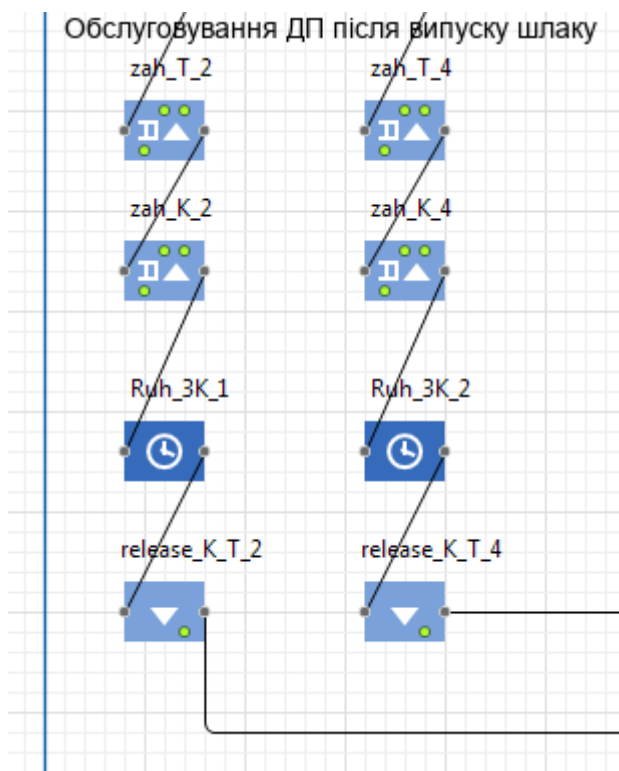


Рисунок 2.21 – Другий блок програми

Даний блок програми також за паралельними ланками для кожної з двох доменних печей виконує наступні послідовні операції:

- захоплення ресурсу – тепловозу – елементи `zah_T_2` – ДП-3, `zah_T_4` – ДП-4;
- захоплення ресурсу – колій – елементи `zah_K_2` – ДП-3, `zah_K_4` – ДП-4;
- рух на колію накопичення составу – `Ruh_3K_1` – ДП-3, `Ruh_3K_2` – ДП-4;

-вивільнення ресурсів – тепловозу та колій – release_K_T_2, release_K_T_4.

Ресурс-шлаковози залишаються захопленими замовленнями та потрапляють до елементу черги наступного блоку.

2.2.3 Опис третього блоку програми

Третій блок програми виконує процедури накопичення складу для відправлення, він показаний на рисунку 2.22.

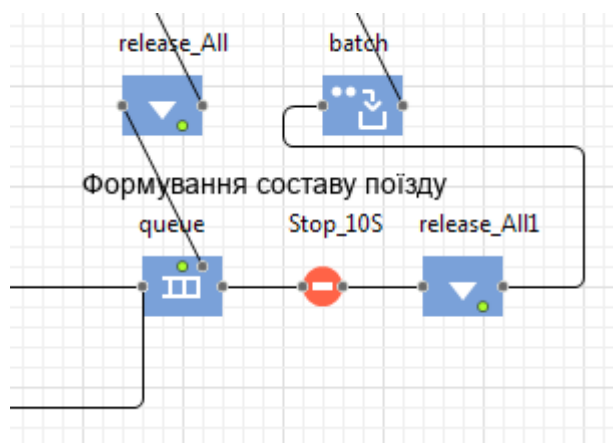


Рисунок 2.22 – Третій блок програми

Елемент черги – рисунок 2.23 – імітує простій шлаковозів на колії накопичення. При цьому вихід з цього елементу блокується елементом Stop_10S (рисунок 2.24), початкове значення якого – «заблокований». Замовлення разом із приєднаними ресурсами – шлаковозами знаходиться або до виконання умови затримки понад 40 хвилин (разом з 20 хвилинами обслуговування доменної печі це становить норму – 60 хвилин, перевищення якої призводить до застигання шлаку через втрату температури).

