

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Транспортний
(повне найменування факультету)

«Транспортні технології»
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

магістра
(ступінь вищої освіти)

на тему ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЙ
ВИКОРИСТАННЯ ГІРКОВОГО ПАРКУ В УМОВАХ ЗМЕНШЕННЯ
ОБСЯГІВ ВИРОБНИЦТВА НА ПАТ «ЗАПОРІЖСТАЛЬ»

Виконав: студент ІІ курсу, групи Тз-813м

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

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

	Анатолій ЛІТКОВЕЦЬ (прізвище та ініціали)
Керівник	Сергій ТУРПАК (прізвище та ініціали)
Рецензент	Наталія ЄВСЄЄВА (прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Факультет _____ Транспортний
Кафедра _____ «Транспортні технології»
Ступінь вищої освіти _____ магістр
Спеціальність _____ 275 «Транспортні технології (за видами)»
(код і найменування)
Освітня програма (спеціалізація) 275.02 «Транспортні технології (на
залізничному транспорті)»
(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

«Транспортні технології»

Сергій ТУРПАК

«01» листопада 2024 року

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

ЛІТКОВЦЯ Анатолія Вікторовича

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Дослідження ефективності технології використання гіркового парку в умовах зменшення обсягів виробництва на ПАТ «Запоріжсталь»

керівник проєкту (роботи) д-р. техн. наук, проф. ТУРПАК Сергій Миколайович
(науковий ступінь, вчене звання, ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

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

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

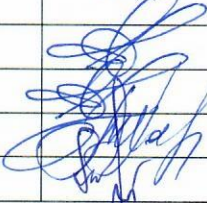
3. Вихідні дані до проєкту (роботи) існуюча транспортна система підгіркового парку, існуючі обсяги виробництва, параметри роботи сортувальної гірки, технологія надходження сировини та її вивантаження

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналітична частина, 2. Основна частина, 2.1 Розробка імітаційної моделі роботи гіркового парку з різними варіантами спеціалізації колій, 2.1.1 Етап розробки процесу імітації просування вхідного потоку вагонів до основного пункту вивантаження, 2.1.2 Етап розробки процесу імітації формування порожнього вагонопотоку до підгіркового парку, 2.1.3 Етап імітації процесу роботи підгіркового парку, 2.1.4 Етап розробки процесу імітації вагонопотоків до навантаження та відправлення, 2.1.5 Етап розробки процесу імітації відправлення поїздів, сформованих у підгірковому парку 3. Економічна частина, 4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, кількість слайдів, плакатів)

Презентація магістерської роботи

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1	ТУРПАК С.М., професор		
2	ТУРПАК С.М., професор		
3	ХАРЧЕНКО Т.В., старш. викл.		
4	ЛАЗУТКІН М.І., доцент		

7. Дата видачі завдання «01» листопада 2024 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

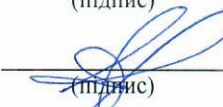
№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Аналітична частина	28.10.2024-10.11.2024	
2	Основна частина	11.11.2024-15.12.2024	
3	Економічна частина	16.12.2024-29.12.2024	
4	Охорона праці	20.01.2025-26.01.2025	
5	Оформлення МР, перевірка МР на плагіат, отримання зовнішніх рецензій, захист магістерських робіт	27.01.2025-05.02.2025	

Студент(ка)


(підпис)

Анатолій ЛІТКОВЕЦЬ
(Ім'я, ПРИЗВИЩЕ)

Керівник проєкту (роботи)


(підпис)

Сергій ТУРПАК
(Ім'я, ПРИЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

ПЗ : 87 с., 59 рис., 4 табл., 12 джерел.

ГІРКА, ЗАЛІЗНИЧНИЙ ТРАНСПОРТ, МЕТАЛУРГІЙНИЙ КОМБІНАТ, МАГІСТРАЛЬНИЙ ТРАНСПОРТ

Об'єкт дослідження – транспортна система підгіркового парку станції Східна ПАТ «Запоріжсталь».

Мета роботи – визначення найбільш ефективного варіанту функціонування транспортної системи підгіркового парку станції Східна ПАТ «Запоріжсталь» в умовах скорочення обсягів виробництва.

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

Розглянуто транспортну систему підгіркового парку станції Східної підприємства ПАТ «Запоріжсталь». Встановлені параметри роботи сортувальної гірки в умовах зменшення обсягів виробництва через військове вторгнення в нашу країну. Враховано збереження технології надходження составів з основної сировиною у складі маршрутних поїздів, яка передбачає вивантаження та отримання значної кількості порожніх вагонів за короткий проміжок часу. Запропоновано варіант із використанням колії, яка за спеціалізацією призначена для накопичення завантажених вагонів для формування поїздів на станцію Запоріжжя-Ліве, для накопичення порожніх вагонів. Відповідно до виконаного економічного аналізу проєктний варіант виявився більш ефективним.

ЗМІСТ

	с.
Завдання на проєкт	2
Реферат.....	4
Зміст	5
Вступ	7
1 Аналітична частина	9
1.1 Характеристика технології сортування вагонів на ПАТ «Запоріжсталь»	9
1.1.1 Загальні відомості про структуру залізничного транспорту комбінату.....	9
1.1.2 Характеристика пунктів зародження вантажопотоків для сортування на станції Східна.....	16
1.2 Дослідження ймовірнісного характеру вантажопотоків металопрокату з цехів ЦХП-1, ЦГПТЛ та ЦШП	20
1.3 Постановка завдань роботи	29
2 Основна частина	31
2.1 Розробка імітаційної моделі роботи гіркового парку з різними варіантами спеціалізації колій	31
2.1.1 Етап розробки процесу імітації просування вхідного потoku вагонів до основного пункту вивантаження	31
2.1.2 Етап розробки процесу імітації формування порожнього вагонопотoku до підгіркового парку	36
2.1.3 Етап імітації процесу роботи підгіркового парку	41
2.1.4 Етап розробки процесу імітації вагонопотоків до навантаження та відправлення	44

2.1.5 Етап розробки процесу імітації відправлення поїздів, сформованих у підгірковому парку	53
2.1.6 Етап розробки процесу імітації надолуження порожніх вагонів, у випадку їх нестачі	57
2.2 Експерименти на моделі імітації роботи гірки станції Східної	60
3 Економічна частина	61
3.1 Вихідні дані для розрахунків економічності різних варіантів роботи гірки станції Східної	62
3.2 Визначення методики розрахунку ефективності варіантів роботи гірки станції Східної при скороченні обсягів виробництва	63
3.3 Визначення ефективності існуючого варіанту роботи гірки станції Східної при скороченні обсягів виробництва	65
3.4 Визначення ефективності проєктного варіанту роботи гірки станції Східної при скороченні обсягів виробництва	66
4 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	70
4.1 Аналіз потенційних небезпек	70
4.2 Заходи безпеки в надзвичайних ситуаціях	71
4.2.1 Заходи з пожежної безпеки	71
4.2.2 Заходи з цивільного захисту	72
Висновки	74
Перелік посилань	76
Додаток А. Аналіз додаткових потенційних небезпек	78
Додаток Б. Заходи по забезпеченню безпеки	80
Додаток В. Заходи з виробничої санітарії та гігієни праці	82

ВСТУП

В умовах військових дій металургійна галузь України зазнали важких втрат. Частина опинилась на окупованих територіях, частина була змушена зменшити або, навіть, зупиняти виробництво. За таких умов з'явилися задачі, які не є характерними для роботи за мирних умов.

В роботі поставлена задача встановити ефективні параметри роботи сортувальної гірки в умовах зменшення обсягів виробництва. Слід врахувати, що при цьому зберігається технологія надходження составів з сировиною у складі маршрутних поїздів. Тобто, є можливим вивантаження та отримання значної кількості порожніх вагонів за короткий проміжок часу, яка перевищує потребу у них фронтів навантаження.

За існуючої технології, для збереження зайвої кількості порожніх вагонів не передбачено виділення окремих колій підгіркового парку, де, за технологічним процесом, вони зазвичай, накопичуються.

В роботі розглядається варіант із використанням колії, яка за спеціалізацією призначена для накопичення завантажених вагонів для формування поїздів на станцію Запоріжжя-Ліве, для накопичення порожніх вагонів.

Це повинно дозволити акумулювати певну кількість вагонів та уникнути потреби подавання їх, у разі нестачі, зі станції примикання.

Для вирішення поставленого завдання доцільно розробити імітаційну модель подачі порожніх вагонів до основних виробничих цехів підприємства, яка враховує обсяг використання поїзних локомотивів та час використання вагонів та, буде мати перевагу над аналітичним методом розрахунку через більшу гнучкість та адаптацію до ймовірнісного характеру перевезень.

Експерименти з урахуванням різних варіантів використання колій підгіркового парку в розрізі їх спеціалізації та виконання за їх результатами економічних розрахунків дозволить виконати оцінку ефективності проєктного рішення.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Характеристика технології сортування вагонів на ПАТ «Запоріжсталь»

1.1.1 Загальні відомості про структуру залізничного транспорту комбінату

Комбінат «Запоріжсталь» [1] має давню історію, яка розпочинається у далекому 1933 році. В основу рушійної сили, яка переміщує вантажі, які потрібні для облаштування його інфраструктури, здійснення виробничого процесу, надаючи сировину та паливо до чисельних та досить масштабних за розмірами агрегатів, призначених для виробництва найпростішого елементу чорної металургії – чавуну та подальшого формування з нього тонкої листової сталі із якісною поверхнею, яка приваблює покупців усього світу [2] та надає можливість виготовлення чисельної різноманітної продукції з нього, починаючи від звичайних труб та закінчуючи дрібницями кухонного приладдя – слугує більш давній за віком залізничний транспорт.

Проте розквіт залізничного транспорту саме припадає на час становлення флагману української металургії. Через це характерною особливістю є надзвичайно продумана на ті роки технологія обслуговування підприємства залізничним транспортом, яка витримує й виклики сьогодення:

- появу нових видів рухомого складу;
- постійні зміни у тарифній політиці;
- збільшення вантажопідйомності вагонів;
- широке впровадження контейнерних перевезень та конкуренцію з боку автомобільного транспорту тощо.

Підприємство має структуру залізничного транспорту, яка залишається практично незмінною десятиріччями.

До складу залізничного транспорту входять шість залізничних районів [3]:

- Східний;
- Південний;
- Доменний
- Мартенівський;
- Підбірковий;
- Шихтовий.

Дані райони обслуговують потужні виробничі цехи, назви яких часто й переймають (доменний, мартенівський) та дають можливість утримувати власні підрозділи:

- цех поточного утримання та ремонту колій;
- цех ремонту рухомого складу;
- службу СЦБ та ін.

Проаналізуємо спеціалізацію колій найбільш потужних станцій підприємства.

Станція Східна (Східний район) – рисунок 1.1, має:

- 18 колій, призначених для сортування вагонів (частина з них – також для прийому та відправлення поїздів);
- 59 колій, призначений для виконання вантажних робіт;
- 5 колій для прийому та відправлення поїздів;
- інші колії для ремонту, відстою та інших операцій.

Станція Південна (Південний район) має:

- 10 колій, призначених для сортування вагонів (частина з них – також для прийому та відправлення поїздів);
- 2 колії, призначені для виконання вантажних робіт;
- 2 колії для прийому та відправлення поїздів;
- інші колії для розігрівання змерзлих вантажів, відстою та інших операцій.

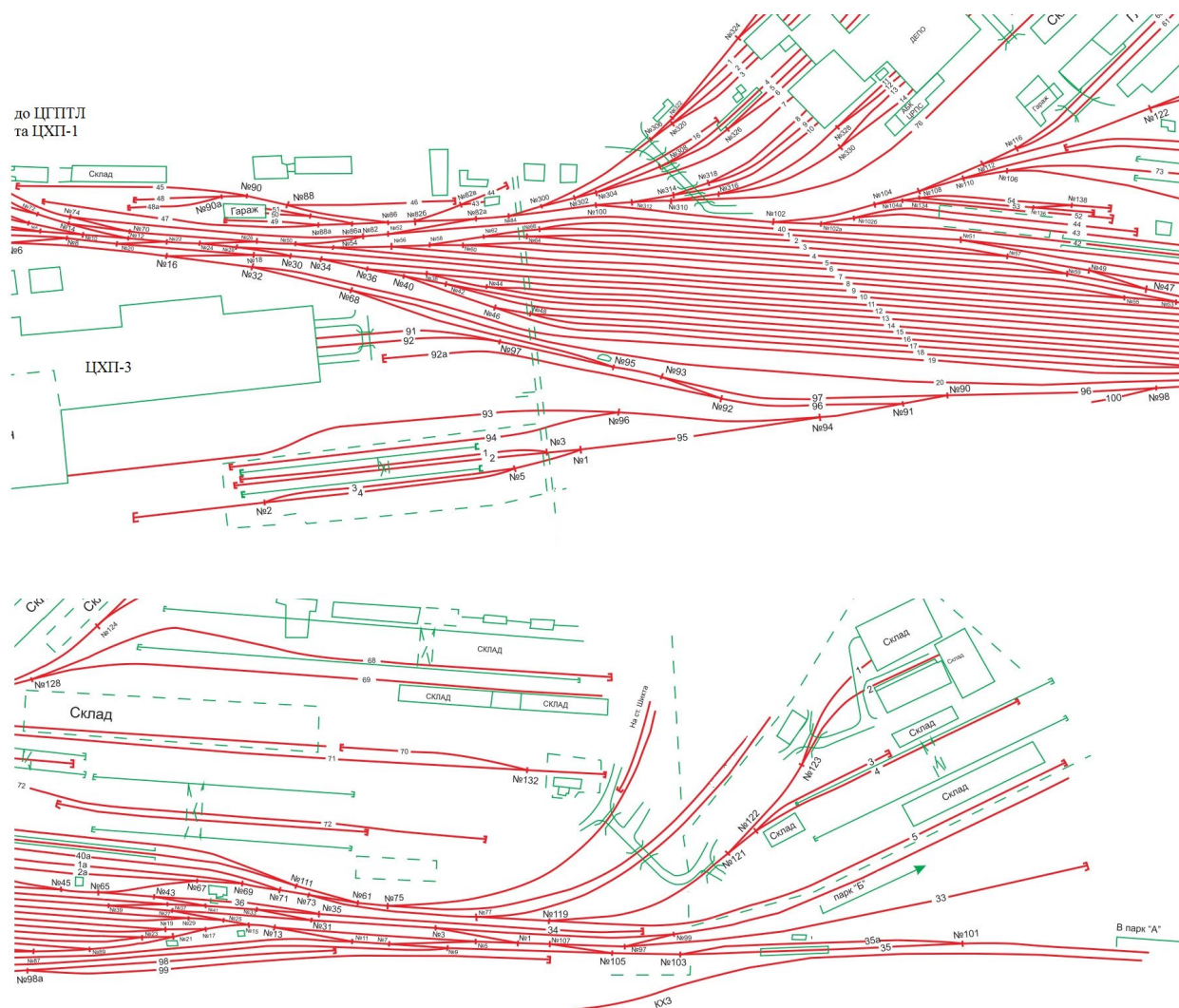


Рисунок 1.1 – Станція Східна

Станція Доменна (Доменний район) має:

- 33 колії, призначені для виконання вантажних робіт;
- 1 приймально-відправна колія;
- значна кількість спеціалізованих колій для зважування, ремонту, сушки ковшів та ін.;
- жодної спеціалізованої колії для сортування вагонів.

Станція Мартени (Мартенівський район) має:

- 8 колій, призначених для виконання вантажних робіт;
- 2 приймально-відправні колії;
- 44 технологічні колії;
- жодної спеціалізованої колії для сортування вагонів.

Станція Підбіркова (Підбірковий район) має:

- 10 приймально-відправних колій;
- 25 колій, призначених для виконання вантажних робіт;
- жодної спеціалізованої колії для сортування вагонів;
- колії відстою, зважування та ін.

Станція Шихта (Шихтовий район) має:

- 9 приймально-відправних колій;
- 47 колій, призначених для виконання вантажних робіт;
- жодної спеціалізованої колії для сортування вагонів;
- колії очищення, відстою, вагові та ін.

З огляду на вищезазначене, за кількістю колій, призначених безпосередньо для сортування вагонів, станція Східна є найбільшою сортувальною станцією на комбінаті.

Через це, саме на ній збудована напівгірка для сортування вагонів. Місце будування – так званий порожняковий парк. Проте така назва досить умовна. Вагони сортуються на гірці як порожні, так і завантажені – ті, що призначені для відправлення на зовнішню мережу.

Характеристика сортувальних колій підгіркового парку [4] наведена у таблиці 1.1.

Номер колії	Спеціалізація	Від СП	До СП	Довжина, м	Місткість, ваг.
9	Приймально-відправний, передавальний між вантажним та порожняковим парком	39	28	788	52
10	Приймально-відправний, сортувальний. Для завантажених вагонів.	29	34	721	48

Продовження таблиці 1.1

Номер колії	Спеціалізація	Від СП	До СП	Довжина, м	Місткість, ваг.
11	Приймально-відправний, сортувальний. Для завантажених вагонів.	29	38	687	45
12	Приймально-відправний, сортувальний. Для порожніх вагонів.	19	44	622	41
13	Приймально-відправний, сортувальний. Для завантажених вагонів без накопичення маршрутних составів.	19	44	643	42
14	Приймально-відправний, сортувальний. Переважно використовується для накопичення вагонів, які навантажуються у ЦГПТЛ	23	42	600	40
15	Приймально-відправний, сортувальний. Переважно використовується для накопичення вагонів, які навантажуються у ЦХП-1	23	42	600	40
16	Приймально-відправний, сортувальний. Переважно використовується для накопичення вагонів, які навантажуються у ЦШП	89	48	500	33

Кінець таблиці 1.1

Номер колії	Спеціалізація	Від СП	До СП	Довжина, м	Місткість, ваг.
17	Прийом порожніх составів поїздів зі станції Східна, завантажених вагонів з ЦГПТЛ, ЦХП-1	87	48	456	30
18	Прийом порожніх составів поїздів зі станції Східна, завантажених вагонів з ЦГПТЛ, ЦХП-1	87	46	462	30

Загальний вигляд підгіркового парку показаний на рисунку 1.2. Схема гіркового парку показна на рисунку 1.3.



Рисунок 1.2 - Загальний вигляд підгіркового парку

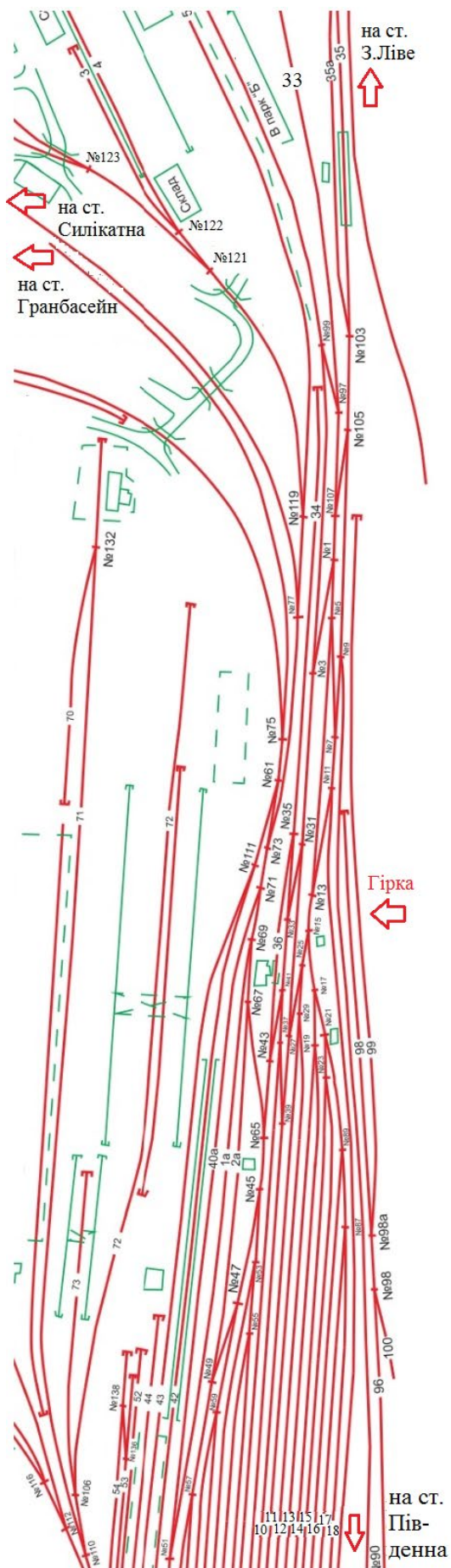


Рисунок 1.3 – Схема гіркового парку

1.1.2 Характеристика пунктів зародження вантажопотоків для сортування на станції Східна

Як зазначено у попередньому пункті, основні вантажопотоки до переробки на гірці станції Східна надходять [5]:

- від станції Південна – порожні вагони;
- від ЦГПТЛ – вагони, завантажені гарячекатаним прокатом;
- від ЦХП-1 – вагони, завантажені холоднокатаним прокатом.

- завантажені у ЦШП вагони, часто вони не потребують сортування, приєднується у хвіст складу залізничного составу, який відправляється на Запоріжжя-Ліве.

Також до складу поїздів можуть додаватись вагони, завантажені ЦХП-3, копровим цехом (наприклад, виливниці) та ін. Проте це не такі потужні вантажопотоки, тож у даному дослідженні вони не враховуються.

Проаналізуємо процес зародження порожніх вантажопотоків. Він починається із надходження составів із сировиною до станції Південна, а надалі – до станції Рудна та Аглофабрика (всі перераховані станції входять до складу Південного залізничного району).

Враховуючі можливість перевезення вантажів до станції Аглофабрика у хоперах, які не можливо використовувати для навантаження металопрокату, зосередимось на дослідженні процесу вивантаженні піввагонів на станції Рудна.

Схема колійного розвитку станції Південна, на якій зазначені транспортні зв'язки з іншими залізничними станціями, представлена на рисунку 1.4



Рисунок 1.4 – Схема колійного розвитку станції Південна Південного залізничного району

У таблиці 1.1 описані процеси формування порожніх составів до сортувального підгіркового парку станції Східна.

Таблиця 1.1 - Процеси формування порожніх составів до сортувального підгіркового парку станції Східна

Номер з/п	Транспортна операція	Місце виконання операції	Тривалість, хв.
1	Рух від станції Запоріжжя-Ліве на 19 або 20 колію станції Східна з урахуванням зважування на вхідному ваговому пункті зі зменшенням швидкості руху составу	Станція Східна	22

Продовження таблиці 1.2

Номер з/п	Транспортна операція	Місце виконання операції	Тривалість, хв.
2	Рух по перегінній колії між станціями Східна та Південна	Перегінна колія між станціями Східна та Південна	15
3	Технологічна обробка составу поїзда з прибуття на станції Південній	Станція Південна	30
4	Формування та подавання першої подачі на фронт вивантаження – вагоноперекидач на станції Рудній	Перегінна колія між Південною та Рудною	15
5	Вивантаження 14 з 15 вагонів першої подачі на вагоноперекидачі	Колії станції Рудної	50
6	Очищення перших 14 вагонів з вивантаженого составу, тобто дві постановки по 7 вагонів	Колії станції Рудної	30
7	Очищення другої партії з 14 вагонів з вивантаженого составу, тобто дві постановки по 7 вагонів, враховуючи безперервність процесу подачі вагонів до вагоноперекидача	Колії станції Рудної	30

Кінець таблиці 1.2

Номер з/п	Транспортна операція	Місце виконання операції	Тривалість, хв.
8	Формування составу 28 вагонів для відправлення до Східної	Станція Рудна	15
9	Рух по перегону Рудна- Південна, транзитом через коліях Південної та по перегону Південна-Східна	Перегін Рудна- Східна, станція Південна та перегін Південна- Східна	23
10	Прийом, відчеплення тепловозу, його виїзд з 18 або 17 колії станції Східна	Станція Східна	5
11	Заїзд гіркового тепловозу та розпуск составу по коліях підгіркового парку	Станція Східна	30
Загалом:			265 (4,4 години)

Стосовно вантажопотоків з цехів ЦХП-1, ЦГПТЛ та ЦШП необхідно врахувати їх ймовірнісний характер.

1.2 Дослідження ймовірнісного характеру вантажопотоків металопрокату з цехів ЦХП-1, ЦГПТЛ та ЦШП

Проаналізуємо інтервали часу між виникненням потреби у порожніх вагонах для навантаження продукції ЦГПТЛ. Для цього виконаємо аналіз вибірки даних спостережень.

Вибірка даних:

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

Основні статистичні характеристики вибірки значень інтервалів часу між виникненням потреби у порожніх вагонах для навантаження продукції ЦГПТЛ:

- мінімум 1,2 год.;
- максимум 9 год.;
- середнє значення 5,01 год.;
- стандартне відхилення 2,21 год.

Діаграма щільності розподілу спостережень значень інтервалів часу між виникненням потреби у порожніх вагонах для навантаження продукції ЦГПТЛ наведена на рисунку 1.5.

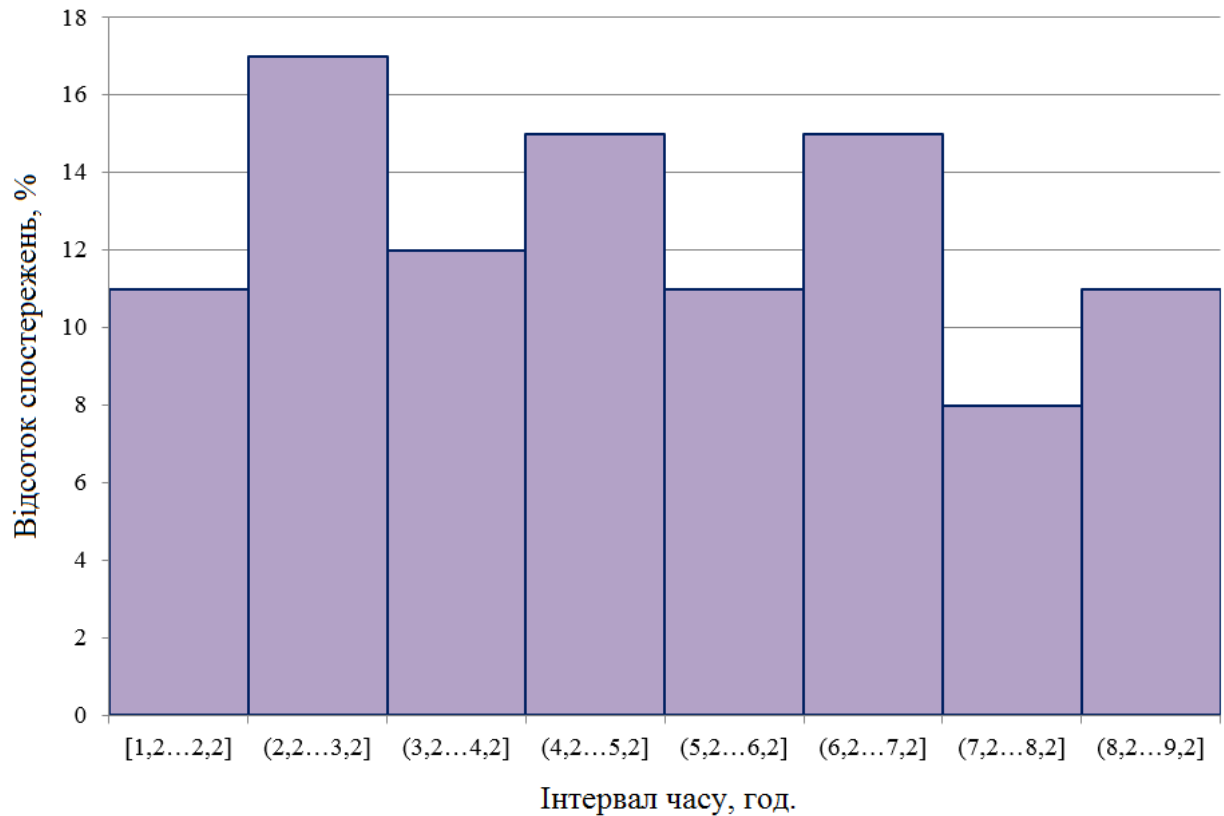


Рисунок 1.5 – Діаграма щільності розподілу спостережень значень інтервалів часу між виникненням потреби у порожніх вагонах для навантаження продукції ЦГПТЛ

За формою емпіричний розподіл спостережень значень інтервалів часу між виникненням потреби у порожніх вагонах для навантаження продукції ЦГПТЛ найбільше відповідає рівномірному теоретичному розподілу.

Проаналізуємо кількість порожніх вагонах, затребуваних для навантаження продукції ЦГПТЛ. Для цього виконаємо аналіз вибірки відповідних даних:

13; 6; 19; 12; 21; 9; 24; 12; 21; 19; 6; 24; 12; 15; 24; 13; 12; 7; 25; 20; 19; 5; 22; 24; 12; 24; 15; 21; 6; 20; 18; 25; 6; 20; 24; 16; 7; 19; 16; 24; 10; 9; 22; 13; 12; 10; 25; 20; 7; 16; 17; 16; 7; 12; 25; 16; 7; 14; 12; 10; 15; 20; 17; 25; 15; 22; 24; 12; 18; 8; 20; 12; 10; 14; 24; 12; 18; 11; 8; 16; 6; 6; 20; 21; 19; 21; 17; 6; 12; 13; 10; 8; 15; 20; 10; 20; 16; 10; 22; 19.

Основні статистичні характеристики вибірки кількості порожніх вагонів, затребуваних для навантаження продукції ЦГПТЛ:

- мінімум 5 ваг.;
- максимум 25 ваг.;
- середнє значення 15,5 ваг.;
- стандартне відхилення 5,92 ваг.

Діаграма щільності ймовірності розподілу значень кількості порожніх вагонів, затребуваних для навантаження продукції ЦГПТЛ наведена на рисунку 1.6.

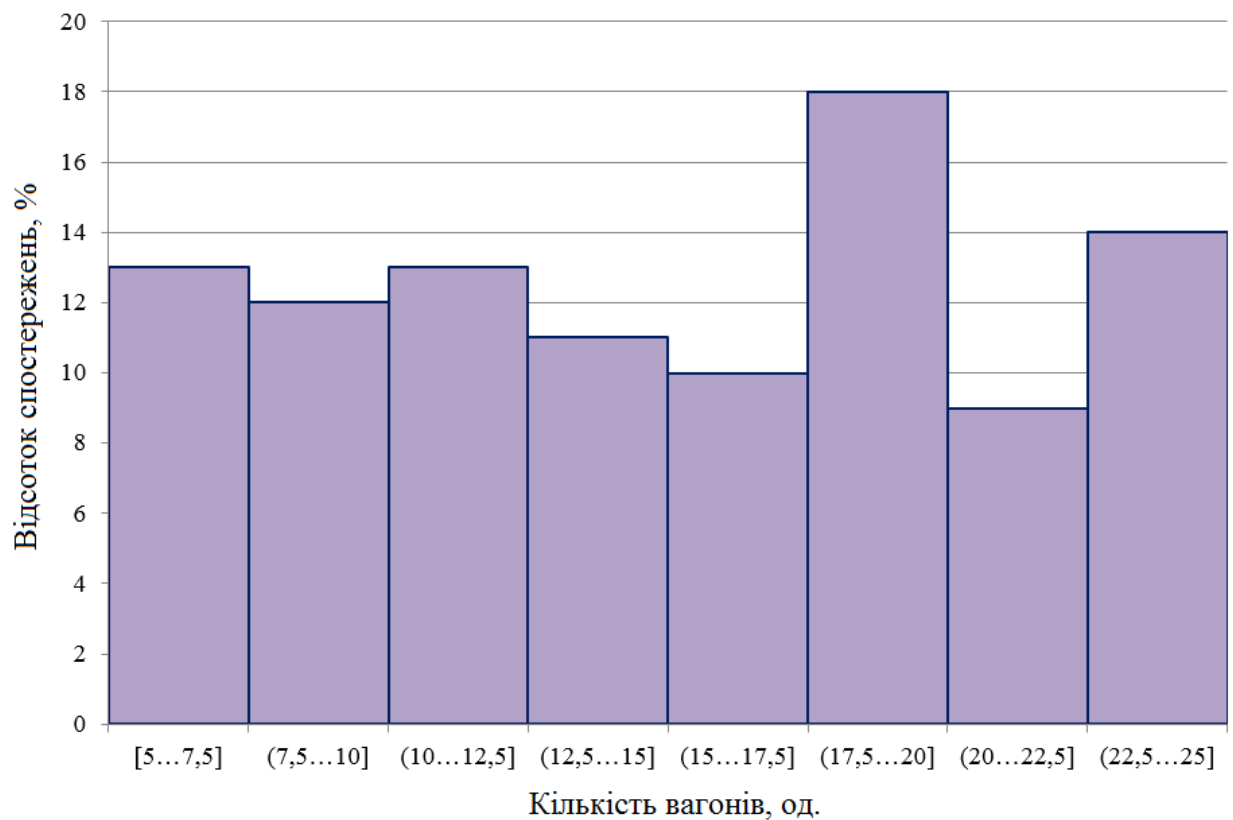


Рисунок 1.6 - Діаграма щільності ймовірності розподілу значень кількості порожніх вагонів, затребуваних для навантаження продукції ЦГПТЛ

Дана діаграма свідчить про відповідність рівномірному закону розподілу.

Проаналізуємо інтервали часу між виникненням потреби у порожніх вагонах для навантаження продукції ЦХП-1. Для цього виконаємо аналіз вибірки спостережень відповідних даних.

Вибірка даних у 100 значень:

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

Основні статистичні характеристики вибірки значень інтервалів часу між виникненням потреби у порожніх вагонах для навантаження продукції ЦХП-1 наступні:

- мінімум 3,3 год.;
- максимум 15,1 год.;
- середнє значення 8,57 год.;
- стандартне відхилення 3,51 год.

Діаграма щільності розподілу спостережень значень інтервалів часу між виникненням потреби у порожніх вагонах для навантаження продукції ЦХП-1 наведена на рисунку 1.7.

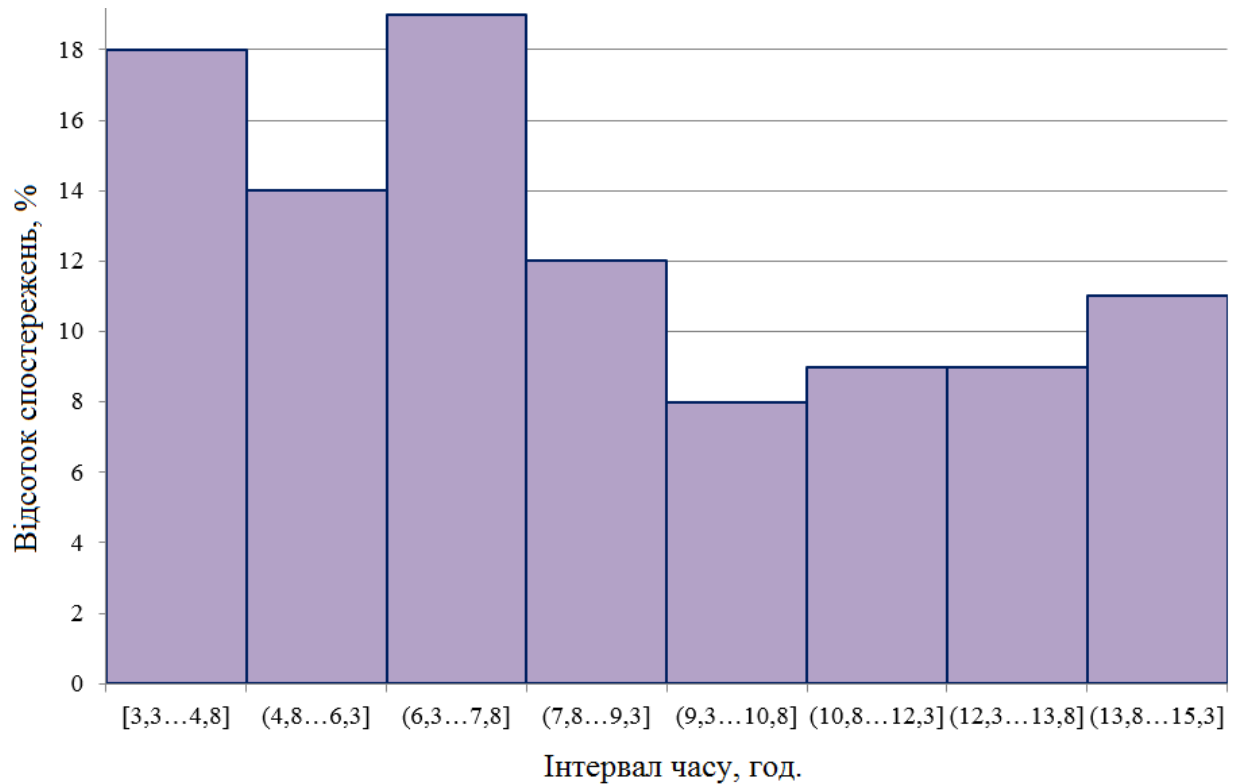


Рисунок 1.7 – Діаграма щільності розподілу спостережень значень інтервалів часу між виникненням потреби у порожніх вагонах для навантаження продукції ЦХП-1

За формою емпіричний розподіл спостережень значень інтервалів часу між виникненням потреби у порожніх вагонах для навантаження продукції ЦХП-1 як найбільше відповідає рівномірному теоретичному розподілу.

Проаналізуємо кількість порожніх вагонів, затребуваних для навантаження продукції ЦХП-1. Для цього виконаємо аналіз вибірки наступних даних:

7; 16; 22; 10; 17; 21; 19; 22; 18; 9; 19; 20; 9; 18; 17; 20; 21; 18; 14; 14; 15; 10; 9; 22; 8; 5; 11; 5; 6; 21; 5; 16; 5; 14; 16; 6; 12; 14; 22; 6; 21; 6; 18; 8; 18; 11; 22; 4; 13; 16; 21; 15; 14; 11; 20; 16; 7; 6; 21; 8; 21; 20; 7; 20; 13; 6; 12; 21; 13; 21; 15; 6; 9; 10; 8; 22; 6; 8; 19; 6; 12; 8; 7; 14; 19; 20; 6; 19; 7; 8; 20; 21; 7; 7; 16; 7; 8; 19; 8; 10.

Основні статистичні характеристики вибірки кількості порожніх вагонів, затребуваних для навантаження продукції ЦХП-1:

- мінімум 4 ваг.;
- максимум 22 ваг.;
- середнє значення 13,41 ваг.;
- стандартне відхилення 5,82 ваг.

Діаграма щільності ймовірності розподілу значень кількості порожніх вагонах, затребуваних для навантаження продукції ЦХП-1 наведена на рисунку 1.8.

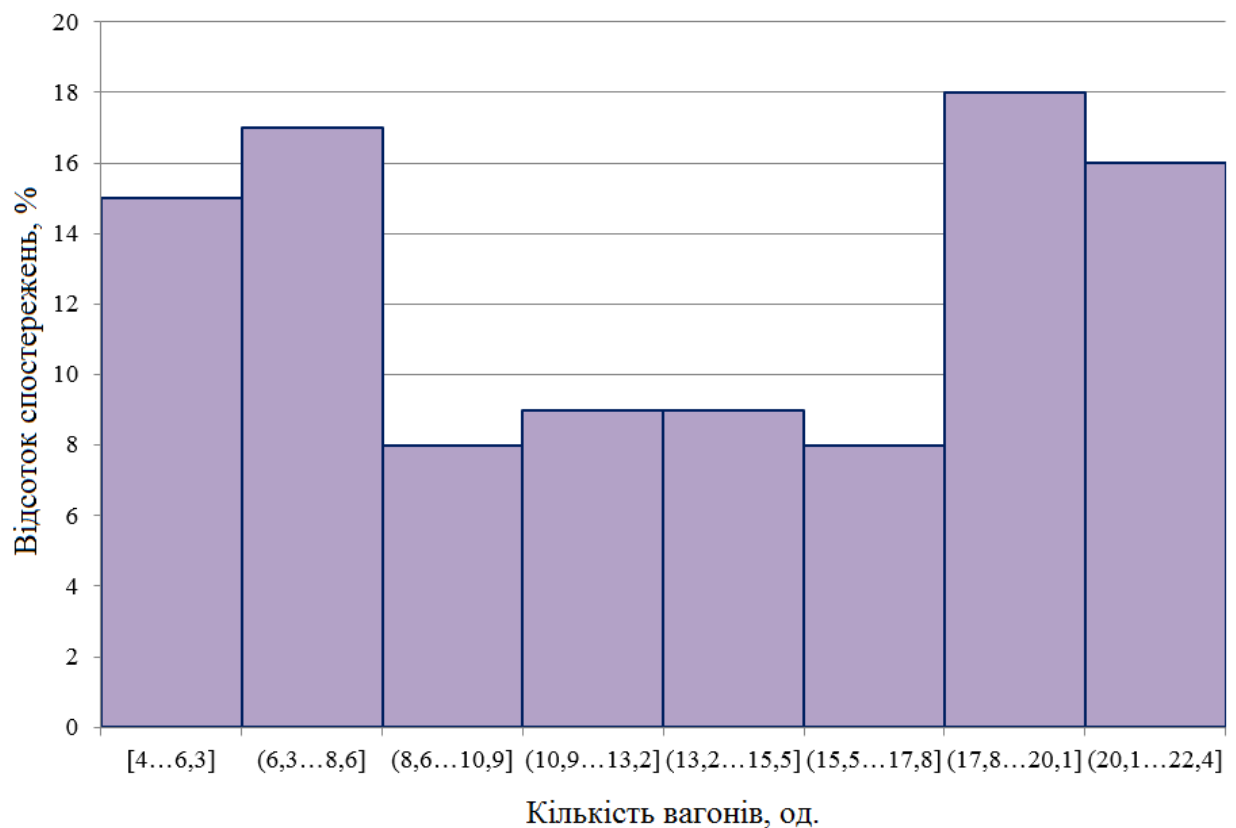


Рисунок 1.8 - Діаграма щільності ймовірності розподілу значень кількості порожніх вагонах, затребуваних для навантаження продукції ЦХП-1

Вигляд даної діаграми свідчить про відповідність рівномірному закону розподілу. Проаналізуємо інтервали часу між виникненням потреби у порожніх вагонах для навантаження граншлаку ЦШП. Для цього виконаємо аналіз вибірки:

7,2; 24; 4,8; 4,8; 14,4; 7,2; 9,6; 4,8; 4,8; 7,2; 4,8; 4,8; 4,8; 14,4; 4,8; 4,8; 4,8; 9,6; 12; 7,2; 16,8; 4,8; 7,2; 16,8; 4,8; 9,6; 19,2; 4,8; 7,2; 4,8; 9,6; 7,2; 7,2; 4,8; 4,8; 4,8; 16,8; 12; 7,2; 4,8; 12; 7,2; 4,8; 4,8; 4,8; 7,2; 7,2; 4,8; 4,8; 4; 16,8; 4,8; 14,4; 24; 4,8; 4,8; 7,2; 9,6; 4,8; 4,8; 9,6; 7,2; 19,2; 4,8; 4,8; 4,8; 9,6; 7,2; 4,8; 4,8; 4,8; 9,6; 4,8; 4,8; 12; 9,6; 4,8; 4,8; 7,2; 12; 12; 4,8; 7,2; 4,8; 7,2; 14,4; 4,8; 7,2; 7,2; 4,8; 7,2; 4,8; 4,8; 7,2; 4,8; 9,6; 4,8; 7,2; 7,2.

Основні статистичні характеристики вибірки значень інтервалів часу між виникненням потреби у порожніх вагонах для навантаження шлаку ЦШП наступні:

- мінімум 4 год.;
- максимум 24 год.;
- середнє значення 7,82 год.;
- стандартне відхилення 4,34 год.

Діаграма щільності розподілу спостережень значень інтервалів часу між виникненням потреби у порожніх вагонах для навантаження граншлаку ЦШП наведена на рисунку 1.9.

За формою емпіричний розподіл спостережень значень інтервалів часу між виникненням потреби у порожніх вагонах для навантаження граншлаку ЦШП як найбільше відповідає експоненціальному теоретичному розподілу.

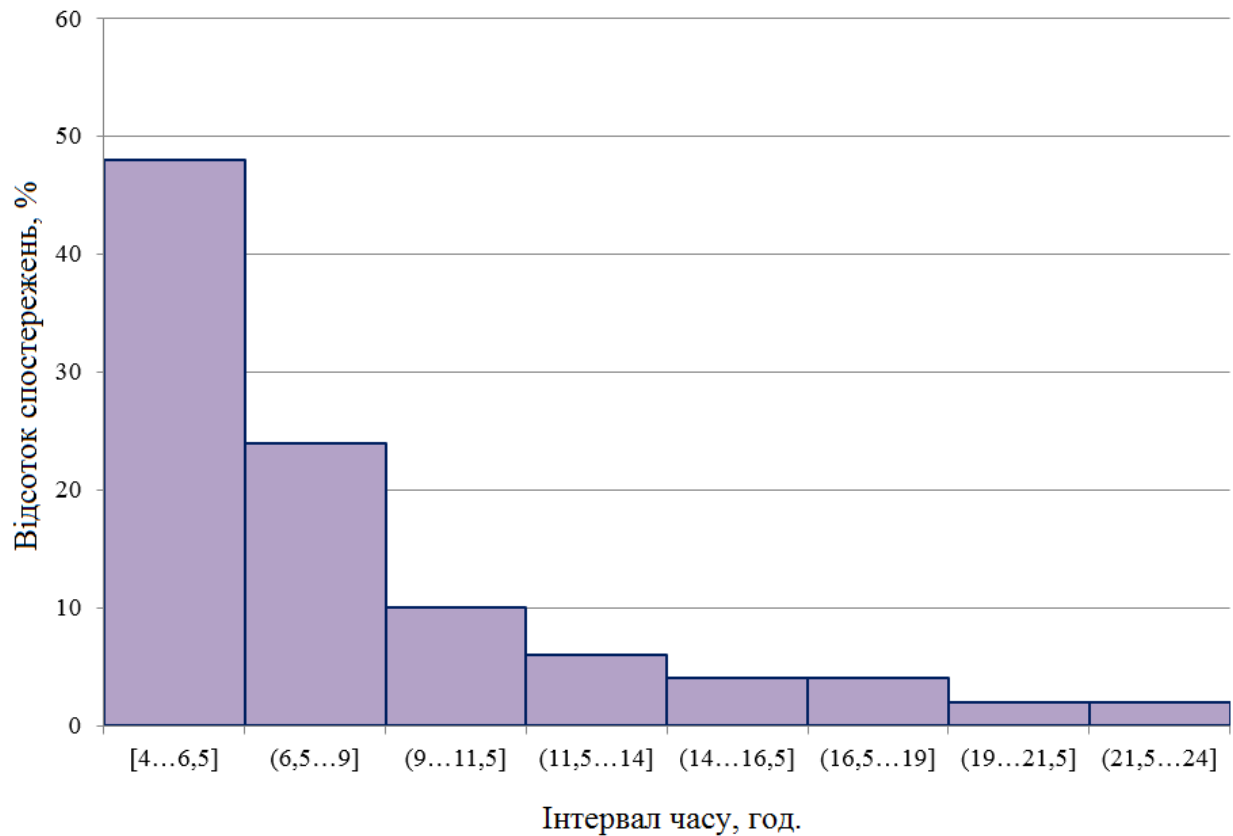


Рисунок 1.9 – Діаграма щільності розподілу спостережень значень інтервалів часу між виникненням потреби у порожніх вагонах для навантаження граншлаку ЦШП

Проаналізуємо кількість порожніх вагонах, затребуваних для навантаження шлаку ЦШП. Для цього виконаємо аналіз вибірки наступних даних:

10; 10; 10; 10; 10; 10; 10; 10; 10; 10; 20; 20; 10; 10; 10; 20; 10; 10;
 10; 10; 20; 10; 10; 15; 10; 20; 10; 10; 10; 10; 10; 10; 10; 20; 10; 20; 10;
 10; 20; 20; 20; 10; 10; 10; 20; 20; 15; 15; 10; 15; 20; 15; 15; 15; 10; 15;
 15; 20; 20; 20; 10; 20; 10; 20; 15; 15; 20; 20; 15; 20; 10; 15; 20; 10; 10;
 20; 10; 10; 10; 15; 10; 20; 10; 20; 20; 10; 10; 15; 20; 20; 10; 20; 10; 20;
 10; 10; 15; 20; 10; 10; 20.