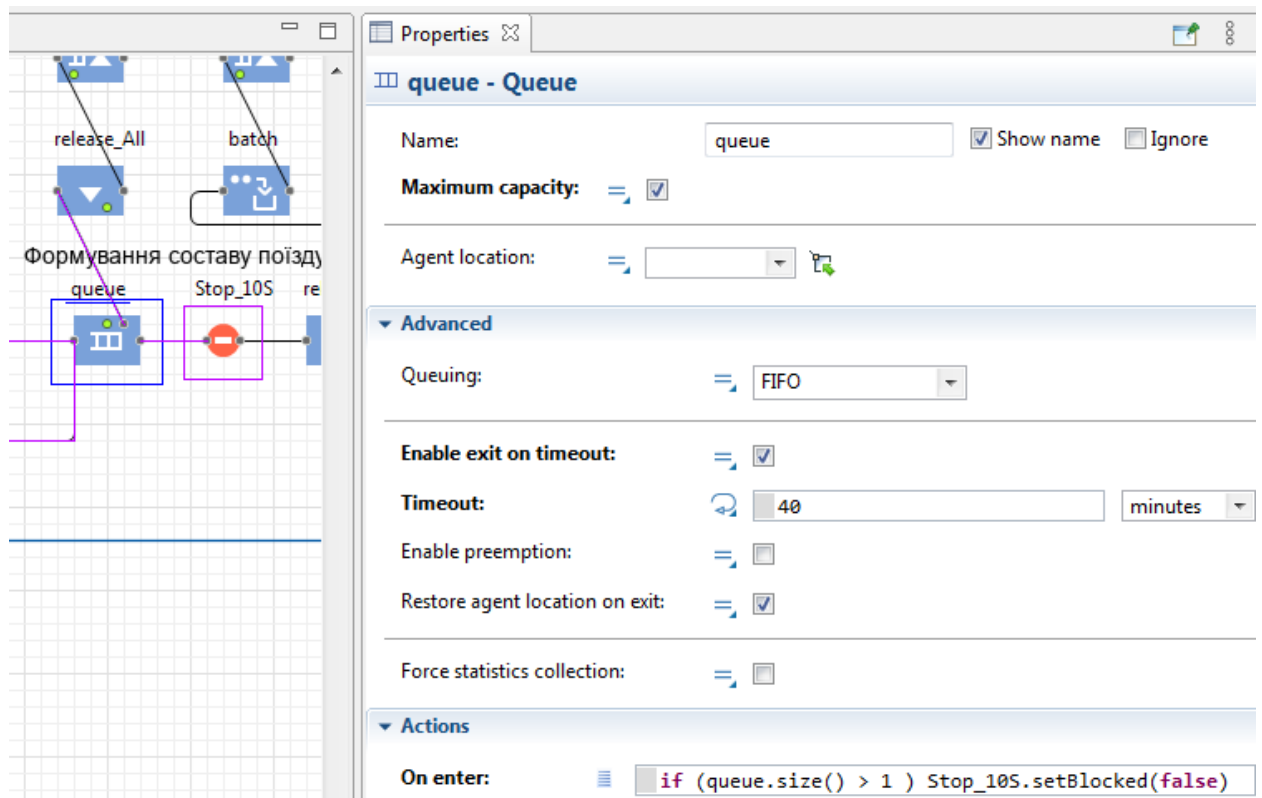


Рисунок 2.23 – Черга формування составів

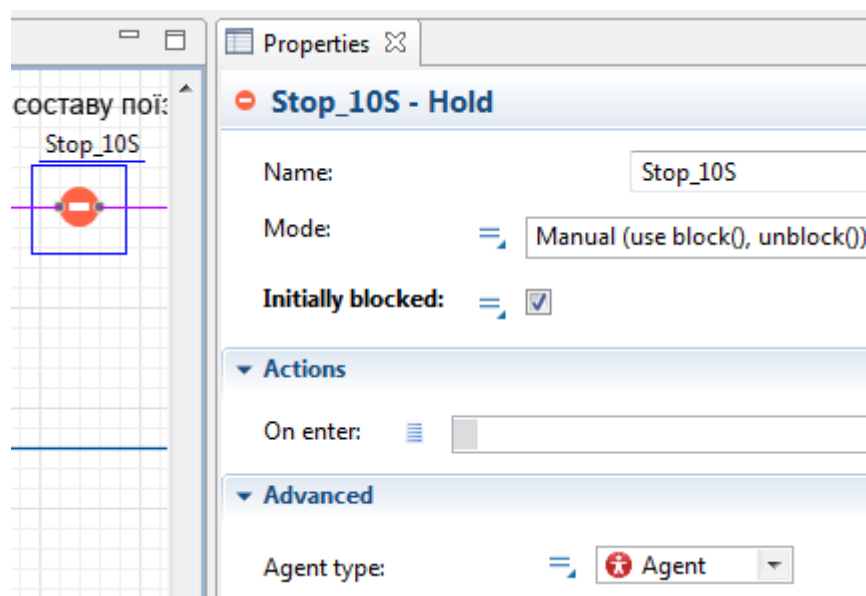


Рисунок 2.24 – Елемент Stop_10S

При вході наступного замовлення до черги перевіряється умова:

```
if (queue.size() > 1 ) Stop_10S.setBlocked(false).
```

Тобто за наявності понад одного составу з 5 ковшів вони покидають чергу та рухаються до об'єкту групування, показаному на рисунку 2.25, він групує дві заявки в одну, що зазначено в його параметрах.

Два состави об'єднуються в один, та утворена загальна заявка переміщується до четвертого блоку програми.

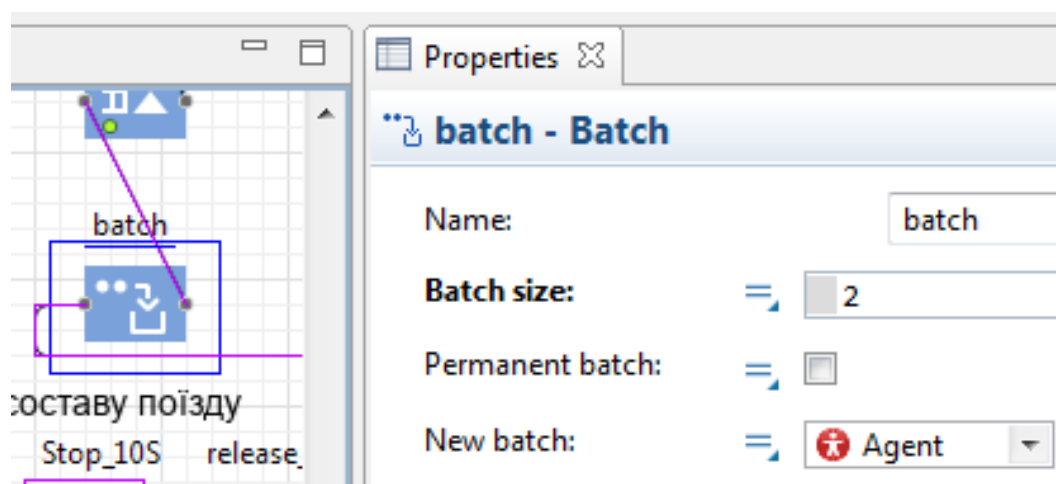


Рисунок 2.25 – Елемент формування подвійного составу

Подальший рух замовлень представлений двома гілками: для одинарних (5 ковшів) та подвійних составів (10 ковшів), оскільки є відмінності щодо часу їх обробки.

2.2.4 Опис четвертого блоку програми

Четвертий блок, представлений на рисунку 2.26 описує рух замовлень разом із ресурсами по циклу станція Ковшева – станція Шлакова – станція Гранбасейн – станція Шлакова станція Ковшева.