Основні статистичні характеристики вибірки кількості порожніх вагонів, затребуваних для навантаження шлаку ЦШП:

- мінімум 10 ваг.;
- максимум 20 ваг.;
- середнє значення 14 ваг.;
- стандартне відхилення 4,49 ваг.

Діаграма щільності ймовірності розподілу значень кількості порожніх вагонів, затребуваних для навантаження шлаку ЦШП наведена на рисунку 1.10.

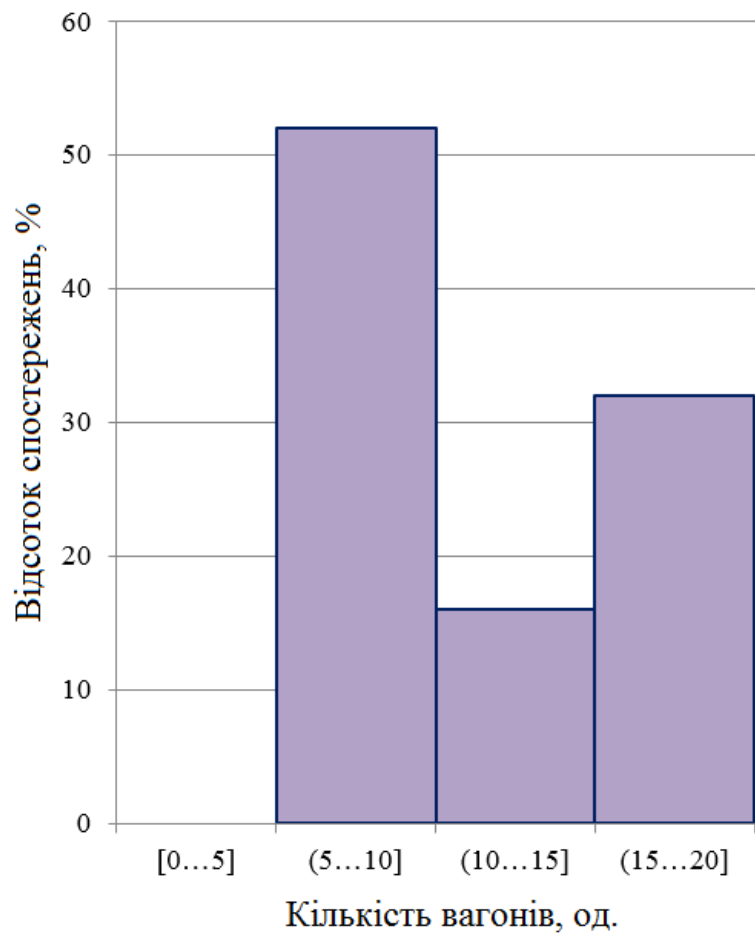


Рисунок 1.10 - Діаграма щільності ймовірності розподілу значень кількості порожніх вагонах, затребуваних для навантаження шлаку ЦШП

Вигляд даної діаграми свідчить про відповідність рівномірному закону розподілу.

Виходячи з даних аналізу встановимо частку розподілу порожніх вагонів відповідно вимогам цехів.

Інтенсивність потреби у порожніх вагонах становить:

- ЦШП – $14/7,82 = 1,8$ ваг/год.;
- ЦХП-1 – $13,41/8,57 = 1,6$ ваг/год.;
- ЦГПТЛ – $15,5/5,01 = 3,1$ ваг/год.

Сумарна потреба:

$1,8 + 1,6 + 3,1 = 6,5$ ваг/год., що відповідає обсягу відвантаження 165 ваг/добу.

Відповідно до цієї потреби частка споживання порожніх вагонів становитиме:

- ЦШП – $1,8/6,5 = 0,3$;
- ЦХП-1 – $1,6/6,5 = 0,2$;
- ЦГПТЛ – $3,1/6,5 = 0,5$.

Це параметри для імітаційної моделі роботи за існуючим варіантом в умовах зменшення обсягів виробництва.

1.3 Постановка завдань роботи

В ході аналітичного аналізу встановлені параметри роботи сортувальної гірки в умовах зменшення обсягів виробництва. При цьому зберігається технологія надходження составів з сировиною у складі маршрутних поїздів. Тобто, є можливим вивантаження та отримання значної кількості порожніх вагонів за короткий проміжок часу.

За існуючої технології, для збереження зайвої кількості порожніх вагонів не передбачено виділення окремих колій. Пропонується розглянути варіант із використанням колії, яка за спеціалізацією призначена для накопичення завантажених вагонів для формування поїздів на станцію Запоріжжя-Ліве, для накопичення порожніх вагонів.

Це дозволить акумулювати певну кількість вагонів та уникнути потреби подавання їх, у разі нестачі, зі станції примикання. Проте, необхідно оцінити доцільність даного рішення.

Аналітичні розрахунки за точністю у даному випадку поступаються сучасному методу імітаційного моделювання.

Для вирішення поставленого завдання порівняння варіантів використання колій підгіркового парку за їх ефективністю, необхідно вирішити наступні задачі:

- розробити імітаційну модель подачі порожніх вагонів до основних виробничих цехів підприємства, яка враховує обсяг використання поїзних локомотивів та час використання вагонів;
- виконати експерименти з урахуванням різних варіантів використання колій підгіркового парку в розрізі спеціалізації;
- виконати економічні розрахунки для оцінки ефективності проєктного рішення.

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Розробка імітаційної моделі роботи гіркового парку з різними варіантами спеціалізації колій

2.1.1 Етап розробки процесу імітації просування вхідного потоку вагонів до основного пункту вивантаження

При розробці імітаційної моделі, враховуючи складність усіх процесів, виконаємо певні спрощення. Врахуємо лише основні вантажопотоки – завантажені з парку А станції Запоріжжя-Ліве, та будемо враховувати, що ці вантажопотоки після переходу в стадію вагонопотоків порожнього рухомого складу, завантажуються в основних цехах металургійного комбінату Запоріжсталь. Такий підхід є справедливим, оскільки можна вважати, що вантажопотоки, які надходять з парку Б, вивантажуються на чисельних і не настільки потужних фронтах вивантаження, а отримані порожні вагони також навантажуються на малоінтенсивних пунктах навантаження.

Першим елементом моделі є елемент in_park_A – рисунок 2.1.

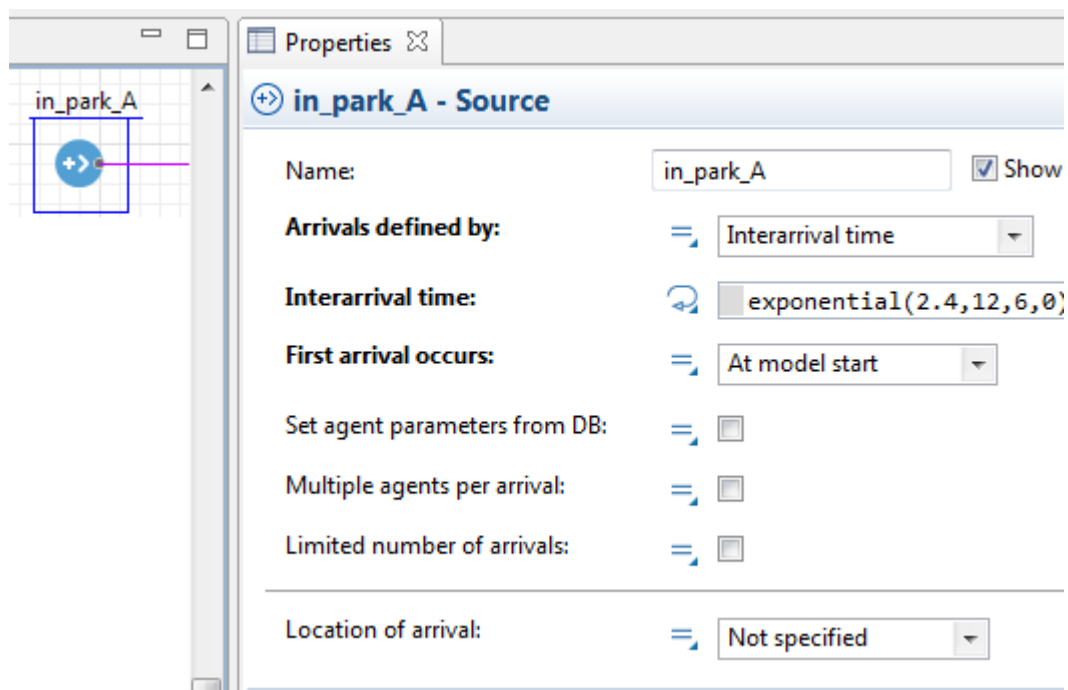


Рисунок 2.1 – Елемент in_park_A

В даному елементі генерації замовлень – маршрутних поїздів, що надходять за експоненціальним розподілом [6] з обмеженням мінімального значення тривалістю технологічного процесу передавання вагонів – 2,4 год. та максимального – 12 год. функцією $\text{exponential}(2.4, 12, 6, 0)$.

Дані замовлення зберігаються у черзі `ochik_LocP` до виконання наступних операцій (рисунок 2.2).

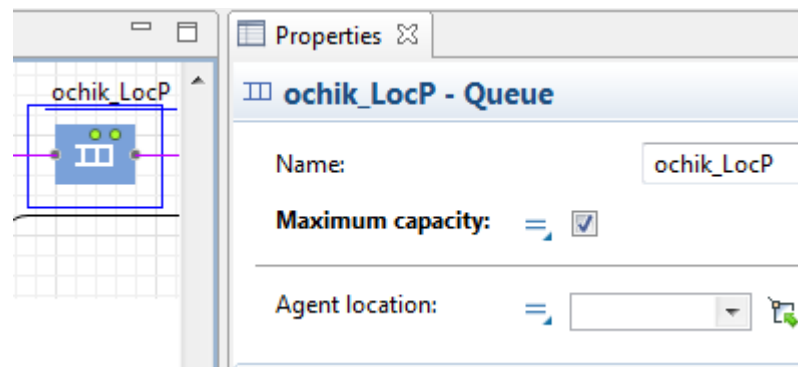


Рисунок 2.2 – Черга `ochik_LocP`

По одному, замовлення приєднують ресурс – поїзний тепловоз в елементі `LocP_56` – рисунок 2.3.

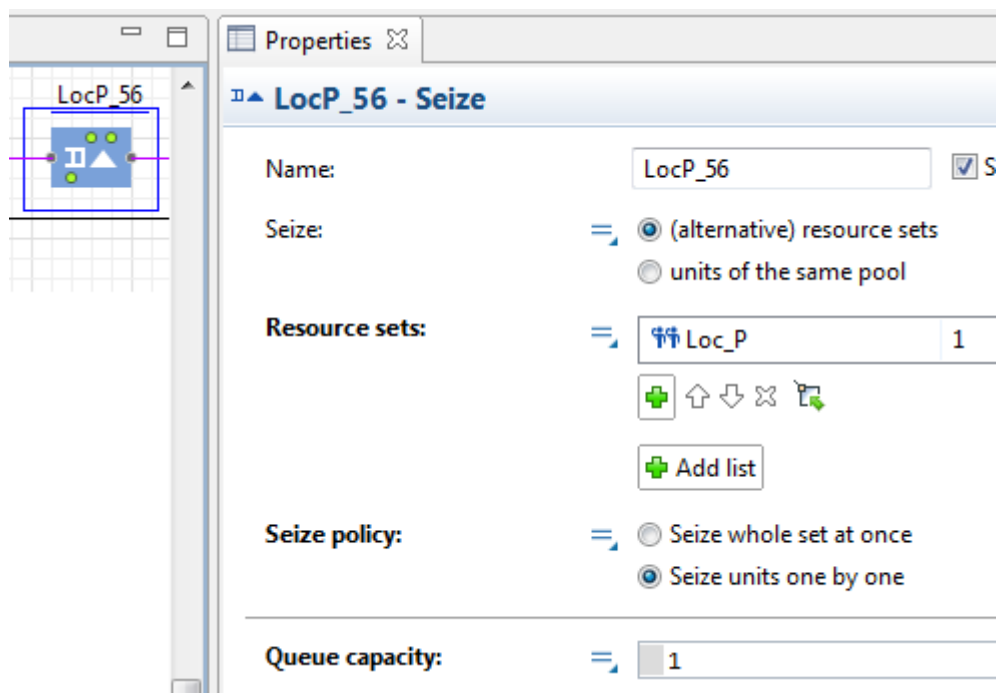


Рисунок 2.3 – Елемент `LocP_56`

Ресурсний блок Loc_P (рисунок 2.4) має 3 локомотиви відповідно до існуючої на підприємстві практики.

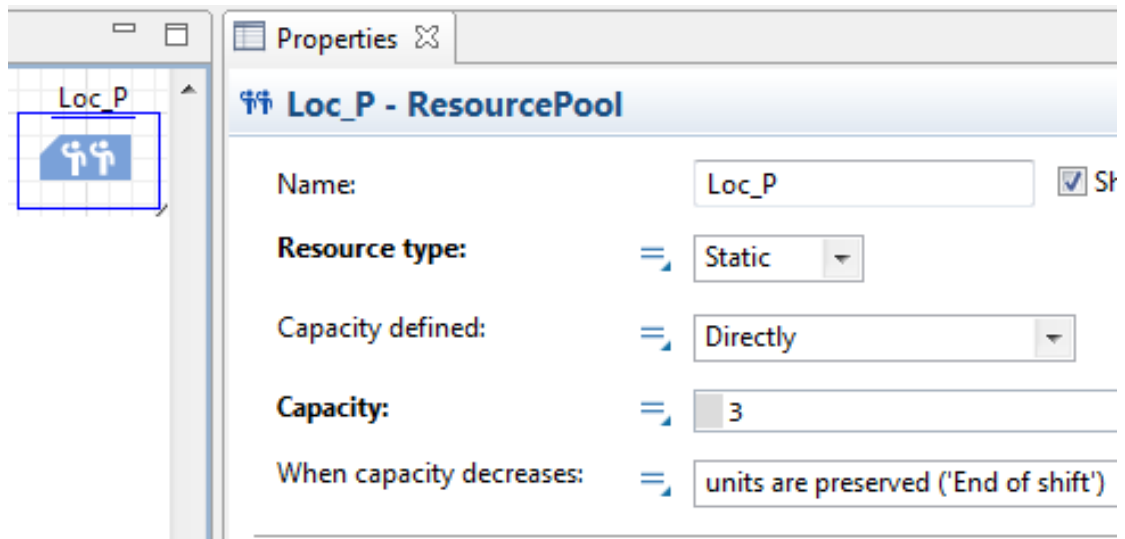


Рисунок 2.4 – Ресурсний блок Loc_P

Надалі елементом time__56_St фіксується час початку використання вагонів – рисунок 2.5.

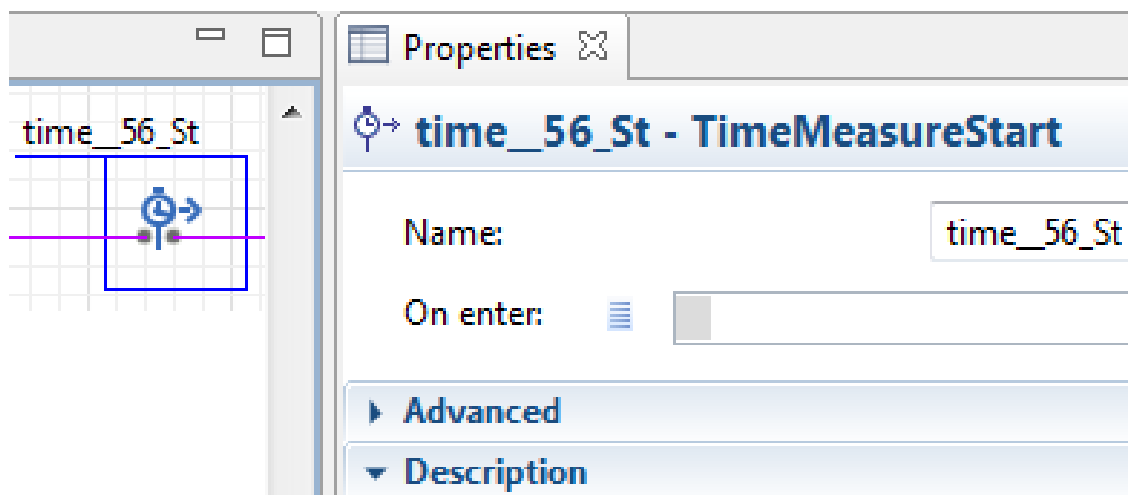


Рисунок 2.5 – Елемент time__56_St

Елемент ruh_in_Rudn забезпечує імітацію руху поїзду транзитом через залізничну станцію Східну до станції Південна, для чого час виконання даної операції відповідно до ЄТП, вказується у параметрах даного елементу – рисунок 2.6.

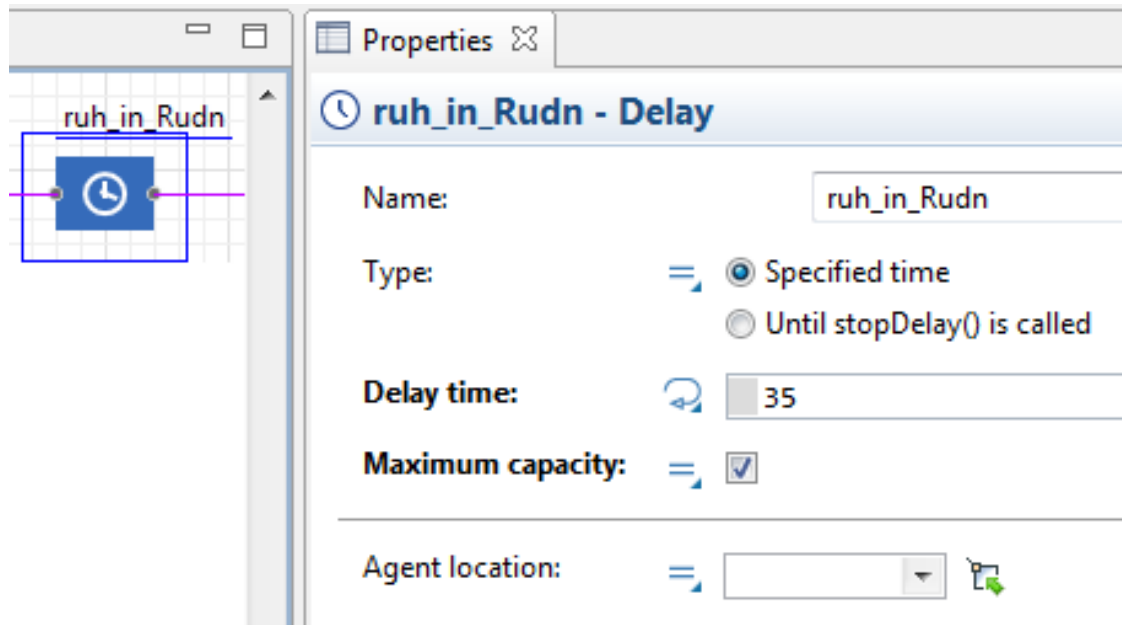


Рисунок 2.6 – Елемент ruh_in_Rudn

Після імітації доставки вагонів, елемент LocP_56_End вивільняє ресурс – поїзний локомотив (рисунок 2.7).

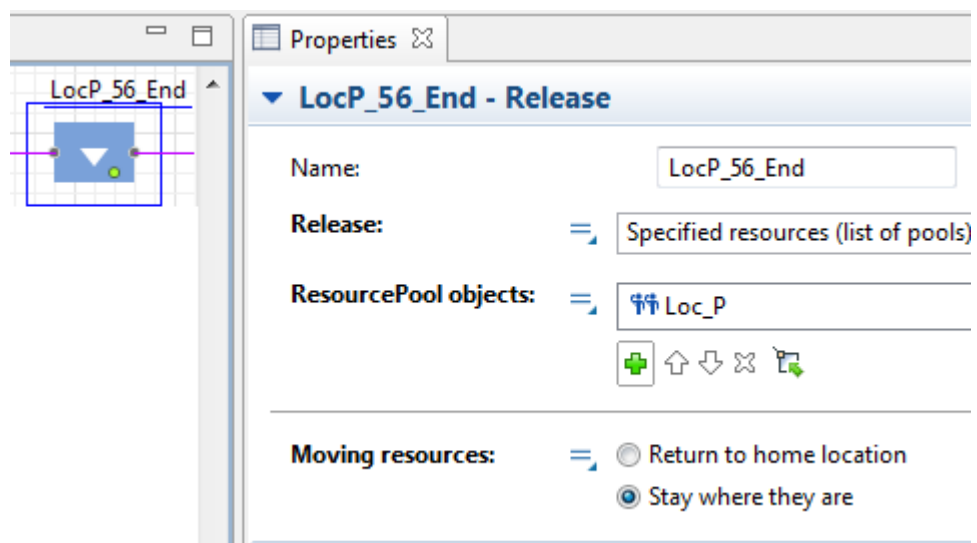


Рисунок 2.7 – LocP_56_End

Тим часом замовлення потрапляють до черги viv_Rudn – рисунок 2.8.