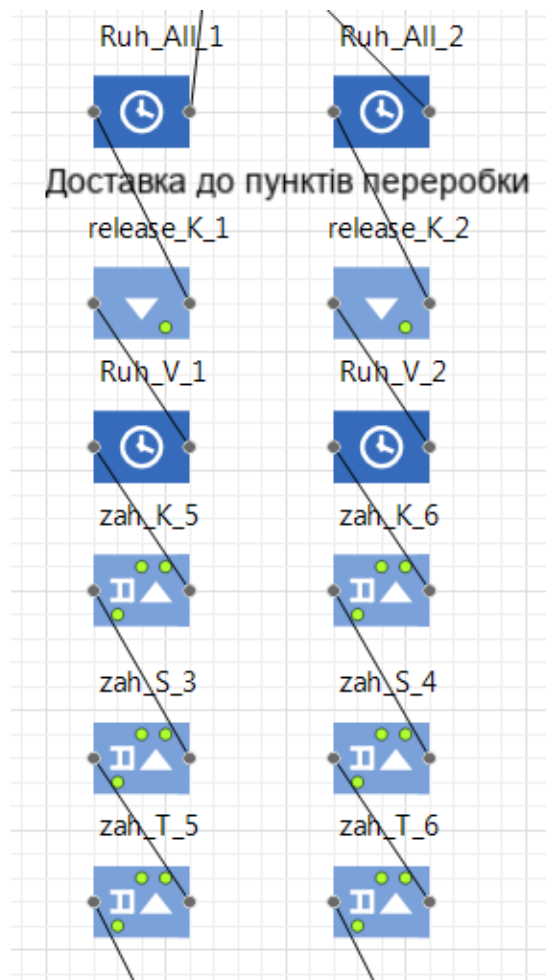


Рисунок 2.26 – Четвертий блок програми

Даний блок програми за паралельними ланками для составів одинарного та составів подвійного розміру виконує наступні послідовні операції:

- захоплення ресурсу – тепловозу – елементи `zah_T_5` – для одинарних, `zah_T_6` – для подвійних составів;
- захоплення ресурсу – шлаковозів (вони були вивільнені через технологічні особливості роботи програми Енілоджік) – елементи `zah_S_3` – приєднується 5 шлаковозів, `zah_S_4` – приєднується 10 шлаковозів;
- захоплення ресурсу – колій – елементи `zah_K_5` – для одинарних, `zah_K_6` – для подвійних составів;
- рух по коліях станції Ковшева – `Ruh_V_1` – для одинарних, `Ruh_V_2` – для подвійних составів;
- вивільнення ресурсів – колій станції Ковшева – `release_K_1`, `release_K_2`;
- рух, вантажні та технологічні операції по процедурі вивантаження шлаку та повернення составу на станцію Ковшева – `Ruh_All_1` – для одинарних, `Ruh_All_2` – для подвійних составів.

Після цих операцій вивільняються усі ресурси елементом `release_All_2`, а замовлення вважаються виконаними та знищуються, що показано на рисунку 2.27.

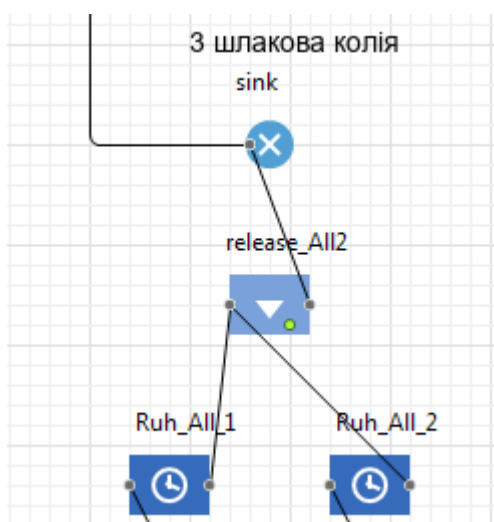


Рисунок 2.27 – Завершальний етап програми

На рисунку 2.28 представлений загальний вигляд програми.



Рисунок 2.28 – Загальний вигляд програми

Оскільки версія програми Енілоджік призначена для використання в навчальних цілях, зупинка та аналіз ускладнені розробниками. Тож для зупинки через визначений час використаний блок штучної помилки, показаний на рисунку 2.29.

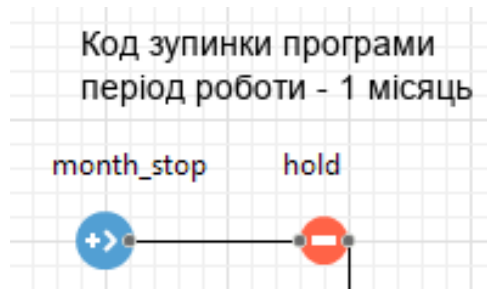


Рисунок 2.29 – Блок зупинки програми

Даний блок генерує замовлення через період – один місяць, яке потрапляє до елемента, який не може його зберігати, тим самим створюючи програмну помилку, через що відбувається зупинка.

Елементи блоку, показаного на рисунку 2.30 дозволяють контролювати хід виконання програми за реальним часом, показуючи його.

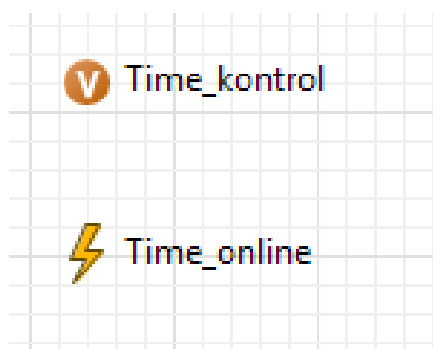


Рисунок 2.30 – Блок контролю за часом

Елемент Time_online створює періодичні події за якими зміній Time_kontrol присвоюється значення функції реального часу в програмі, вони відображаються у годинах: $\text{Time_kontrol} = \text{time}()/60$.

Це показано на рисунку 2.31.