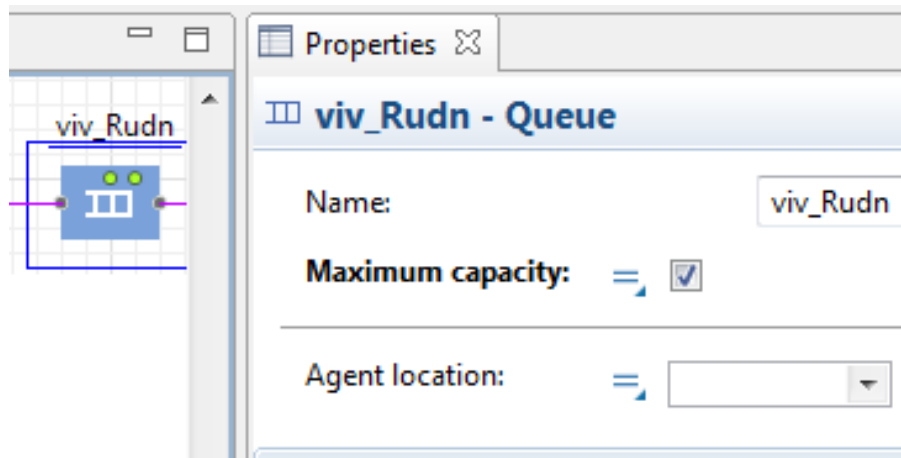


Рисунок 2.8 – Черга viv_Rudn

Надалі елементом time_56_End (рисунок 2.9) відбувається фіксація часу руху замовлень на даному етапі – посилаючись на функцію фіксації початку використання вагонів time__56_St.

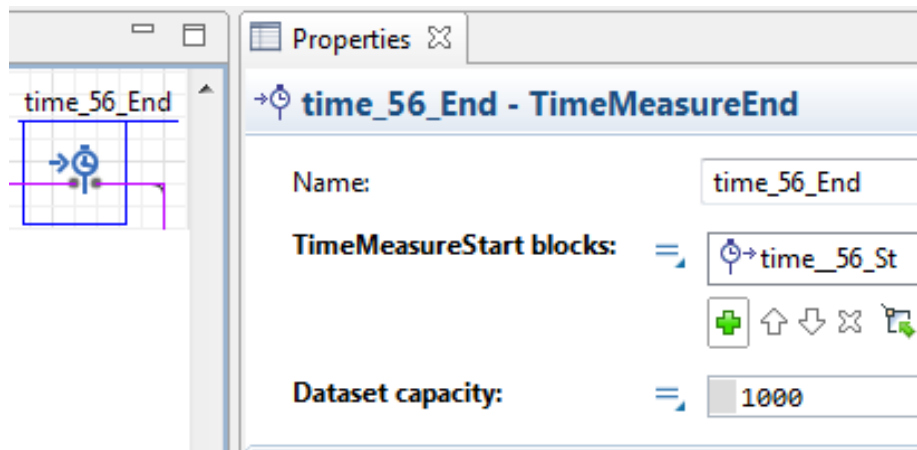


Рисунок 2.9 – Елемент time_56_End

На першому етапі процес імітації просування вхідного потоку вагонів до основного пункту вивантаження виглядає наступним чином – рисунок 2.10.

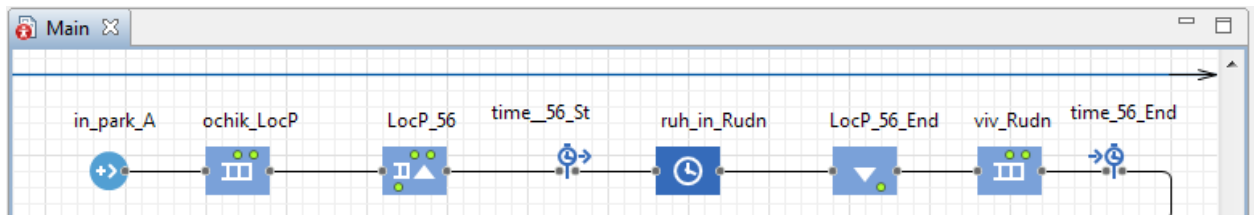


Рисунок 2.10 – Процес імітації просування вхідного потоку вагонів до основного пункту вивантаження

Переходимо до етапу розробки процесу імітації формування порожнього вагонопотоку до підгіркового парку.

2.1.2 Етап розробки процесу імітації формування порожнього вагонопотоку до підгіркового парку

Состав поїзду умовно розділяється на дві рівні частини по $56/2 = 28$ вагонів, це потрібно для зручного та зрозумілого опису процесу. Даний розмір составу відповідає чотирьом партіям очищення вагонів (по 7 одиниць) та місткості колій 17 та 18 станції Східна. Це забезпечує елемент `part_56_2` – рисунок 2.11.

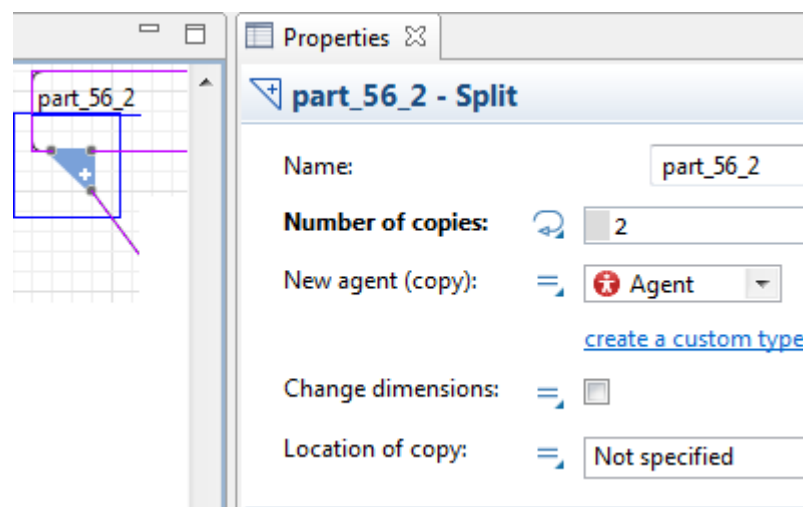


Рисунок 2.11 – Елемент `part_56_2`

Замовлення-поїзд після утворення його двох частин-копій, знищується елементом sink_56 – рисунок 2.12.

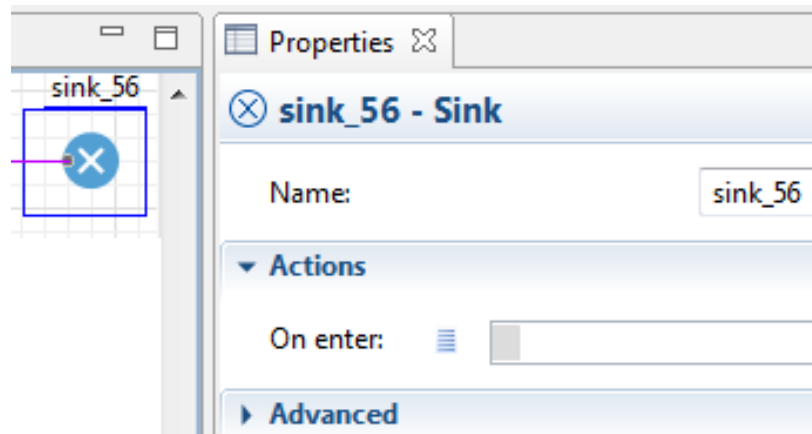


Рисунок 2.12 – Елемент sink_56

Замовлення зберігаються у черзі q_part, яка потрібна через технічні особливості програми Енілоджік (рисунок 2.13), фіксується час елементом time_28_St – рисунок 2.14.

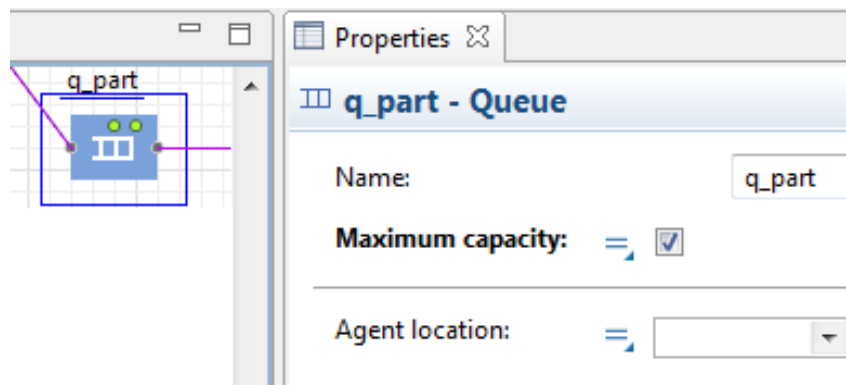


Рисунок 2.13 – Черга q_part

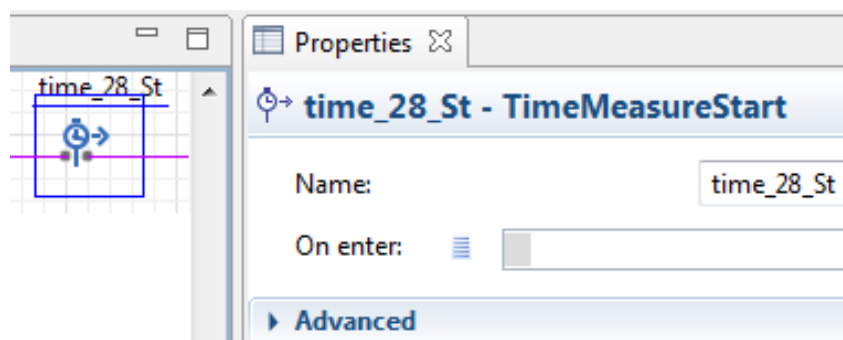


Рисунок 2.14 – Елемент time_28_St

Замовлення переходять до черги ochik_viv_28 – рисунок 2.15.

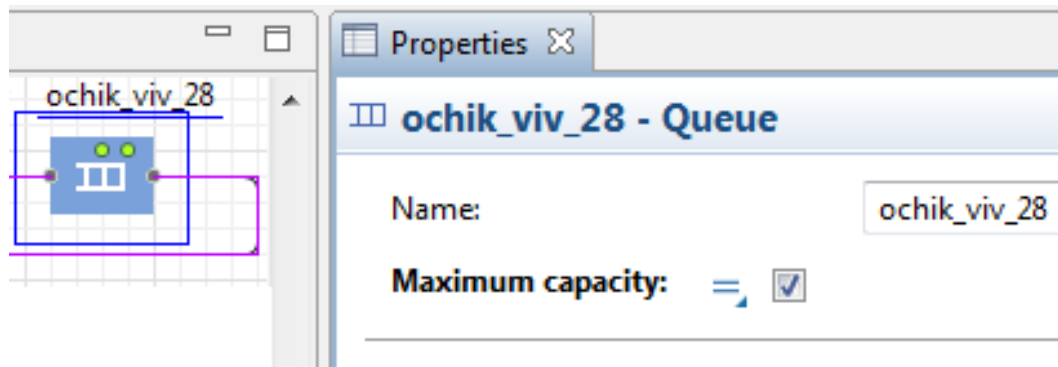


Рисунок 2.15 – Черга ochik_viv_28

Процес вивантаження на вагоноперекидачі та подальшого очищення вагонів імітується через затримку в елементі viv_28 (рисунок 2.16).

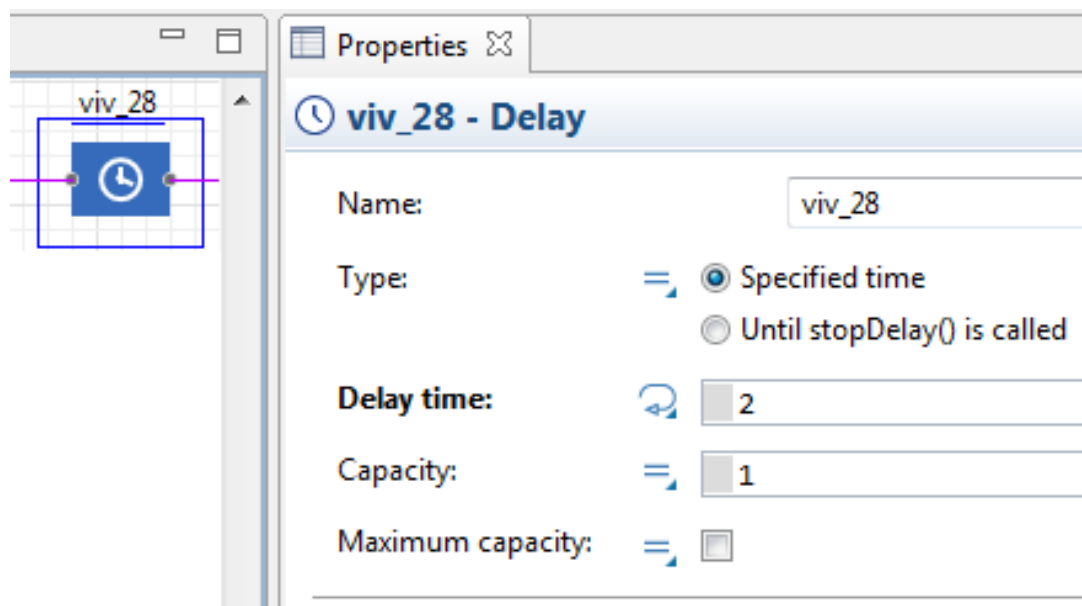


Рисунок 2.16 – Елемент viv_28

Для доставки партії у 28 вагонів елементом LocP_28 до неї приєднується тепловоз-ресурс (рисунок 2.17).

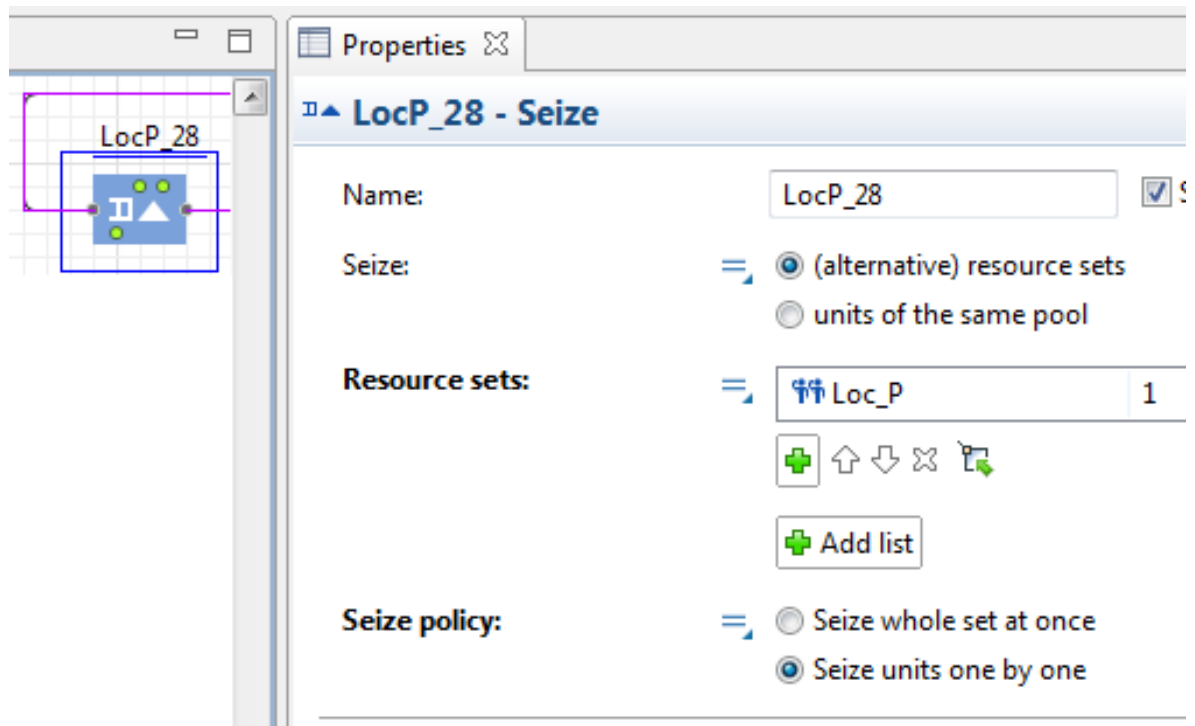


Рисунок 2.17 – Елемент LocP_28

Надалі виконується затримка (рух до станції Східної) елементом ruh_in_Shid – рисунок 2.18.

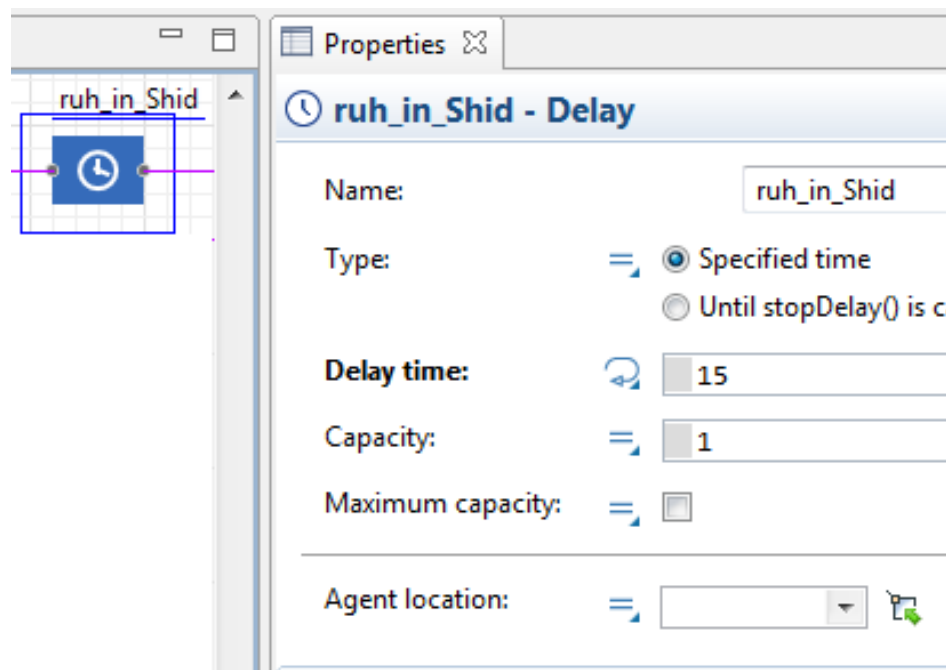


Рисунок 2.18 – Елемент ruh_in_Shid

На даному етапі опис процесу імітації формування порожнього вагонопотоку до підгіркового парку виглядає наступним чином – рисунок 2.19.

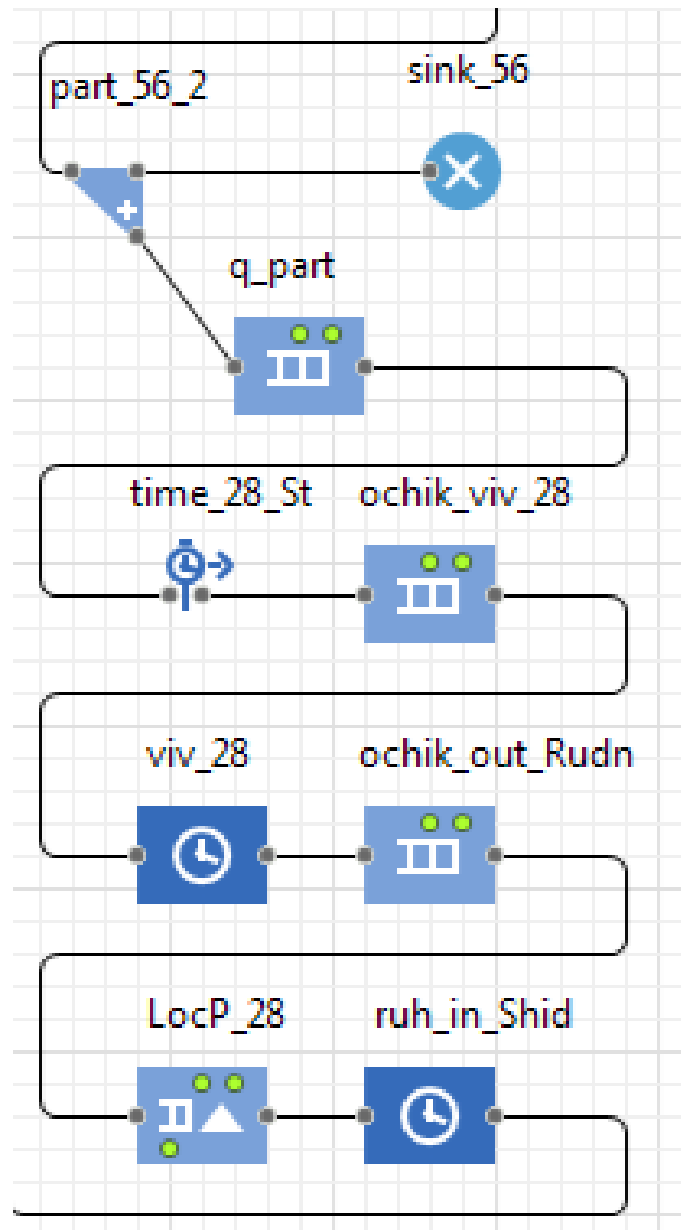


Рисунок 2.19 – Опис процесу імітації формування порожнього вагонопотоку до підгіркового парку

Переходимо до етапу імітації процесу роботи підгіркового парку.

2.1.3 Етап імітації процесу роботи підгіркового парку

Після звільнення ресурсу-тепловозу елементом LocP_28_End (рисунок 2.20) виконується розпуск вагонів на гірці – елемент затримки rob_G (рисунок 2.21).

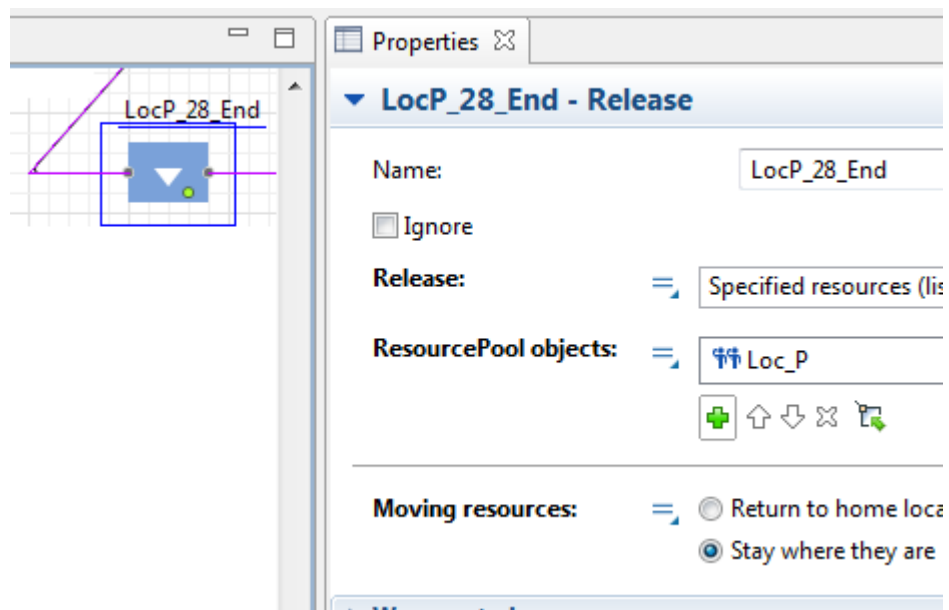


Рисунок 2.20 – Елемент LocP_28_End

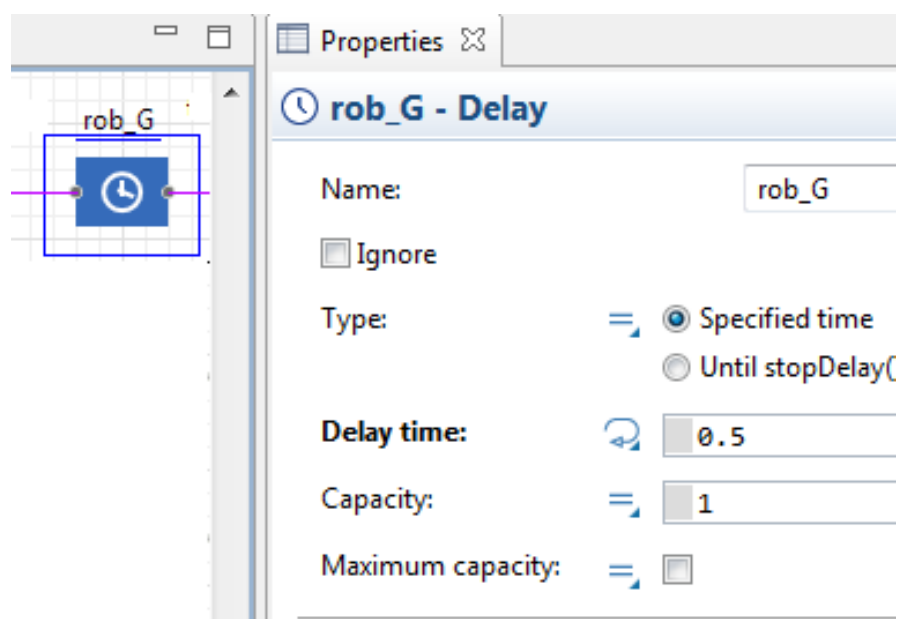


Рисунок 2.21 – Елемент затримки rob_G

На цьому етапі завершується час руху партій по 28 вагонів (елемент time_28_End1 фіксує його - рисунок 2.22), після чого імітуємо розформування составу на окремі вагони – елемент vag_28 (рисунок 2.23).

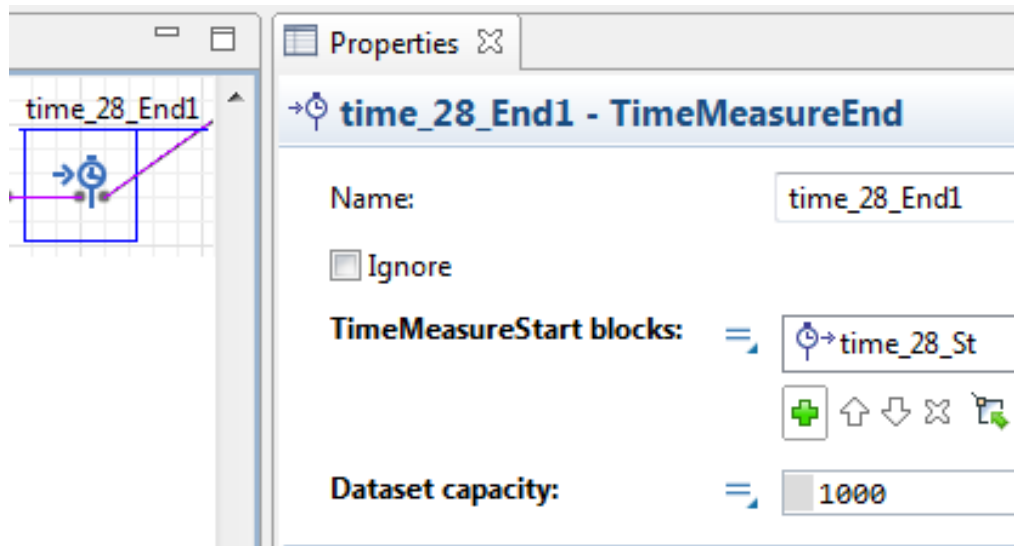


Рисунок 2.22 – Елемент time_28_End1

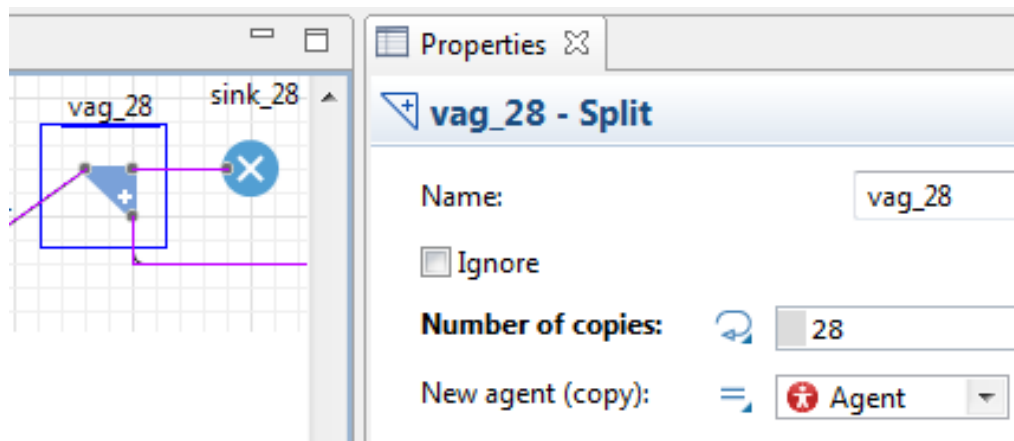


Рисунок 2.23 – Елемент vag_28

Замовлення-оригінал знищується, отримані копії в кількості 28 переходять до черги qu28 – рисунок 2.24.

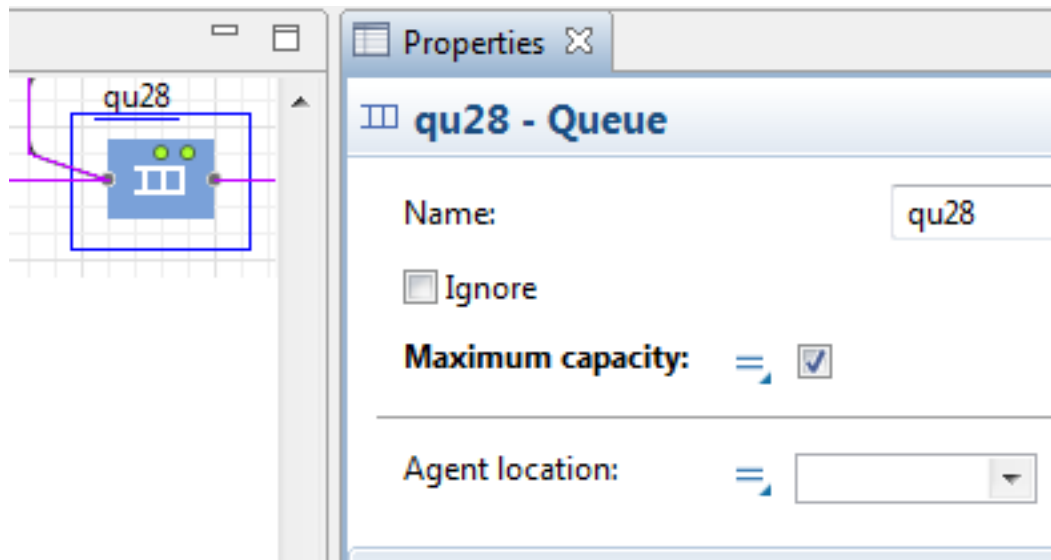


Рисунок 2.24 – Черга qu28

Від цього моменту починаємо фіксувати час користування вагонами за допомогою елементу time_vag (рисунок 2.25).

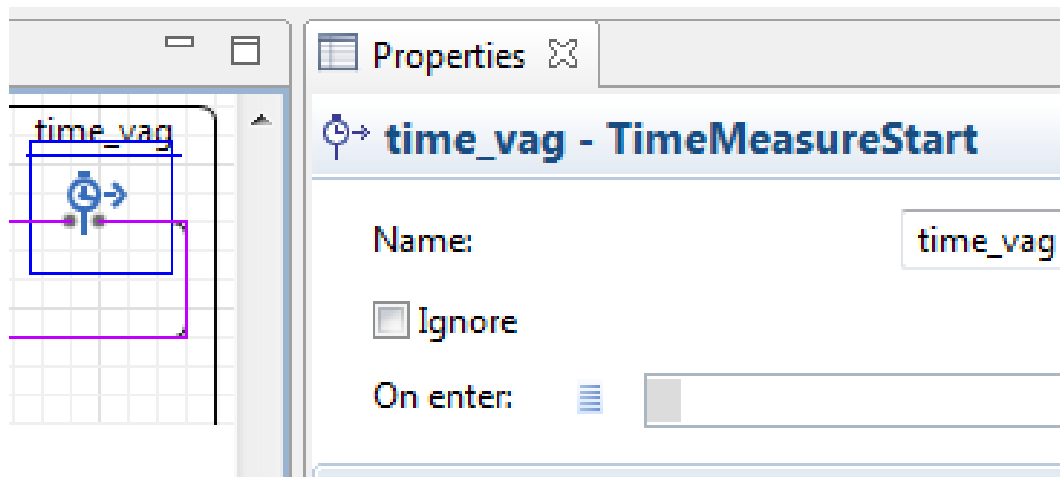


Рисунок 2.25 – Елемент time_vag

На цій стадії формування імітаційної моделі вона виглядає наступним чином – рисунок 2.26, червоним виділений ланцюг останнього етапу розробки.

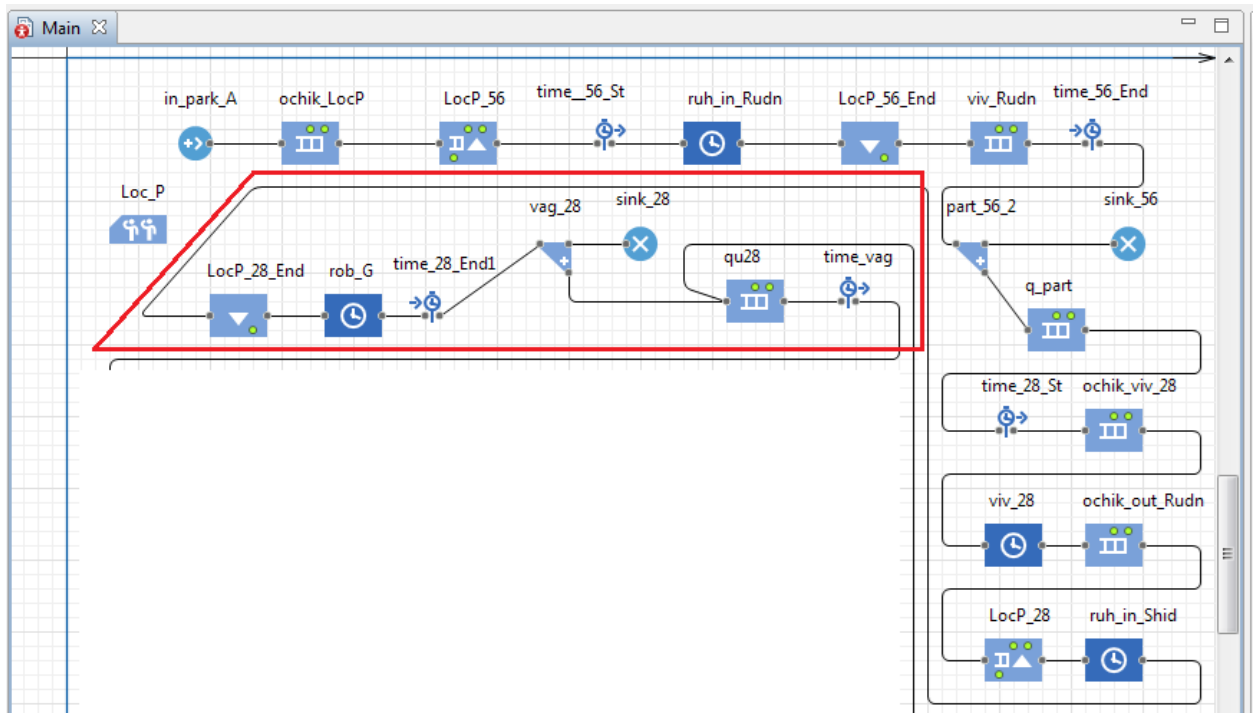


Рисунок 2.26 – Програма на етапі імітації процесу роботи підгіркового парку

2.1.4 Етап розробки процесу імітації вагонопотоків до навантаження та відправлення

На гірці виконуються наступні операції:

- сортування порожніх вагонів по коліях 14-15 (для ЦХП-1, ЦГПТЛ, ЦШП) за існуючим варіантом, та по коліях 13-15 за проєктним варіантом. Кількість вагонів, які спрямовуються на певну колію, визначається пропорційно затребуваним обсягам цеху навантаження відповідно до розділу 1 проєкту;
- затримка на час, потрібний для виконання навантаження;
- передавання завантажених вагонів на колії накопичення завантажених поїздів (10-13 за базовим та 10-12 за проєктним).

На рисунку 2.27 показаний відповідний блок програми.

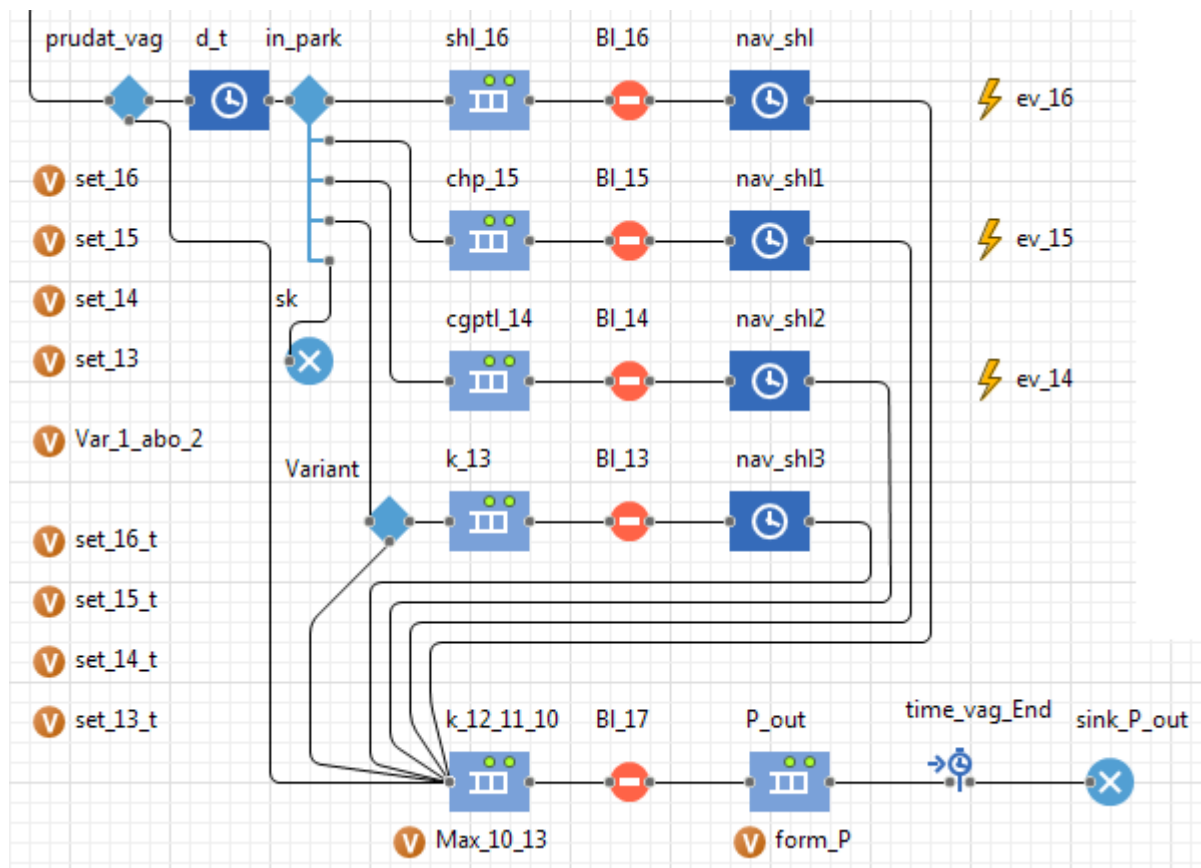


Рисунок 2.27 – Блок імітації вагонопотоків до навантаження та відправлення

Перший елемент блоку prudat_vag визначає частку вагонів, які з різних причин не призначені для навантаження [7].

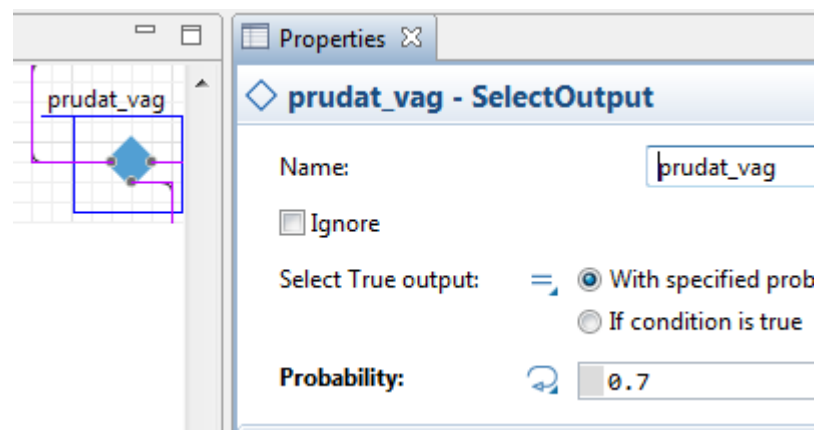


Рисунок 2.28 – Елемент prudat_vag

Основна частина замовлень відділяється часовим інтервалом в 1 секунду для реалізації наступного програмного коду – рисунок 2.29 – елемент d_t.

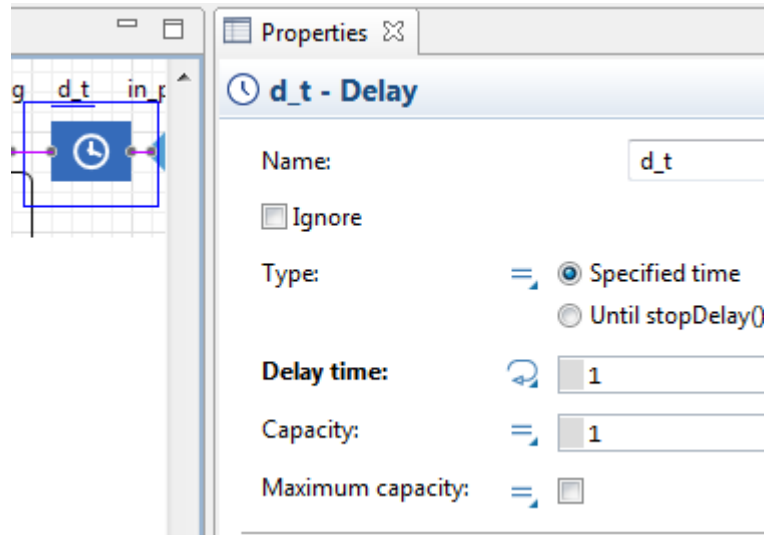


Рисунок 2.29 – Елемент d_t

Розглянемо елемент сортування in_park – рисунок 2.30.

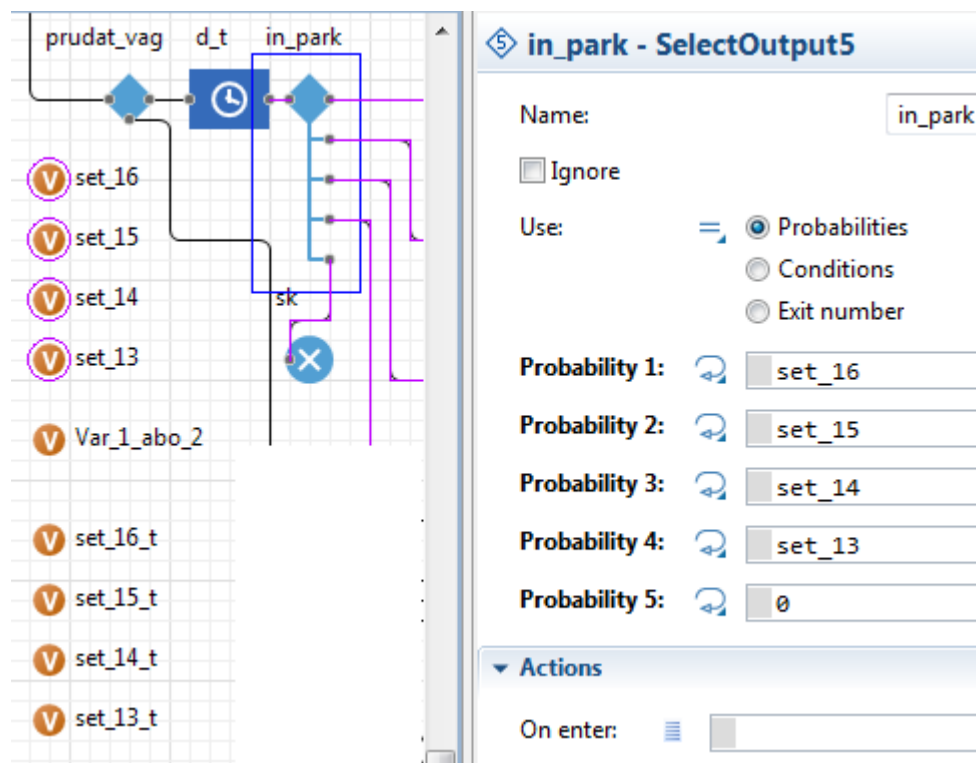


Рисунок 2.30 – Елемент сортування in_park

Цей елемент відповідно до заданих дослідником ймовірностей у змінних set_13 ... set_16, розподіляє замовлення по відповідних чергах (на рисунку 2.31 показаний один з таких елементів - shl_16).

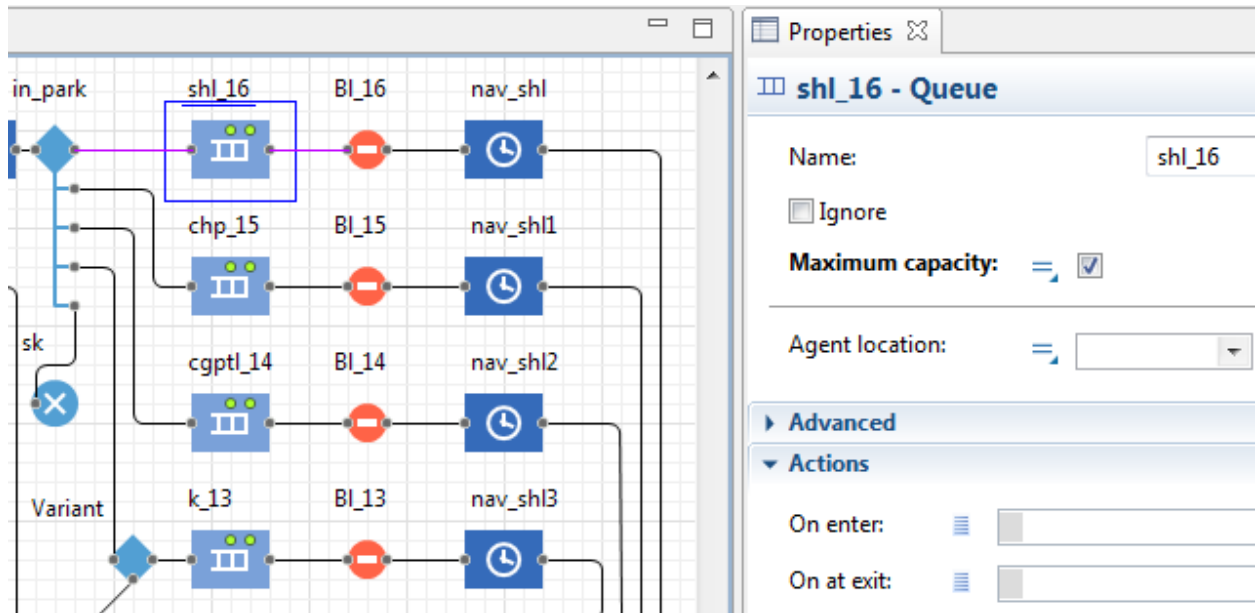


Рисунок 2.31 – Елемент shl_16

Вихід замовлень черг блокують елементи типу Hold (на рисунку 2.32 показаний блокатор Bl_16).