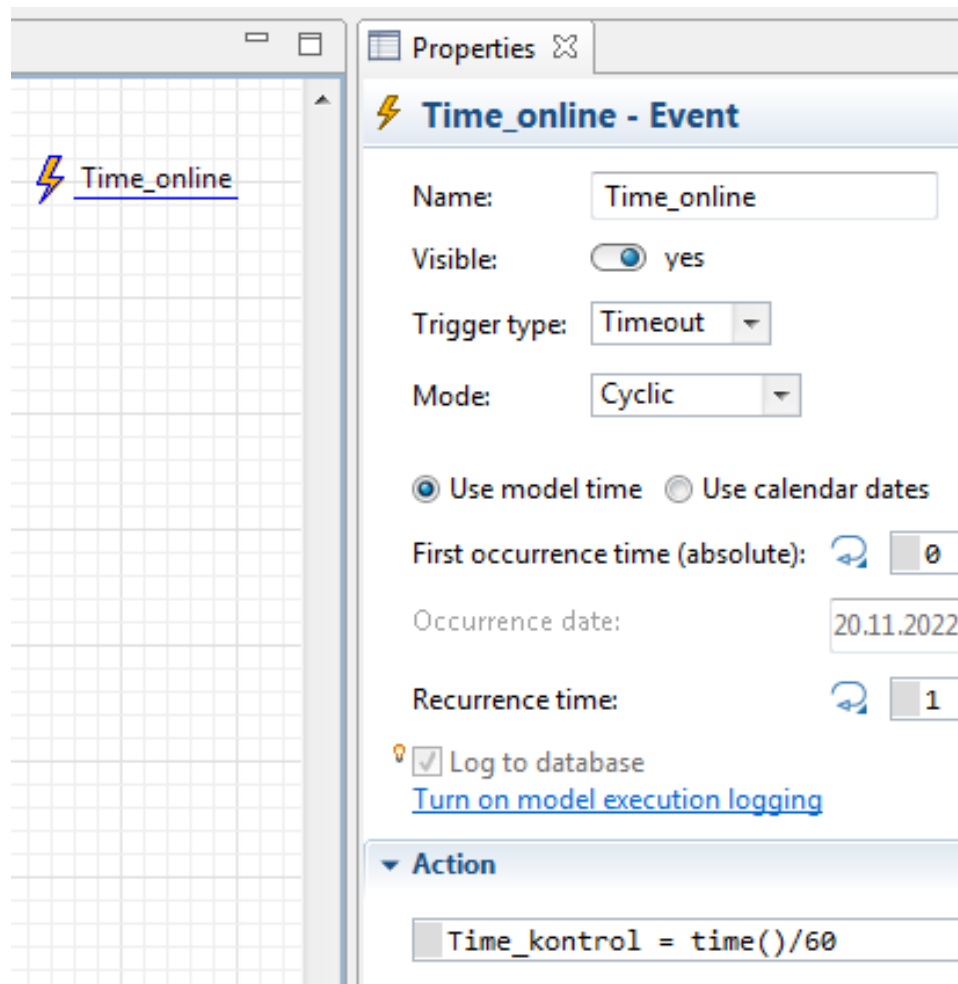


Рисунок 2.31 – Елемент Time_online

Надалі виконаємо аналіз змодельованих результатів доставки шлаку.

2.3 Результати моделювання доставки гарячого рідкого шлаку ДП-3 та ДП-4

Результати моделювання виконувались при зміні параметрів:

- кількість ресурсів – тепловозів – від 3 до 4 одиниць (менші значення призводили до зривів в обслуговування замовлень, більші – до нераціонального – нижче 50% використання ресурсу);
- інтервал між випусками шлаку ДП-3 та ДП4, тобто зміщення міжвипускового циклу;
- зміни кількості шлаковозів за даних умов показали, що технологічно потрібним є наявність 4 повноцінних подвійних составів – 40 шлаковозів для умов роботи за експериментами 2, 3, 4, та 35 шлаковозів для варіанту 1 – 3 подвійних состави та 5 ковшів резерву.

Результати моделювання представлені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Результати моделювання

№ з/п	Параметр	Експеримент			
		1	2	3	4
1	Інтервал між випусками шлаку ДП-3 та ДП4, хв.	20	40	60	80
2	Кількість шлаковозів, од.	35	40	40	40
3	Кількість составів подвійного розміру, од./міс.	320	282	238	280
4	Кількість составів одинарного розміру, од./міс.	80	155	245	159

Кінець таблиці 2.1

№ з/п	Параметр	Експеримент			
		1	2	3	4
5	Відсоток використання локомотивів (за 4-х од.), %	59	52	60	56
6	Відсоток використання локомотивів (за 3-х од.), %	80	74	82	76
7	Мінімальна кількість тепловозів за умови використання на рівні до 75%, од.	4	3	4	4

В економічній частині виділимо найбільш перспективні варіанти організації доставки шлаку та порівняємо їх за економічними показниками.

3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

В цьому році на комбінаті «Запоріжсталь» створилась ситуація, яка не спостерігалась понад 30 років: робота на двох доменних печах. Максимальна кількість печей за період існування комбінату становила 5 одиниць, зараз в робочому стані – 4 печі. У разі ремонтів можуть працювати 3 печі.

Особливістю роботи на 2 печах є більш виражена дискретність подій з виходу завантажених шлаком составів. На відміну від перевезень чавуну, доставка якого здійснюється, головним чином, на незначні відстані, в середньому – до одного кілометра, відстань доставки шлаку – в декілька разів більше. Це обумовлює необхідність збирання шлаковозів у состави максимально можливої маси, яка обмежується потужністю локомотивів серії ТГМ-4 та суттєвим ухилом поздовжнього профілю колії – становить 10 шлаковозів.

В роботі прийнято середній показник випуску шлаку кожною піччю – 5 ковшів. На перший погляд, $5 + 5 = 10$ – дуже зручний спосіб формування составів максимальної ваги. Але, з позицій організації виробничого процесу, бажано інтервал між початками випуску шлаку однією доменною піччю та другою зробити рівним половині міжвипускового інтервалу, який є однаковим – випуск по печам розпочинається через кожні 2 години. Все це – заради рівномірності, зокрема, в передаванні чавуну до міксерного відділення мартенівського цеху.

Тож інтервал між початками випуску шлаку печами за даною логікою повинен становити 1 годину.

Але, при формуванні составів зі шлаком є вимога не затримувати наповнені шлаковози понад 1 годину задля убезпечення затвердіння шлаку через охолодження.

В умовах доменного виробництва неможливо досягнути абсолютно точних за часом випусків шлаку через різні обставини.