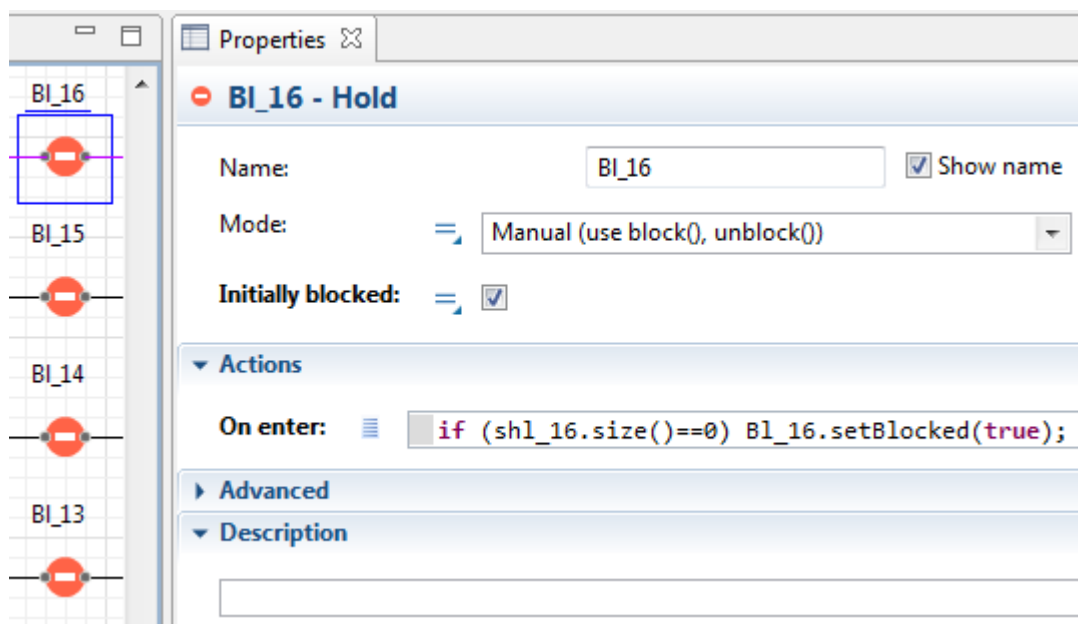


Рисунок 2.32 – Блокатор Bl_16

Розблокування виконується в елементі-події ev_16 (рисунок 2.33).
Якщо всі замовлення з черги вийшли, вона блокується:

```
if (shl_16.size()==0) Bl_16.setBlocked(true);,
```

що показано на рисунку 2.32.

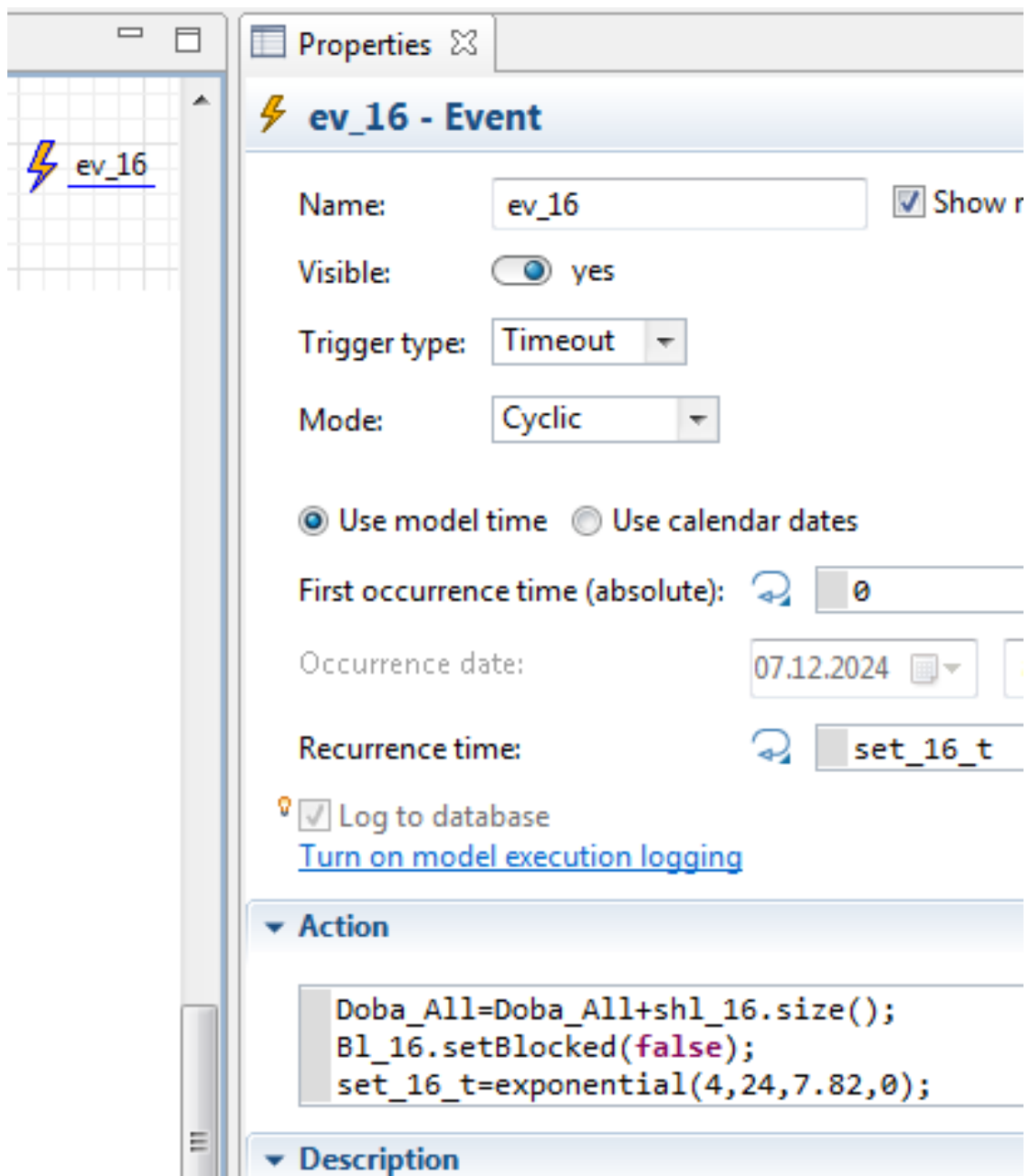


Рисунок 2.33 – Елемент-подія ev_16

Елемент передбачає код:

```
Doba_All=Doba_All+shl_16.size();
Bl_16.setBlocked(false);
set_16_t=exponential(4,24,7.82,0);
```

який за визначенням у розділі 1 дослідження експоненціальним законом розподілу випадкової величини інтервалу подавання вагонів до відповідного цеху генерує його значення. Крім того, фіксується кількість поданих вагонів.

Аналогічно працюють елементи ev_15 (рисунок 2.34, рівномірний закон з параметрами uniform(3.3,15.1)) та ev_14 (рисунок 2.35, рівномірний закон з параметрами set_14_t=uniform(1.2,9)).

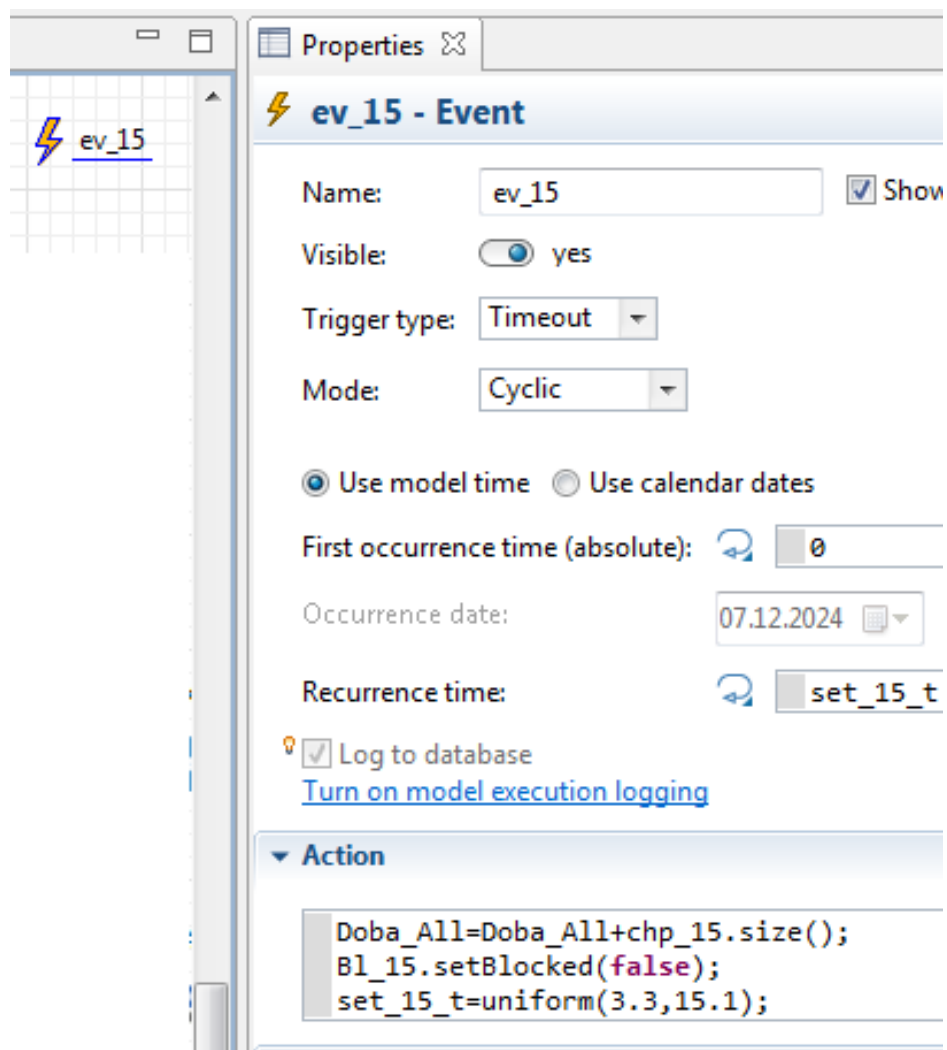


Рисунок 2.34 – Елемент-подія ev_15

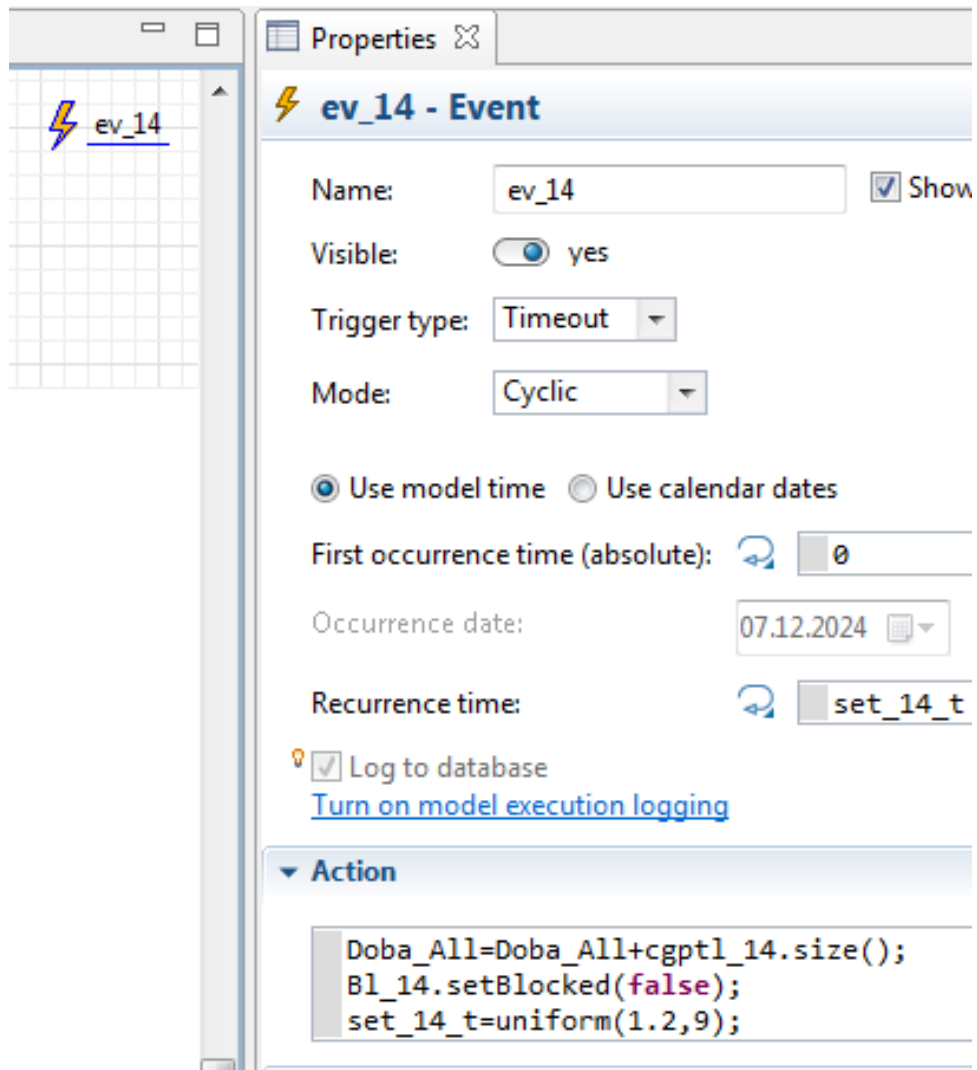


Рисунок 2.35 – Елемент-подія ev_14

Усі замовлення після затримки на час навантаження, потрапляють до елемента накопичення k_12_11_10 – рисунок 2.36, який містить код:

```
if (Max_10_13 < k_12_11_10.size())
    Max_10_13 = k_12_11_10.size();
if (k_12_11_10.size() > 49)
    Bl_17.setBlocked(false);
```

який формує состави розміром 50 вагонів та фіксує наповненість елемента з метою визначення цього максимального значення при моделюванні.

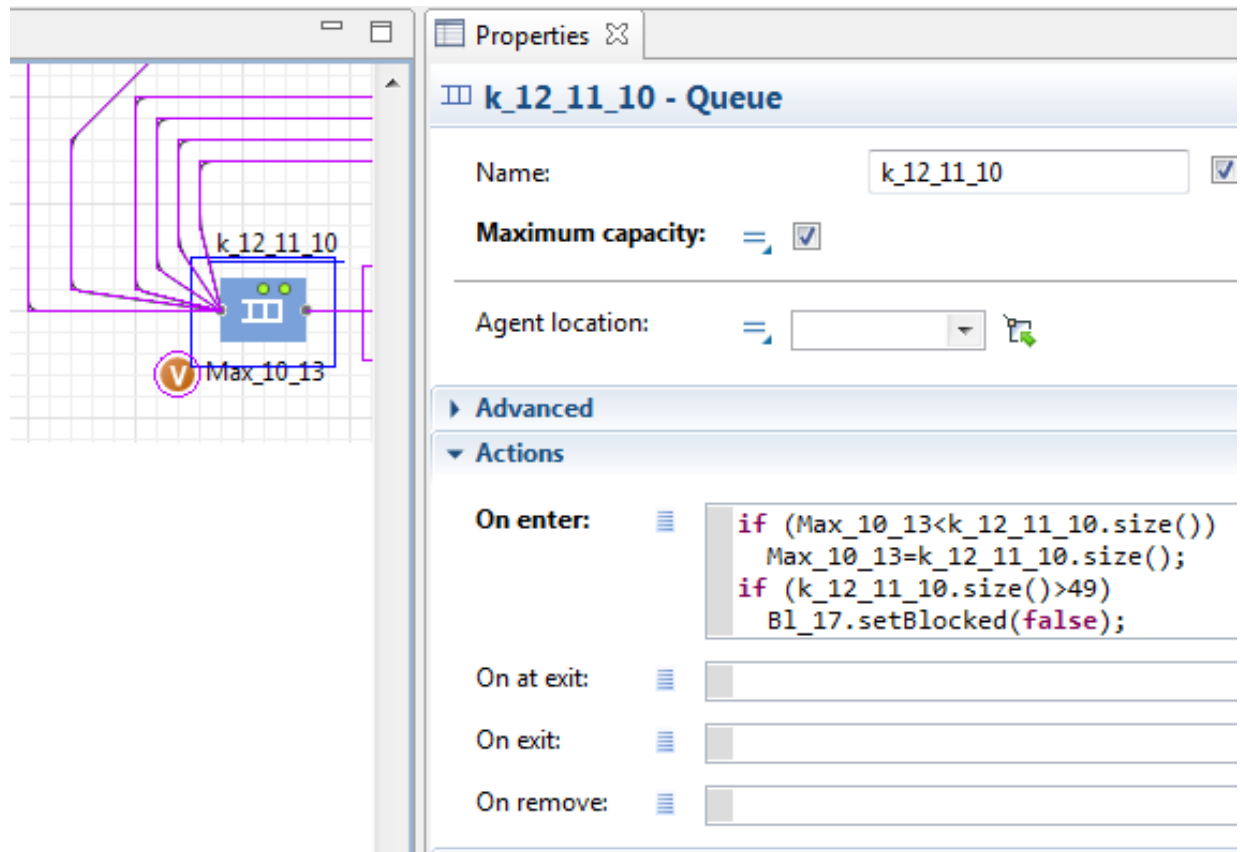


Рисунок 2.36 – Елемент накопичення k_12_11_10

Елемент Bl_17 блокує замовлення після виходу 50 з них – рисунок 2.37.

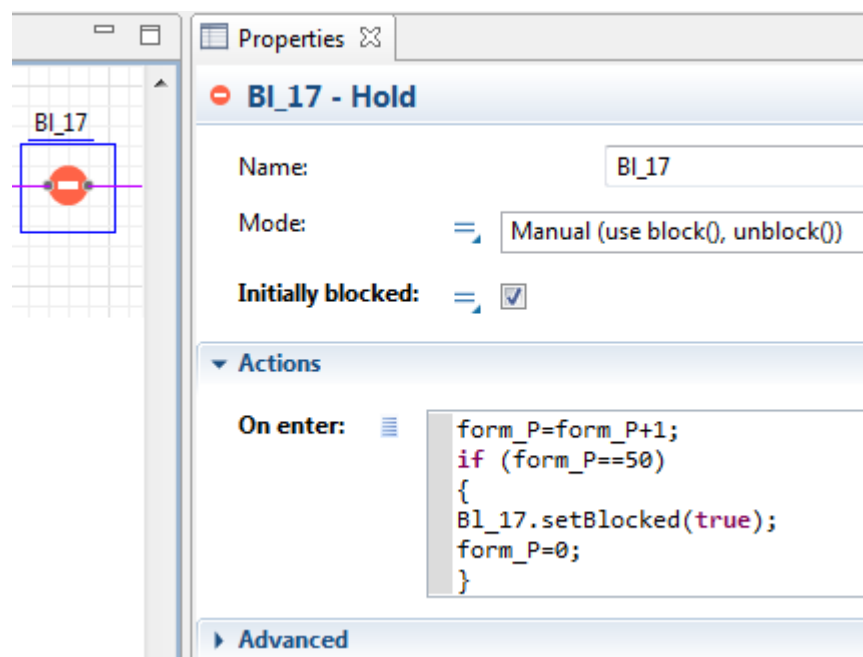


Рисунок 2.37 – Елемент Bl_17

Це реалізується за допомогою коду:

```
form_P=form_P+1;
if (form_P==50)
{
Bl_17.setBlocked(true);
form_P=0;
}
```

Елемент P_out отримує сформований состав – рисунок 2.38.

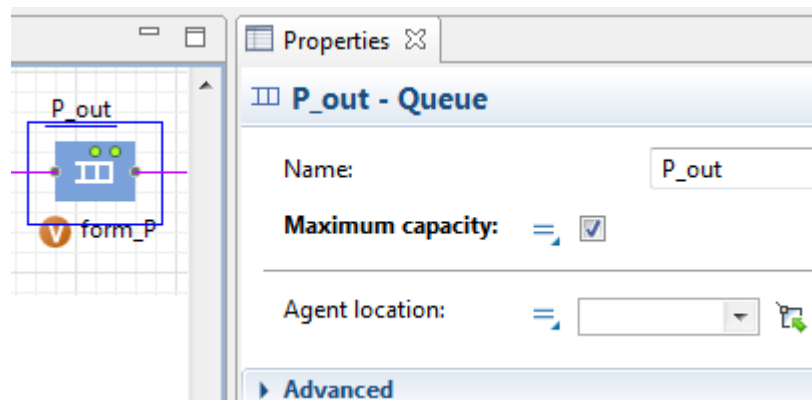


Рисунок 2.38 – Елемент P_out

Елемент time_vag_End фіксує час перебування замовлень під усіма попередніми операціями – рисунок 2.39.

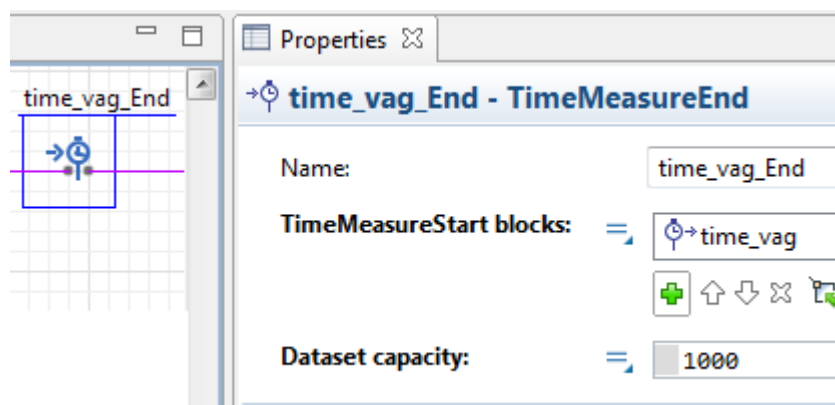


Рисунок 2.39 – Елемент time_vag_End

Останній елемент sink_P_out (рисунок 2.40) знищує замовлення, при виході останнього з 50 – викликає нове замовлення на наступному етапі (програмний код `if (P_out.size()==0) sour_P_out.inject(1);`).

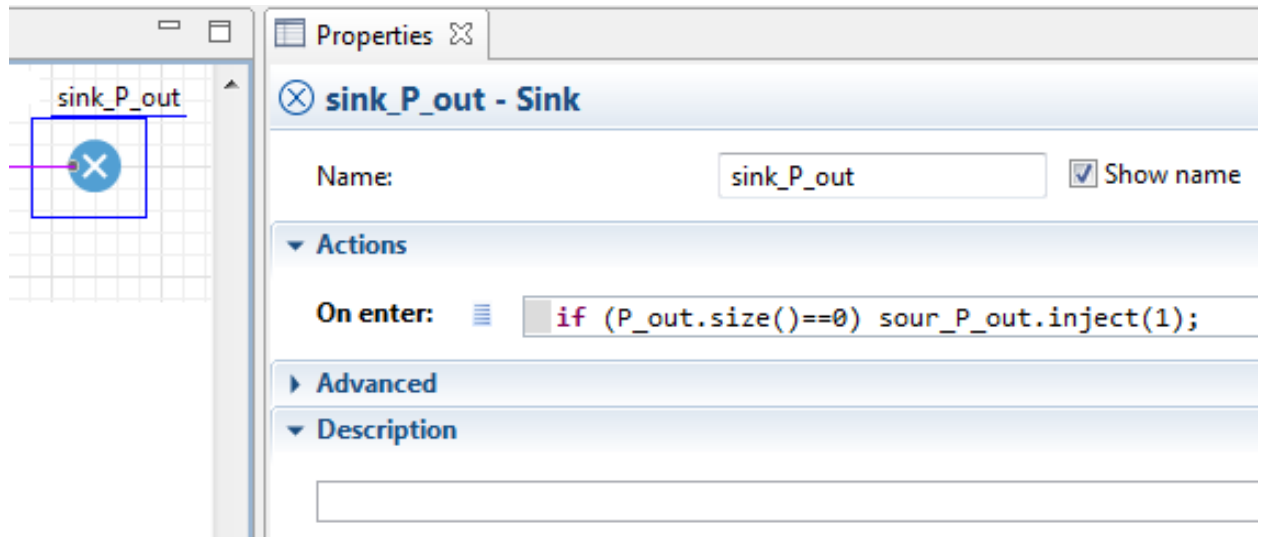


Рисунок 2.40 – Елемент time_vag_End

2.1.5 Етап розробки процесу імітації відправлення поїздів, сформованих у підгірковому парку

Блок імітації відправлення поїздів, сформованих у підгірковому парку виглядає наступним чином – рисунок 2.41.

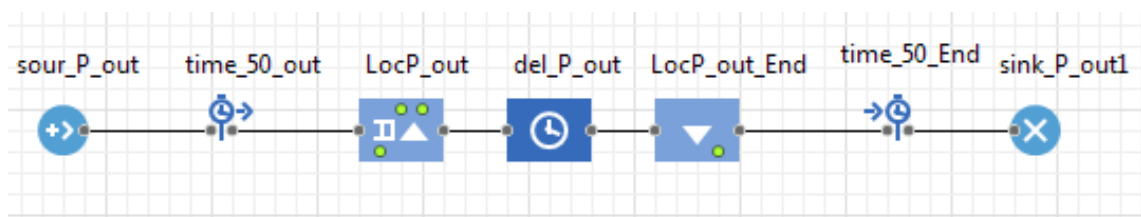


Рисунок 2.41 – Блок імітації відправлення поїздів, сформованих у підгірковому парку

Як пояснено вище, елемент утворення нових замовлень sour_P_out (рисунок 2.42) спрацьовує по закінченню попереднього етапу моделювання.

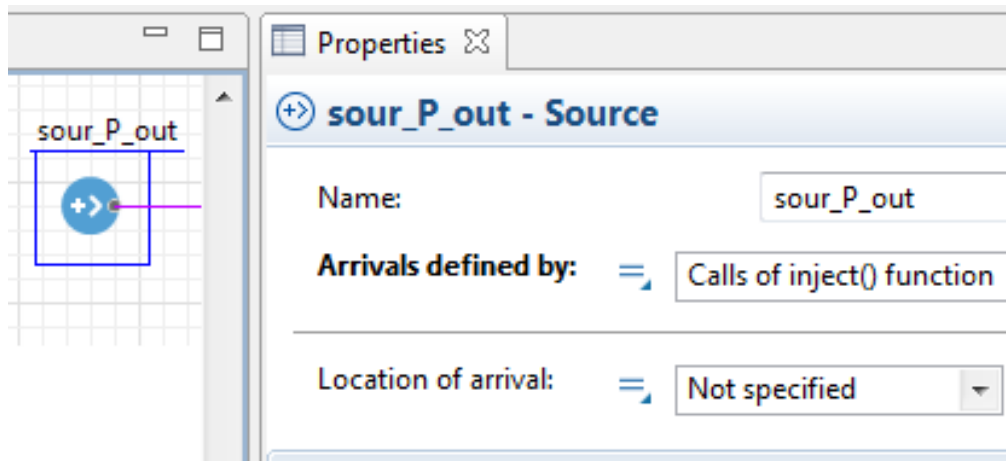


Рисунок 2.42 – Елемент sour_P_out

До замовлення (поїзда, який відправляється) долучається ресурс-локомотив елементом LocP_out – рисунок 2.43 (попередньо фіксується час входження замовлення до елементу time_50_out).

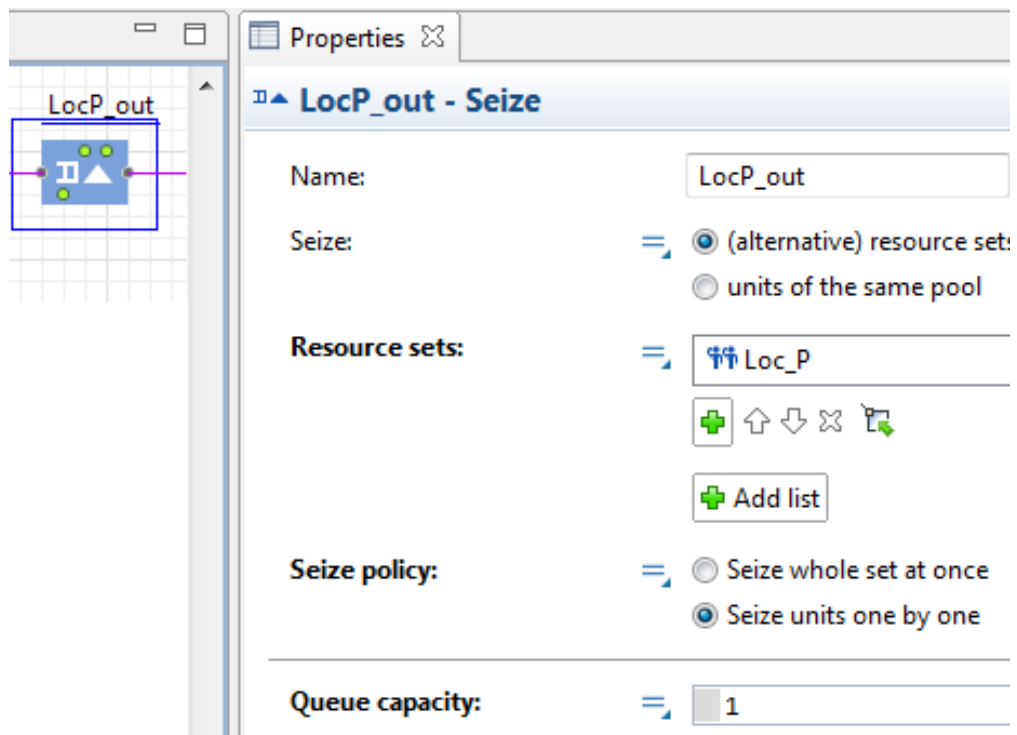


Рисунок 2.43 – Елемент LocP_out

Після затримки на час перевезення до станції Запоріжжя-Ліве елементом `del_P_out`, ресурс-локомотив вивільняється – елемент `LocP_out_End`, рисунок 2.44.

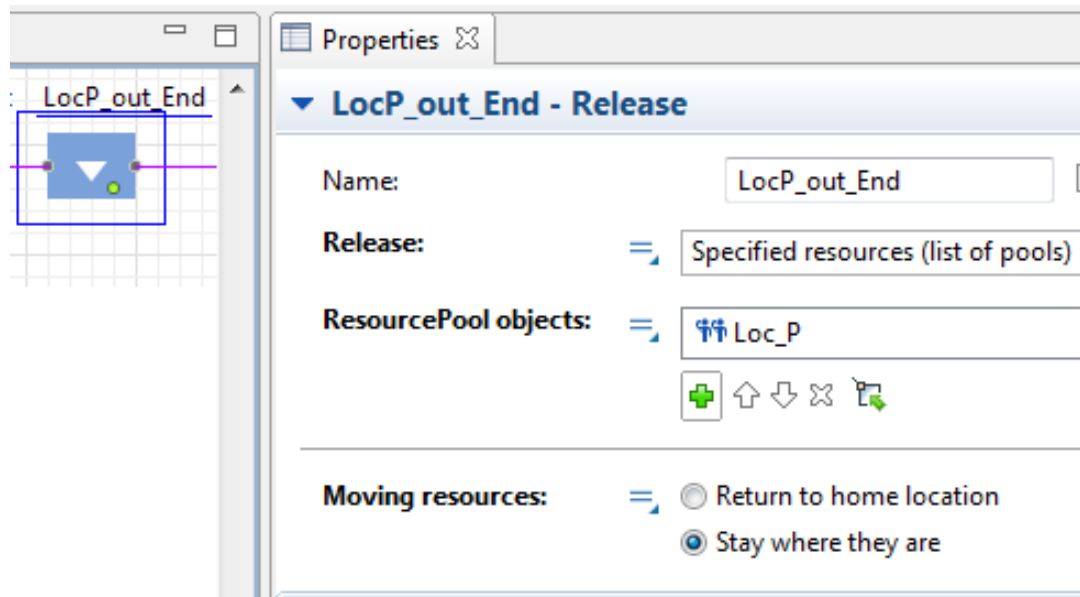


Рисунок 2.44 – Елемент `LocP_out_End`

Фіксується час перед етапом знищення замовлення – елемент `time_50_End` (з параметром початку відліку час від даних елементу `time_50_out`), рисунок 2.45.

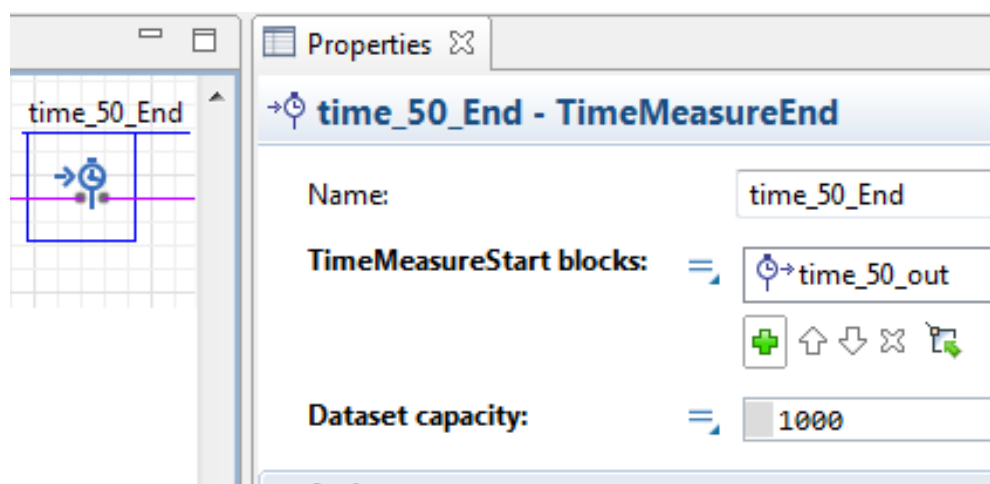


Рисунок 2.45 – Елемент `time_50_End`

Знищення замовлень елементом `sink_P_out1` завершує даний етап.

2.1.6 Етап розробки процесу імітації надолуження порожніх вагонів, у випадку їх нестачі

У випадку нестачі порожніх вагонів для навантаження, вони надолужуються шляхом передавання зі станції Запоріжж-Ліве (парк Б). Прогнозується, що за проектним варіантом, при використанні додаткової колії №13 для накопичення порожніх вагонів, кількість випадків такої потреби скоротиться.

Блок даного етапу представлений на рисунку 2.46.

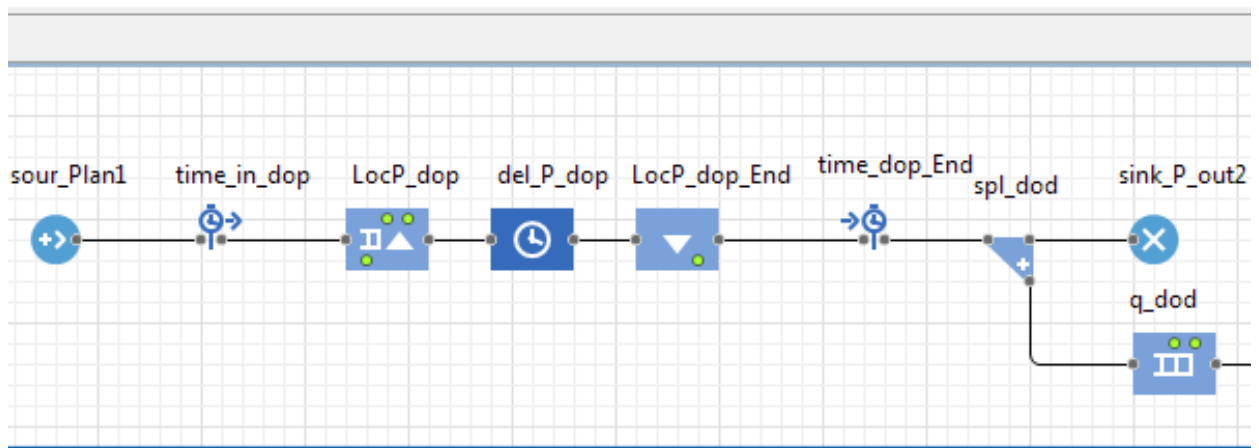


Рисунок 2.46 - Етап розробки процесу імітації надолуження порожніх вагонів, у випадку їх нестачі

Цей блок працює аналогічно блоку, представлено у попередньому пункті (фіксується час передавання составу та використання ресурсу-тепловозу), з відмінністю, яка полягає у тому, що вагони з составу, який прибуває з парку Б Запоріжжя-Лівого, потрапляють до обробки підгірковим парком станції Східної.

Створення потрібної кількості копій замовлень здійснюється елементом `spl_dod` – рисунок 2.47.

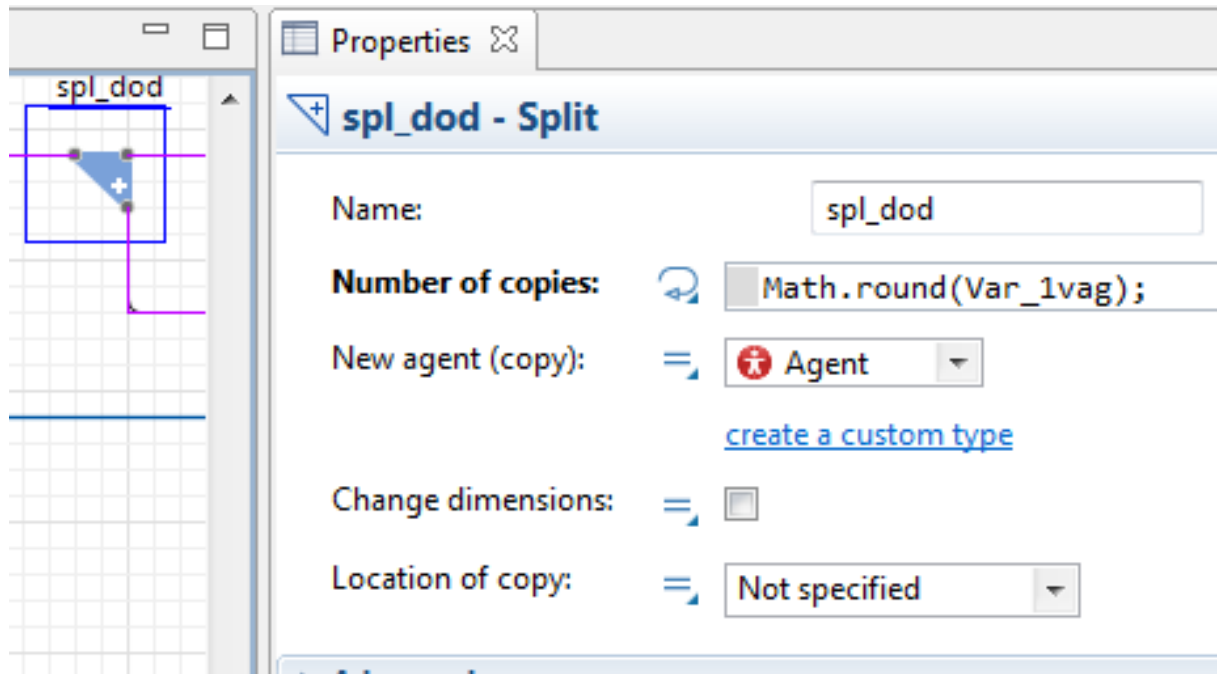


Рисунок 2.47 – Елемент `spl_dod`

Змінна `Var_1vag` (потрібна кількість вагонів) у параметрах `spl_dod` розраховується елементом-подією `Plan_vik`.

Перевірка виконання поточного плану навантаження вагонів на комбінаті в програмі здійснюється кожні 12 годин, перевіряються отримані дані кількості фактично навантажених вагонів із обсягами планового показники.

Якщо план не виконується, значення `Var_1vag` встановлюється у розмірі різниці планового показника за дані 12 годин та його фактичного виконання за цей же період.

У підсумку, програма має вигляд – рисунок 2.48.

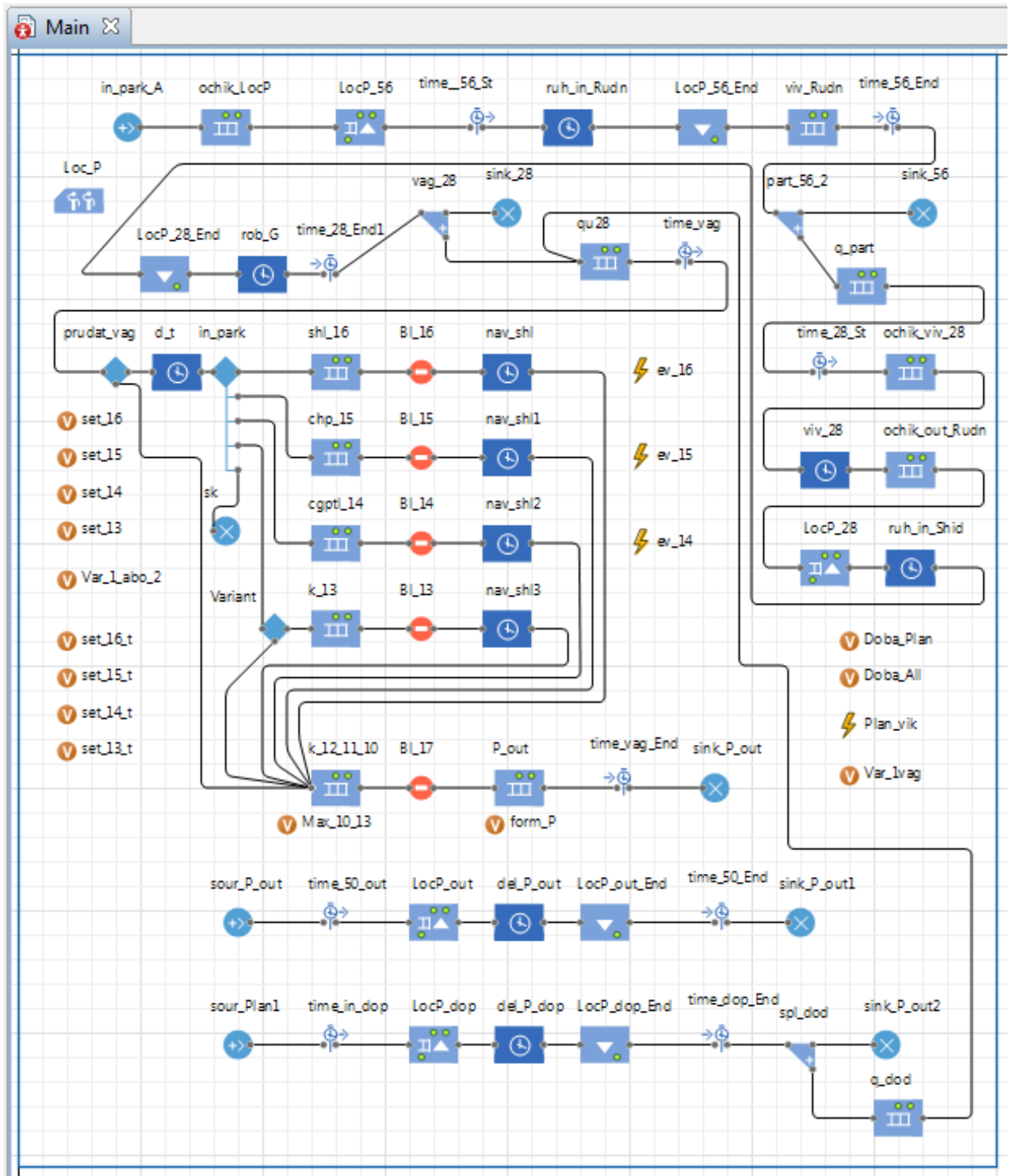


Рисунок 2.48 – Загальний вигляд блоків програми імітації роботи гірки та підгіркового парку станції Східної

2.2 Експерименти на моделі імітації роботи гірки станції Східної

В ході роботи заплановано виконання двох експериментів:

- перший – за існуючим варіантом, коли колія №13 використовується для накопичення завантажених вагонів (рисунок 2.49);
- другий – за проектним варіантом, коли колія №13 використовується для накопичення порожніх вагонів.

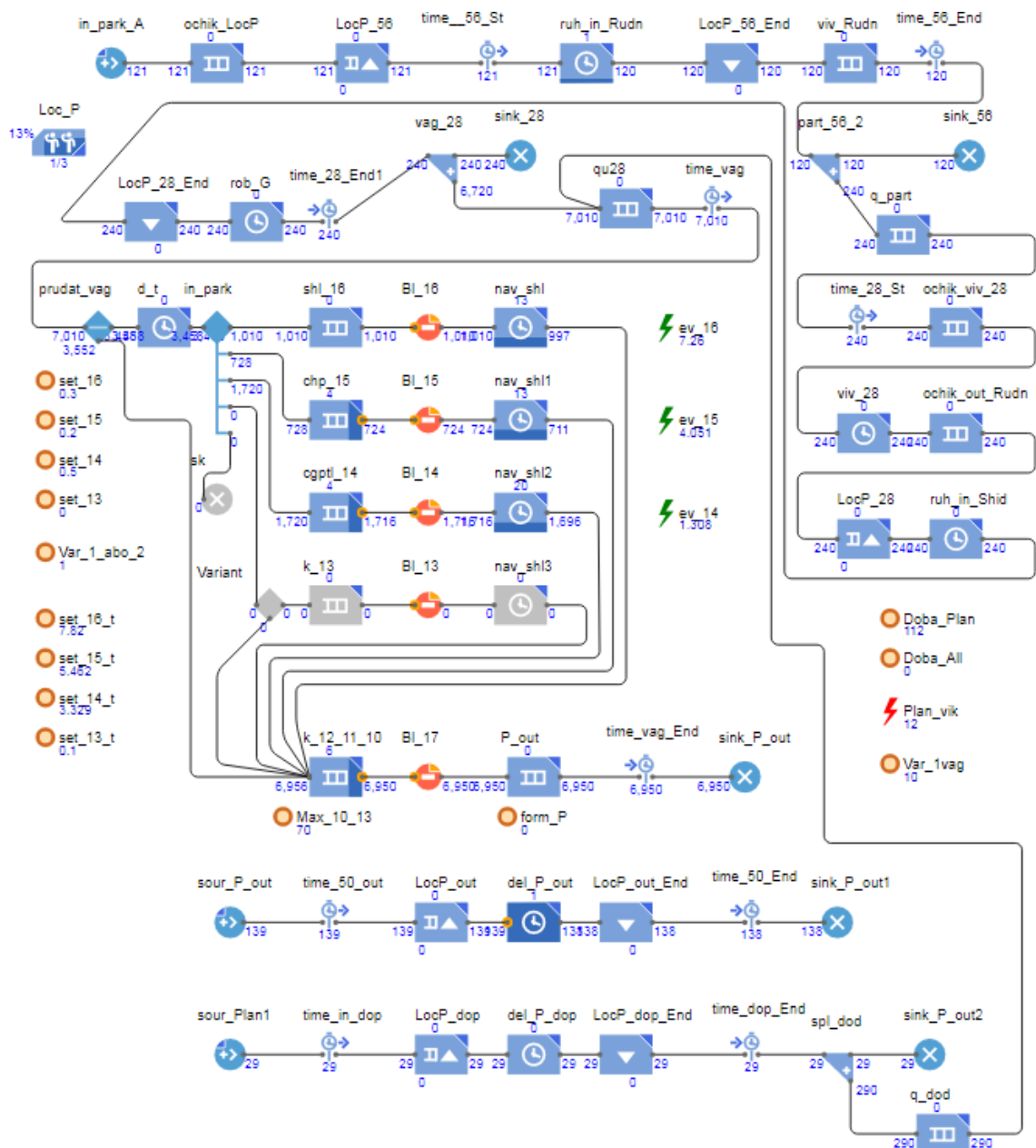


Рисунок 2.49 – Моделювання при використанні колії №13 для накопичення завантажених вагонів

Результати моделювання представлені у таблиці 2.1:

Таблиця 2.1 – Результати моделювання роботи гірки станції Східної за місяць

№ з/п	Показник	Одинці виміру	Значення для існуючого варіанту	Значення для проєктного варіанту
1	Тривалість часу користування вагонами	вагоно-години	84313	82338
2	Частка часу використання поїзних локомотивів (3 тепловози)	-	0,39	0,36
3	Кількість перевезених порожніх вагонів для надолуження їх нестачі на підприємстві	од.	270	0

Трансформуємо технічні показники у економічні за різними варіантами використання гірки.