Тож, за таких умов состави шлаковозів будуть досить часто складатись лише з 5 одиниць, що є нераціональним.

Що ж пропонується? В основній частині розроблена імітаційна модель, яка враховує стохастичний характер відхилень реальних інтервалів часу випуску чавуну печами. Було виконано прогони моделі при зміні міжпічного інтервалу початку випусків шлаку з кроком 20 хвилин, тобто:

- 20 хвилин – 1 експеримент;
- 40 хвилин – 2 експеримент;
- 60 хвилин – 3 експеримент;
- 80 хвилин – 4 експеримент.

Варіанти одночасного випуску не розглядались (0 та 120 хвилин), оскільки локомотиви все одно не можуть одночасно обслуговувати дві печі, це буде складно та небезпечно.

За результатами експериментів на імітаційній моделі при різних варіантах пропонуються до порівняння за економічними показниками наступні.

Варіант 1 – за параметрами 1-го експерименту характеризується такими технічними показниками:

- кількість локомотивів 4 одиниці;
- кількість шлаковозів 35 одиниць.

Варіант 2 – за параметрами 2-го експерименту характеризується такими технічними показниками:

- кількість локомотивів 3 одиниці;
- кількість шлаковозів 40 одиниць.

Варіант 3 відхилено через показники – 4 локомотиви та 40 шлаковозів.

Варіант 4 за показниками виявився дуже схожим на варіант 2 за кількістю подвійних перевезених составів, але потребує на один локомотив більше.

Це обумовлюється, скоріше за все незначною різницею у географічному розташуванні доменних печей (відмінності у часі руху), оскільки час міжпідного випуску 80 хвилин – це те саме, що 40 хвилин.

Тож виконаємо аналіз за варіантами 1 та 2.

3.1 Економічний аналіз

Формула витрат з доставки шлаку відповідно до [11,12] виглядає таким чином:

$$F^B_e = F^B_{\text{трс}} + F^B_{\text{шв}} + F^B_{\text{зп}}, \quad (3.1)$$

де $F^B_{\text{трс}}$ – витрати за експлуатацією тягового рухомого складу, грн;

$F^B_{\text{шв}}$ – витрати за експлуатацією шлаковозів, грн;

$F^B_{\text{зп}}$ – витрати на оплату праці, грн.

Витрати за експлуатацією тягового рухомого складу – тепловозів ТГМ-4 при доставці шлаку від ДП-3 та ДП-4 на гранбасейн та до відвалів визначаються за формулою [11]:

$$F^B_{\text{трс}} = N_{\text{трс}} M_{\text{трс}} C, \quad (3.2)$$

де $N_{\text{трс}}$ – кількість тепловозів;

$M_{\text{трс}}$ – час роботи, год.; для цілодобового режиму

$$M_{\text{трс}} = 24 \cdot 365 = 8760 \text{ год.}$$

C – собівартість роботи тепловозів, грн/год.;

$$C = 797,65 \text{ грн/год.}$$

Витрати за експлуатацією шлаковозів:

$$F_{\text{шв}}^{\text{в}} = K_{\text{шв}} M_{\text{шв}} C_{\text{шв}}, \quad (3.3)$$

де $N_{\text{шв}}$ – кількість шлаковозів, од.;

$M_{\text{шв}}$ – час використання шлаковозів, год.;

$C_{\text{шв}}$ – собівартість утримання шлаковозів, грн/год.

$$T_{\text{шв}} = 8760 \text{ год.}$$

$$C_{\text{шв}} = 63,0 \text{ грн/год.}$$

Розмір річної заробітної плати [12]:

$$F_{\text{зп}}^{\text{в}} = 12 \cdot N_{\text{пм}} \cdot Z_{\text{пм}}, \quad (3.4)$$

де $N_{\text{пм}}$ – кількість помічників машиніста-складачів, чел.; становить на 1 менше кількості тепловозів, оскільки вони потрібні лише при маневрах на станції Ковшева, при доставці составів на станції Гранбасейн та Шлакову – такої потреби немає;

$Z_{\text{пм}}$ – заробітна плата працівника на місяць, грн;

$$Z_{\text{пм}} = 22000 \text{ грн.}$$

3.2 Економічний аналіз варіанту 1

Витрати за експлуатацією тягового рухомого складу – тепловозів ТГМ-4 при доставці шлаку від ДП-3 та ДП-4 згідно (3.2):

$$F_{\text{трс}}^1 = 4 \cdot 8760 \cdot 797,65 = 27949656 \text{ грн.}$$

Витрати за експлуатацією шлаковозів в кількості 35 одиниць:

$$F_{\text{шв}}^1 = 35 \cdot 8760 \cdot 63 = 19315800 \text{ грн.}$$

Розмір річної заробітної плати при кількості складачів поїздів при

$$N_{\text{трс}} - 1 = 4 - 1 = 3;$$

$$3 \cdot 4 \text{ бригади} = 12;$$

становлять:

$$F_{\text{зп}}^1 = 12 \cdot 12 \cdot 22000 = 3168000 \text{ грн.}$$

Загалом відповідно (3.1):

$$F_{\text{е}}^1 = 27949656 + 19315800 + 3168000 = 50433456 \text{ грн.}$$

Витрати склали 5,043 млн грн.

3.3 Економічний аналіз варіанту 2

Витрати за експлуатацією тягового рухомого складу – тепловозів ТГМ-4 при доставці шлаку від ДП-3 та ДП-4 згідно для трьох одиниць техніки (3.2):

$$F_{\text{трс}}^2 = 3 \cdot 8760 \cdot 797,65 = 20962242 \text{ грн.}$$

Витрати за експлуатацією шлаковозів в кількості 40 одиниць:

$$F_{\text{шв}}^2 = 40 \cdot 8760 \cdot 63 = 22075200 \text{ грн.}$$

Розмір річної заробітної плати при кількості складачів поїздів

$$N_{\text{трс}} - 1 = 3 - 1 = 2;$$

$$2 \cdot 4 \text{ бригади} = 8;$$

становлять:

$$F_{\text{зп}}^2 = 12 \cdot 8 \cdot 22000 = 2112000 \text{ грн.}$$

Загалом відповідно (3.1):

$$F_{\text{е}}^2 = 20962242 + 22075200 + 2112000 = 45149442 \text{ грн.}$$

Витрати склали 4,514 млн грн, що менше, ніж за варіантом 1.

3.4 Результати аналізу

Програма, яка дозволяє виконувати аналіз ситуації з перевезенням шлаку, коштує 650 000 грн.

Дані витрати повинні окупитись через річну економію, розмір якої встановимо згідно рекомендацій [12]:

$$F_p = F_e^1 - F_e^2, \quad (3.5)$$

Розрахуємо за (3.5):

$$F_p = 50433456 - 45149442 = 5284014 \text{ грн.}$$

Річний ефект становив 5,284 млн грн.

Термін окупності варіанту 2 [12]:

$$T_{ок} = \frac{K_{вит}}{F_p}, \quad (3.6)$$

де $K_{вит}$ - капвитрати, грн.

$$K_{вит} = 650 \text{ тис. грн.}$$

Встановимо відповідно до (3.6):

$$T_{ок} = 6500000 / 5284014 = 0,12 \text{ року.}$$

Таким чином, капітальні вкладення окупаються дуже швидко, то економічна доцільність проектного рішення підтверджена.

Результати аналізу наведемо у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Техніко-економічні показники

№ з/п	Показники	Варіант 1 базовий	Варіант 2 проєктний
1	Витрати з експлуатації тягового рухомого складу, грн	27949656	20962242
2	Витрати з експлуатації шлаковозів, грн	19315800	22075200
3	Заробітна плата, грн	3168000	2112000
4	Річні експлуатаційні витрати, грн	50433456	45149442
5	Економія експлуатаційних витрат, грн	-	5284014
6	Термін окупності, років	-	0,12

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В розділі магістерської роботи «Удосконалення перевезень рідкого шлаку в умовах скорочення обсягів виробництва на ПАТ «Запоріжсталь» розглянуто аналіз потенційних небезпек, які можуть вплинути на дослідника та робітників під час перевезення рідкого шлаку в ківшах, який доставляють в цех шлакопереробки, де перетворюють в шлаковий щебінь, гранульований шлак, шлакову пемзу, мінеральну вату і інші матеріали.

Шлак, непридатний для переробки, а також відходи шлакопереробки транспортують у відвал.

Технологічні перевезення є складовою частиною виробничого процесу і регламентуються графіками роботи промислових агрегатів, установок і окремих виробництв.

Об'єм перевезень рідкого чавуну, шлаку, злитків, агломерату і інших технологічних вантажів на металургійних заводах становить приблизно 40% від всього об'єму перевезень.

Розглянуті питання по їх усуненню.

4.1. Аналіз потенційних небезпек

Потенційні небезпеки [13]:

- при розливу шлаку у ковши, діє висока температура на організм робітників й дослідника. При вдиханні можливе опіки дихальних шляхів. При розбризкуванні шлаку можливо попадання на робітників, що призведе до опіку;

- з причин зменшення вантажопотоку, є небезпека наїзду на робітників шлаковозами;

- при заповненні шлаком ковшів, можливий пролив металу на колії.

Це може у подальшому призвести до сходження чавуновозів з колії;

- пожежі можуть виникнути від попадання рідкого шлаку на горючі матеріали та від не виконання елементарних вимог протипожежної безпеки;

- інші небезпеки, які вказані в Додатку А.

В Додатку Б розроблені заходи по їх усуненню.

В Додатку В показані розрахунки по шкідливості заміряних величин в лабораторії дослідника [14].

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 46 м² треба розмістити вогнегасник ВВП-5 в кількості 3 шт.

4.2.2 Заходи з цивільного захисту

Норми та правила укриття населення у захисних спорудах цивільного захисту. Згідно статті 32, Кодексу цивільного захисту України №34-35 від 2013р.:

До захисних споруд цивільного захисту належать [15]:

а) сховище - герметична споруда для захисту людей, в якій протягом певного часу створюються умови, що виключають вплив на них небезпечних факторів, які виникають внаслідок надзвичайної ситуації, воєнних (бойових) дій та терористичних актів;

б) протирадіаційне укриття - негерметична споруда для захисту людей, в якій створюються умови, що виключають вплив на них іонізуючого опромінення у разі радіоактивного забруднення місцевості;

в) швидкоспоруджувана захисна споруда цивільного захисту - захисна споруда, що зводиться із спеціальних конструкцій за короткий час для захисту людей від дії засобів ураження в особливий період.

Для захисту людей від деяких факторів небезпеки, що виникають внаслідок надзвичайних ситуацій у мирний час, та дії засобів ураження в особливий період також використовуються споруди подвійного призначення та найпростіші укриття.

Споруда подвійного призначення - це наземна або підземна споруда, що може бути використана за основним функціональним призначенням і для захисту населення.

Найпростіше укриття - це фортифікаційна споруда, цокольне або підвальне приміщення, що знижує комбіноване ураження людей від небезпечних наслідків надзвичайних ситуацій, а також від дії засобів ураження в особливий період.

Порядок створення, утримання фонду захисних споруд ЦЗ та ведення його обліку визначається Кабінетом Міністрів України.

Проектування, будівництво, пристосування і розміщення захисних споруд та об'єктів подвійного призначення здійснюються згідно з нормами, які розробляються відповідно до Закону України №6577 «Про будівельні норми» від 12.06.2017.

Утримання захисних споруд цивільного захисту у готовності до використання за призначенням здійснюється суб'єктами господарювання, на балансі яких вони перебувають (у тому числі споруд, що не увійшли до їх статутних капіталів у процесі приватизації (корпоратизації), за рахунок власних коштів.

ВИСНОВКИ

В роботі виконані дослідження функціонування транспорту доменного цеху комбінату «Запоріжсталь» в умовах обслуговування двох доменних печак.

Особливістю технологічного процесу за таких умов є більш виражена дискретність подій з виходу завантажених рідким гарячим шлаком составів. Відстань доставки шлаку в декілька разів більше відстані перевезень чавуну по території підприємства, що обумовлює необхідність збирання шлаковозів у состави максимально можливої маси. Їх розмір становить 10 шлаковозів, з урахуванням обмежень через потужність локомотивів та ухилу поздовжнього профілю колій перегону Ковшева-Шлакова.

Середній обсяг випуску шлаку кожною піччю – 5 шлаковозів. Для формування повномірного составу бажано дочекатись закінчення плавки двох печей – 10 ковшів. Але виробничий процес диктує свої вимоги щодо рівномірності роботи, через що бажано інтервал між початками випусками шлаку доменними печами зробити рівним половині міжвипускового інтервалу – 2 години. Інтервал між початками випуску шлаку печами повинен становити 1 годину.

При формуванні составів зі шлаком є вимога не затримувати наповнені шлаковози понад 1 годину задля убезпечення затвердіння шлаку через охолодження. В умовах доменного виробництва неможливо досягнути абсолютно точних за часом випусків шлаку. Тож практичною проблемою є необхідність формування составів з 5 одиниць, що є нераціональним.

В основній частині представлена імітаційна модель, яка враховує стохастичний характер відхилень інтервалів часу випуску чавуну печами. Проаналізовано роботу моделі при зміні міжпічного інтервалу початку випусків шлаку з кроком 20 хвилин.

За результатами експериментів на імітаційній моделі при різних варіантах були порівняні за економічними показниками лише два з чотирьох варіантів, інші – були відхилені за технічними показниками в рамках виконання проєктної частини.

За результатами економічного аналізу найбільш доцільним виявився варіант із інтервалом міжпідного початку випуску шлаку у розмірі 40 хвилин.

Річний ефект за даним рішенням становив 5,284 млн грн.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Офіційний сайт газети «Індустріальне Запоріжжя» [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Запоріжжя : «Індустріальне Запоріжжя», 2022. – Режим доступу: <http://iz.com.ua/economika/na-kombinati-zaporizhstal-gotuyutsya-do-vipusku-pershoyi-partiyi-chavunu-pislya-vivedennya-z-rezhimu-konservatsiyi> (дата звернення 15.10.2022) – «Як проходить процес запуску доменного виробництва на комбінаті «Запоріжсталь».
2. Офіційний сайт ПАТ «Запоріжсталь» [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Запоріжжя : ПАТ «Запоріжсталь», 2022. – Режим доступу: <https://zaporizhstal.com/pres-centr/novini/> (дата звернення 16.10.2022) – «Новини».
3. Технічно-розпорядчий акт станції Доменна. – Запоріжжя: ПАТ «Запоріжсталь», 2020. – 27с.
4. 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», 2019. – 42с.
5. ТОВ «Телекомпанія «Орбіта» [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Запоріжжя : ТОВ «Телекомпанія «Орбіта», 2022. – Режим доступу: <http://orbita.dn.ua/> (дата звернення 16.10.2022) – «До Добропілля прибули вісім вагонів доменного шлаку».
6. 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.

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

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

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

11. Економіка залізничного транспорту [Текст]: підручник / за ред. Ю. В. Кулаєва, Ю. С Бараша, М. В. Гненного; Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім. академіка В. Лазаряна. - Дніпропетровськ, 2014. - 480 с.

12. 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.

13. Лазуткін М. І. Методичні вказівки до виконання розділу «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях» в магістерських дипломних роботах (проектах) : зі спеціальності 275.02 – «Транспортні технології на залізничному транспорті» за освітньою програмою (спеціалізацією) – «Транспортні технології на залізничному транспорті»; «275.03 – Транспортні технології на автомобільному транспорті» за освітньою програмою (спеціалізацією) – «Транспортні технології на автомобільному транспорті» : Запоріжжя: Каф. ОП і НС. НУ «Запорізька політехніка», 2019. 35 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, 2018. 44 с.

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

ДОДАТОК А

АНАЛІЗ ПОТЕНЦІЙНИХ НЕБЕЗПЕК

Небезпеки доставки рідкого шлаку:

- при навантаженні рідкого шлаку у ківші, можливе проливання його на дослідника, внаслідок знаходження його в небезпечній зоні, що призведе до травмування;

- можливість наїзду залізничного составу на дослідника, який знаходиться близько біля рухомого складу та веде спостереження за транспортно-технологічним процесом при подаванні составу на фронт вивантаження, що призведе до травмування;

- для доставки вантажників до вагонів, застосовується пересувна платформа. В випадку несправності електрообладнання на пересувній платформі, можливе ураження дослідника електричним струмом внаслідок відсутності заземлення платформи;

- при роботі в холодний період, можливе переохолодження дослідника. В теплу пору- перегрів. Все це призводить до хвороби;

- з-за кантування ківшів не по фронту вивантаження, можливе попадання шлаку на дослідника та інших працівників з-за недостатнього освітлення в темну пору, що може призвести до травмування робітників та дослідника;

- виникнення пожежі на локомотиві з-за короткого замикання електропроводки та через відповідне її перегрівання, може привести до загибелі робітників. Можливість виникнення пожежі через недотримання Правил з пожежної безпеки;

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

ДОДАТОК Б

ЗАХОДИ ПО ЗАБЕЗПЕЧЕННЮ БЕЗПЕКИ

Для запобігання травмування рідким шлаком, при вантажних роботах експлуатація та контроль за справним станом конструкції ківша здійснюється згідно НПАОП 0.00-5.06-94 «Типова інструкція для осіб, відповідальних за безпечне проведення робіт з переміщення вантажу».

Для запобігання потрапляння дослідника під рухомий состав на фронтах вивантаження встановлюють огорожувальні пристрої. Ці пристрої створюють фізичну перешкоду між людиною і виробничим фактором, який становить потенційну небезпеку. Працівники обходять рухомий склад на відстані не менш 3 метри від крайнього вагону. Рух у міжколіній зоні здійснюється на відстані від рухомого складу згідно Інструкції з руху поїздів і маневрової роботи на залізничному транспорті промислових підприємств України.

Для запобігання ураження електричним струмом необхідно перед початком робіт ретельно перевіряти підводячі електричні кабелі кранів на стан пошкодження. В випадку пошкодження, негайно викликати службу по їх ремонту.

Для виключення випадків ураження електричним струмом при несправності електрообладнання пересувної платформи для доставки вантажників до вагонів (для відкриття люків), які розвантажуються, передбачити заземлення відповідно НПАОП 40.1-1.07-01 «Правила експлуатації електрозахисних засобів».

ДОДАТОК В

ЗАХОДИ З ВИРОБНИЧОЇ САНІТАРІЇ ТА ГІГІЄНИ ПРАЦІ

Для попередження травмування внаслідок недостатнього освітлення в темну пору доби при роботі на пунктах кантування думпкарів забезпечується освітлення шляхом встановлення на щоглах прожекторного освітлення відповідно ДБН В 2.5-28-2018 «Природне та штучне освітлення». По попередньому розрахунку при нормованій освітленості 10 лк встановлюються прожектори типу ПЗМ-35. Джерело світла – ксенонові лампи ГС220 – 500 (потужність лампи 500 Вт.) Кількість прожекторів для площі освітлення 1032 м² висота підвісу – 12 метрів.

Для запобігання отруєння робітників від пилу мартенівського виробництва передбачено забезпечення засобами індивідуального захисту, а саме респіраторами ШБ-1 «Пелюсток» та захисними окулярами типу ЗН відповідно ДСТУ 7239:2011 «Системи стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту».

На робочому місці дослідника лабораторії обладнаної ПК, були проведені дослідження та виміри показників шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу.

У відповідності до вихідних даних, які заміряються в лабораторії, 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 140 *Bm* (90-120 *ккал/год.*) та повинні відповідати легким фізичним роботам – категорії 1б.

З додатків [14], відповідно до категорії робіт 1б, 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.4 «Результати оцінювання за бальною шкалою».

Таблиця В.4 - 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, $t, ^\circ C$	28,3	8	22,9-25,8	4	3.4	4
Освітленість приміщення $E, лк$	250	8	300	—	3.1	1
Розряд і підрозряд зорових робіт, $З_{ор}$	Б-1	—	—	—	—	—
Рівень шуму $L, дБА$	102	5	60	—	3.3	1,88
Загальні енергозатрати організму, Bm	240	8	290	0,83	3.3	3
Стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук)	55000	8	40000	1,38		
Тривалість зосередження уваги (в % від часу зміни)	83	8	75	1,11		
Тривалість робочого дня, $год.$	8	8	8	0,15		

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

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

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

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

$$X_{\text{визн}} = \frac{P_{\text{вум}} \cdot T \cdot K_{\text{знач}}}{8 \cdot P_{\text{доп}}} = \frac{240 \cdot 8 \cdot 1,0}{8 \cdot 290} = 0,83;$$

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

$$X_{\text{визн}} = \frac{P_{\text{вум}} \cdot T \cdot K_{\text{знач}}}{8 \cdot P_{\text{доп}}} = \frac{55000 \cdot 8 \cdot 1,0}{8 \cdot 40000} = 1,38;$$

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

$$X_{\text{визн}} = \frac{P_{\text{вум}} \cdot T \cdot K_{\text{знач}}}{8 \cdot P_{\text{доп}}} = \frac{84 \cdot 8 \cdot 1,0}{8 \cdot 75} = 1,11;$$

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

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

Визначаємо клас та ступінь шкідливості умов праці для кожного з

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

- для мікроклімату, відповідно до значення розрахункового коефіцієнта $X_{визн} = 4$, з таблиці 7.2 [14] – 3 клас, 4 ступінь (3.4);

- при оцінці освітленості робочої зони приміщення, клас та ступінь шкідливості умов праці визначаємо у відповідності до $P_{вим} = 250$ лк, за додатками Г та табл. Г.1 [14] – 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 $P_{вим} = 102$ дБА, за додатками Д та табл. Д.1 [14] – 3 клас, 3 ступінь (3.3);

- клас і ступінь важкості та напруженості праці визначаємо як суму розрахованих балів усіх показників $X_{визн}$ за формулою 7.3 [14]:

$$X_{сум} = \sum_{i=1}^n X_i = 0,83 + 1,38 + 1,11 + 0,15 = 3,46$$

З таблиці 7.3 [14] за значенням суми розрахованих балів показників $X_{сум} = 3,46$ – 3 клас, 3 ступінь (3.3);

Оскільки 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.

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

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

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

- при оцінці впливу освітленості, виходимо з того що вона відповідає 3 класу, 1 ступеню умов праці та діє протягом 8 годин, тому коректування не потрібно – $X_{cm} = X_i = 1$;

- для оцінки впливу шуму, виходимо з того, що його рівень відповідає 3 класу, 3 ступеню умов праці та діє протягом 8 годин, тому значення X_i визначаємо за формулою 7.4 [14]:

$$X_i = X_{cm} \cdot \frac{T}{8} = 1 \cdot \frac{3 \cdot 5}{8} = 1,88$$

- 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 [14]:

$$X_{факт} = \sum_{i=1}^n X_i = 4 + 1 + 1,88 + 3 = 9,88$$

Розмір доплати за умовами праці визначаємо в залежності від їх фактичного стану – $X_{факт} = 9,88$, 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 1б, тому необхідно привести ці умови у відповідність до нормативних значень, які відповідають оптимальним параметрам для категорії 1б, а саме:

- мікрокліматичні умови, за інтегральним показником теплового навантаження середовища - ТНС-індексом - 20,2-22,8°C;

- освітленість приміщення для роботи з дисплеями й відповідає розряду зорових робіт Б-1, нормована загальна освітленість якого, на робочих столах – $E = 300 \text{ лк}$;

- рівень шуму в робочий зоні дослідника – 60 дБА;

- загальні енергозатрати організму, до 175 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 зниження рівня шуму в робочій зоні інженера-дослідника ЦЗЛ 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 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 [25], у розмірі 20%