3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

В магістерській роботі встановлені параметри роботи сортувальної гірки в умовах зменшення обсягів виробництва. Враховується, що зберігається технологія надходження составів з сировиною у складі маршрутних поїздів. Тобто, є можливим вивантаження та отримання значної кількості порожніх вагонів за короткий проміжок часу.

За існуючої технології збереження зайвої кількості порожніх вагонів не передбачено технологічним процесом. Тому розглянуто варіант із використанням колії, яка призначена для накопичення завантажених вагонів для формування поїздів для відправлення, для накопичення порожніх вагонів.

Це дозволяє акумулювати певну кількість вагонів та уникати потреби подавання їх додаткової кількості, у разі нестачі, зі станції примикання.

Для вирішення поставленого в дипломному проєкті завдання порівняння варіантів використання колій підгіркового парку були вирішені наступні задачі:

- розроблено імітаційну модель подачі порожніх вагонів до основних виробничих цехів комбінату «Запоріжсталь», яка враховує обсяг використання поїзних локомотивів та час використання вагонів;
- виконано експерименти з урахуванням різних варіантів технологічного використання колій підгіркового парку в контексті їх спеціалізації;
- отримано результати моделювання у вигляді технічних показників.

На основі отриманих даних показників проведемо відповідні економічні розрахунки за варіантами.

3.1 Вихідні дані для розрахунків економічності різних варіантів роботи гірки станції Східної

Вихідні дані для розрахунків економічності різних варіантів роботи гірки станції Східної представлені у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Вихідні дані для розрахунків показників економічності різних варіантів роботи гірки станції Східної

№ з/п	Показник	Одинці виміру	Існуючий варіант, за місяць	Проектний варіант, за місяць	Вартість одиниці виміру техн. показника
1	Тривалість часу користування вагонами	вагоно-години	84313	82338	58,33 грн/ваг.-год.
2	Частка часу використання поїзних локомотивів (3 тепловози)	лок.-год.	0,39	0,36	1265 грн/лок.-год.

Кінець таблиці 3.1

№ з/п	Показник	Одинці виміру	Існуючий варіант, за місяць	Проектний варіант, за місяць	Вартість одиниці виміру техн. показника
3	Кількість перевезених порожніх вагонів для надолуження їх нестачі на комбінаті	од.	270	0	704 грн/ваг

3.2 Визначення методики розрахунку ефективності варіантів роботи гірки станції Східної при скороченні обсягів виробництва

Загальні витрати $\Gamma_{\text{заг}_i}$ [8-10] для порівняння варіантів роботи гірки станції Східної при скороченні обсягів виробництва визначимо за формулою:

$$\Gamma_{\text{заг}_i} = \Gamma_{\text{ваг}_i} + \Gamma_{\text{тепл}_i} + \Gamma_{\text{под}_i}, \quad (3.1)$$

де $\Gamma_{\text{ваг}_i}$ – витрати за користування вагонами відповідно до часу знаходження у системі, яка аналізується, грн;

$\Gamma_{\text{тепл}_i}$ – витрати на експлуатацію поїзних локомотивів відповідно до частки їх використання на роботах у системі, яка аналізується, грн;

$\Gamma_{\text{под}_i}$ – витрати на перевезення порожніх вагонів для надолуження їх нестачі на комбінаті, грн.

Витрати $\Gamma_{\text{ваг}_i}$ за користування вагонами відповідно до часу знаходження у системі, яка аналізується, встановимо за формулою:

$$\Gamma_{\text{ваг}_i} = 12 T_{\text{г}_i} C_{\text{гваг}}, \quad (3.2)$$

де $T_{\text{г}_i}$ – тривалість простою вагонів за місяць, год.;

$C_{\text{гваг}}$ – середній розмір плати за користування вагонами, грн/год.

Витрати $\Gamma_{\text{тепл}_i}$ на експлуатацію поїзних локомотивів відповідно до частки їх використання на роботах у системі, яка аналізується, встановимо за формулою:

$$\Gamma_{\text{тепл}_i} = 8760 \chi_{\text{тепл}_i} K_{\text{лг}} C_{\text{лг}}, \quad (3.3)$$

де $\chi_{\text{тепл}_i}$ – частка використання тепловозів на роботі у системі, яка аналізується, за варіантами;

$K_{\text{лг}}$ – кількість тепловозів, од.;

$C_{\text{лг}}$ – ставка за експлуатацію тепловозів, грн/лок.-год.

Витрати $\Gamma_{\text{под}_i}$ на перевезення порожніх вагонів для надолуження їх нестачі на комбінаті встановимо за формулою:

$$\Gamma_{\text{под}_i} = 12 K_{\text{под}_i} C_{\text{под}}, \quad (3.4)$$

де $K_{\text{под}_i}$ – кількість перевезених порожніх вагонів для надолуження їх нестачі на комбінаті, за місяць, ваг.;

$C_{\text{под}}$ – вартість робіт з організації доставки порожніх вагонів, грн/ваг.

Перейдемо до розрахунку показників ефективності варіантів роботи гірки станції Східної при скороченні обсягів виробництва.

3.3 Визначення ефективності існуючого варіанту роботи гірки станції Східної при скороченні обсягів виробництва

Витрати $\Gamma_{\text{ваг}_1}$ за користування вагонами на підприємстві «Запоріжсталь» відповідно до часу знаходження у системі, яка аналізується, за формулою (3.2) становлять:

$$\Gamma_{\text{ваг}_1} = 12 \cdot 84313 \cdot 58,33 = 59015727,48 \text{ грн.}$$

Витрати $\Gamma_{\text{тепл}_1}$ на експлуатацію поїзних локомотивів відповідно до частки їх використання на роботах у системі, яка аналізується, за формулою (3.3) становлять:

$$\Gamma_{\text{тепл}_1} = 8760 \cdot 3 \cdot 0,39 \cdot 1265 = 12965238 \text{ грн.}$$

Витрати $\Gamma_{\text{под}_1}$ на перевезення порожніх вагонів для надолуження їх нестачі на комбінаті за формулою (3.4) становлять:

$$\Gamma_{\text{под}_1} = 12 \cdot 270 \cdot 704 = 2280960 \text{ грн.}$$

Загальні витрати $\Gamma_{\text{заг_1}}$ роботи гірки залізничної станції Східної при скороченні обсягів виробництва за існуючим варіантом за формулою становлять (3.1):

$$\begin{aligned}\Gamma_{\text{заг_1}} &= 59015727,48 + 12965238 + 2280960 = 74261925,48 \text{ грн} = \\ &= 74,262 \text{ млн грн.}\end{aligned}$$

3.4 Визначення ефективності проєктного варіанту роботи гірки станції Східної при скороченні обсягів виробництва

Витрати $\Gamma_{\text{ваг_2}}$ за користування вагонами на підприємстві «Запоріжсталь» відповідно до часу знаходження у системі, яка аналізується, за формулою (3.2) становлять:

$$\Gamma_{\text{ваг_2}} = 12 \cdot 82338 \cdot 58,33 = 57633306,48 \text{ грн.}$$

Витрати $\Gamma_{\text{тепл_2}}$ на експлуатацію поїзних локомотивів відповідно до частки їх використання на роботах у системі, яка аналізується, за формулою (3.3) становлять:

$$\Gamma_{\text{тепл_2}} = 8760 \cdot 3 \cdot 0,36 \cdot 1265 = 11967912 \text{ грн.}$$

Витрати $\Gamma_{\text{под_2}}$ на перевезення порожніх вагонів для надолуження їх нестачі на комбінаті за формулою (3.4) становлять:

$$\Gamma_{\text{под_2}} = 12 \cdot 0 \cdot 704 = 0 \text{ грн.}$$

Загальні витрати $\Gamma_{\text{заг}_2}$ роботи гірки залізничної станції Східної при скороченні обсягів виробництва за проєктним варіантом за формулою становлять (3.1):

$$\Gamma_{\text{заг}_2} = 57633306,48 + 11967912 + 0 = 69601218,48 = \\ = 69,601 \text{ млн грн.}$$

Економія експлуатаційних витрат становить:

$$E_{\Gamma} = \Gamma_{\text{заг}_1} - \Gamma_{\text{заг}_2} = 74261925,48 - 69601218,48 = 4660707 \text{ грн} = \\ = 4,661 \text{ млн грн за рахунок організаційних рішень.}$$

Результати порівняння варіантів роботи гірки станції Східної при скороченні обсягів виробництва наведені у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Результати порівняння варіантів роботи гірки станції Східної при скороченні обсягів виробництва, млн грн/рік

Номер з/п	Економічний показник	Існуючий варіант 1	Проєктний варіант 2	Економія (1) - (2), грн
1	Витрати за користування вагонами відповідно до часу знаходження у системі, яка аналізується	59,016	57,633	1,383

Кінець таблиці 3.2

Номер з/п	Економічний показник	Існуючий варіант 1	Проектний варіант 2	Економія (1) - (2), грн
2	Витрати на експлуатацію поїзних локомотивів відповідно до частки їх використання на роботах у системі, яка аналізується	12,965	11,968	0,997
3	Витрати на перевезення порожніх вагонів для надолуження їх нестачі на комбінаті	2,281	0	2,281
4	Загальні витрати	74,262	69,601	4,661

Відповідно виконаного економічного аналізу порівняння варіантів роботи гірки станції Східної при скороченні обсягів виробництва проєктний є більш ефективним.

Економічний ефект становить 4,661 млн грн на рік.

Головною складовою ефективності є час простою вагонів за рахунок раціонального використання колій підгіркового парку.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В розділі дипломного проекту «Дослідження ефективності технології використання гіркового парку в умовах зменшення обсягів виробництва на ПАТ «Запоріжсталь» розглянутий аналіз потенційних небезпек, що можуть підстерігати дослідника та робітників. Розробляються заходи по їх усуненню на основі рекомендацій [11,12].

Вантажний фронт – це залізничний шлях, який служить для одночасного розвантаження чи навантаження декілька вагонів. Тому нижче розглядається небезпека при цих роботах.

А також було проведено дослідження важкості та напруженості праці при роботі на комп'ютері. Дослідження довели, що якщо параметри навколишнього середовища не відповідають нормативним значенням, то треба визначитися з надбавками для робітників.

4.1. Аналіз потенційних небезпек

Основними потенційними небезпеками є:

- при обробці вагонопотоків можливі наїзди залізничним транспортом на робітників та дослідника у разі неузгодження дій складачів поїздів з головним диспетчером та при самовільному русі вагонів;

- зіткнення рухомого складу на станційних коліях при маневрових пересуваннях через відсутність злагоджених дій керівника маневрів та машиніста маневрового локомотиву призводять аварії;

-не достатнє освітлення ділянки, де відбувається вивантаження на накопичувальному майданчику чи до іншого транспорту вантажу, призводить до не вірного розвантаження, спричиняє виникнення несприятливих ситуацій наїзд вагонів на робітників та інше;

-при розвантаженні сипучого вантажу з залізничних платформ кранами можливо розсипання його, що призводить до травмування робітників. Пил такого вантажу також діє на дихальні шляхи робітників;

-можливе ураження робітників струмом від не ізольованих та пошкоджених кабелів крану, що може призвести до електричних травм;

-інші небезпеки, які можуть привезти до травмування показані в Додатку А.

Заходи з їх усунення зображені в Додатку Б.

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

4.2 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях

4.2.1 Заходи з пожежної безпеки

Для попередження займання ізоляції на станції необхідно захистити електропроводку від пошкодження, розмістивши її в жолоба, відповідно вимогам ДСТУ 7237:2011 «Система стандартів безпеки праці. Електробезпека». На станції клас можливої пожежі буде визначено як «А», а категорія по пожежній безпеці – до «Г». Площа станції складає близько 1850 кв.м. Згідно НАПБ 03.001-2004 «Типові норми належності вогнегасників» обираються 7 порошкових вогнегасників ВП-8. Первинні засоби пожежогасіння розташовуються на пожежних щитах.

4.2.2 Заходи з цивільного захисту

Попередження виникнення надзвичайних ситуацій техногенного походження і впровадження заходів для зменшення збитків і втрат у випадку аварій, катастроф, вибухів, великих пожеж і стихійного лиха.

З метою виконання завдання:

- вчасно розробляються і проводяться інженерно-технічні заходи щодо зменшення ризику виникнення надзвичайних ситуацій і захисту населення від впливу їх наслідків;
- готується науково обоснований прогноз наслідків можливих надзвичайних ситуацій;
- здійснюється безупинне спостереження за станом потенційно небезпечних об'єктів і навколишнього середовища;
- підтримуються в готовності до негайного використання засоби оповіщення й інформаційного забезпечення населення, створюються локальні системи виявлення місць зараження і локальні системи оповіщення;
- створюються спеціалізовані формування і здійснюється їх підготовка до дій за призначенням;
- здійснюється забезпечення працівників підприємств, установ, організацій індивідуальними засобами захисту, а також ведеться будівництво захисних споруд відповідно до норм і правил інженерно-технічних заходів Цивільної оборони.

Організація і проведення рятувальних та інших невідкладних робіт у районах лих і місцях ураження полягає у виконанні заходів, передбачених чинним законодавством з питань ліквідації наслідків стихійних лих, аварій і катастроф, епідемій, епізоотії, що загрожують життю і здоров'ю населення, а також у випадках:

- розвідування вогнищ ураження і визначення їх меж;
- проведення робіт, пов'язаних з пошуком і порятунком людей;
- надання допомоги потерпілим;
- евакуація населення з небезпечних районів;
- ізоляції вогнищ ураження;
- забезпечення суспільного порядку в районах лих і у вогнищах ураження;
- здійснення заходів життєзабезпечення населення;

Організатором діяльності цих систем є постійно діючі органи управління зі справ Цивільної оборони, у тому числі створені в складі підприємств, установ та організацій силами і службами Цивільної оборони.

ВИСНОВКИ

В магістерській роботі розглянуто транспортну систему підгіркового парку станції Східної підприємства ПАТ «Запоріжсталь».

В ході аналітичного аналізу встановлені параметри роботи сортувальної гірки в умовах зменшення обсягів виробництва через військове вторгнення в нашу країну. При цьому враховано збереження технології надходження составів з основної сировиною у складі маршрутних поїздів, яка передбачає вивантаження та отримання значної кількості порожніх вагонів за короткий проміжок часу.

За існуючої технології, для збереження зайвої кількості порожніх вагонів не передбачено виділення окремих колій. Тому було запропонованим варіант із використанням колії, яка за спеціалізацією призначена для накопичення завантажених вагонів для формування поїздів на станцію Запоріжжя-Ліве, для накопичення порожніх вагонів.

Це дозволяє акумулювати певну кількість вагонів та уникнути потреби подавання їх, у разі нестачі, зі станції примикання.

Для вирішення поставленого завдання було вирішено поставлені в роботі задачі:

- розроблено імітаційну модель подачі порожніх вагонів до основних виробничих цехів підприємства, яка враховує обсяг використання поїзних локомотивів та час використання вагонів;
- виконано експерименти з урахуванням різних варіантів використання колій підгіркового парку в розрізі спеціалізації;
- виконано економічні розрахунки для оцінки ефективності проєктного рішення.
-

Відповідно виконаного економічного аналізу порівняння варіантів роботи гірки станції Східної при скороченні обсягів виробництва проєктний виявився більш ефективним - економічний ефект становив 4,661 млн грн на рік, за рахунок скорочення часу користування вагонами, зменшення потрібної кількості порожніх вагонів для надолуження їх нестачі на комбінаті та експлуатацію поїзних локомотивів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Офіційний сайт ПАТ «Запоріжсталь»: «Про підприємство». URL : <https://zaporizhstal.com/> (дата звернення: 11.10.2024).
2. GMK CENTER : «Запоріжсталь». URL : <https://gmk.center/ua/manufacturer/zaporizhstal/> (дата звернення: 12.11.2024).
3. ЄТП станції примикання Запоріжжя-Ліве та під'їзної колії ПАТ металургійний комбінат «Запоріжсталь». – Запоріжжя: ПАТ «Запоріжсталь», 2021. – 180 с.
4. Технічно-розпорядчий акт станції Східна. – Запоріжжя: ПАТ «Запоріжсталь», 2021. – 54с.
5. Міжцехова інструкція по взаємодії працівників ЦГПТЛ, ЦХП-1, ЦХП-3, ЦПВ, ЦШП, РБЦ, ТЕЦ, Обтискного цеху, складів УКБа, ЗМК, ЦРРС и ЦПУіРК Управління залізничного транспорту, ділянки вивантаження і очищення ЦЕ УЗТ з працівниками станції Східна ЦЕ УЗТ при обслуговуванні залізничними перевезеннями. – Запоріжжя: ПАТ «Запоріжсталь», 2021. – 57с.
6. Лащених О.А. Імовірнісні і статистико-експериментальні методи аналізу транспортних процесів і систем / О.А.Лащених, О.Ф.Кузькін, С.В.Грицай. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2011. – 420 с.
7. Турпак, С. М. Логістичні системи управління залізничним транспортом металургійних підприємств [Текст]: монографія / С. М. Турпак. – Херсон : Грін Д. С., 2015. – 264 с.
8. Економіка залізничного транспорту [Текст]: підручник / за ред. Ю. В. Кулаєва, Ю. С. Бараша, М. В. Гненного; Дніпропетр. національний університет залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна. - Дніпропетровськ, 2014. - 480 с.

9. Методичні вказівки до економічної частини дипломного проекту для студентів денної і заочної форми навчання спеціальності 275 «Транспортні технології (за видами)» / Укл. Кузькін О.Ф., Харченко Т.В., Васильєва Л.О., Лебідь Г.О. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2021. – 34 с.

10. Колосок В.М. Економіка транспортних підприємств [Текст]: підручник. ПДТУ, 2016. – 186

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

12. Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу. [На заміну ГН 3.3.5-8.6.6.1-2002 ; чинний від 2014-05-30]. К. : МОЗ України, 2014. 37 с. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0472-14>. (Державні санітарні норми та правила)

ДОДАТОК А

АНАЛІЗ ДОДАТКОВИХ ПОТЕНЦІЙНИХ НЕБЕЗПЕК

Додаткові потенційні небезпеки:

-зіткнення рухомого складу на станційних коліях при маневрових пересуваннях через відсутність злагоджених дій керівника маневрів та машиніста маневрового локомотиву призводять аварії;

-небезпека виникнення пожежі на локомотиві, пов'язана з пошкодженням паливної апаратури або електричного обладнання, а також з неналежним їх обслуговуванням;

-наїзди залізничним транспортом на робітників та дослідника у разі неузгодження дій складачів поїздів з головним диспетчером та при самовільному русі вагонів;

-при пошкодженні кабелів крану можливо ураження електричним струмом, що може призвести до електричних травм;

-не достатнє освітлення ділянки сортувальної станції, де відбувається збирання составів, спричиняє виникнення несприятливих ситуацій наїзд вагонів на робітників та інше;

-у холодну пору можливо переохолодження робітників та дослідника, що призведе до простудних захворювань. В теплу пору може відбутися перегрів організму і як наслідок тепловий удар;

-травмування регулювальників швидкості під час укладання гальмівних башмаків при сортуванні вагонів на гирці малої потужності;

-наїзд рухомого складу на працівників станції при проході територією станції до місця роботи;

-при обробці статистичних даних на комп'ютері можливо виникнення шкідливих факторів санітарно-гігієнічного характеру такі як не задовільнено освітлення, порушення норм мікроклімату, підвищений шум та інше, що може визивати важкість та напруженість праці.

ДОДАТОК Б

ЗАХОДИ ПО ЗАБЕЗПЕЧЕННЮ БЕЗПЕКИ

Для запобігання ураження електричним струмом необхідно перед початком робіт ретельно перевіряти електричні кабелі кранів на стан пошкодження. В випадку пошкодження, негайно викликати службу по їх ремонту. ДСТУ 7237:2011 «Система стандартів безпеки праці. Електробезпека» Для попередження наїзду на працівників станції при проході територією станції до місця роботи, необхідно дотримуватися вимог НПАОП 63.21-1.12007 «Правила безпеки праці для працівників залізничних станцій і вокзалів». Пересуватися по території станції дозволяється тільки службовими маршрутами.

Проходити вздовж колій дозволяється тільки по узбіччю або посеред міжколій. Переходити колії дозволяється тільки під прямим кутом, попередньо переконавшись у відсутності рухомого складу, що рухається до місця переходу.

З метою уникнення випадків травмування регулювальників швидкості під час укладання гальмівних башмаків відповідно НПАОП 63.21-1.12-07 «Правила безпеки праці для працівників залізничних станцій і вокзалів» укладання башмаків виконуються завчасно. Після укладання башмака працівник повинен відійти убік від колії на відстань 2 м від головки ближньої рейки.

Для попередження переохолодження робітників необхідно забезпечити їх теплим одягом. А в теплу пору від перегріву – легкий одяг та мінеральну воду відповідно ДСТУ 7339:2011 «Системи стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту».

Для забезпечення нормативного рівня освітленості на майданчику навантаження передбачено обладнання освітленості в розмірі 30 лк

відповідно ДБН В.2-5-28-2018 «Природне та штучне освітлення. Робоче освітлення розміщено на щоглах поза зоною майданчика. Для освітлення застосовуються прожектори типу ПЗС-35 з газорозрядними лампами ДРЛ-700.

ДОДАТОК В

ЗАХОДИ З ВИРОБНИЧОЇ САНІТАРІЇ ТА ГІГІЄНИ ПРАЦІ

При роботі на ПК, на дослідника можуть діяти шкідливі фактори. Для цього заміряємо ці фактори й занесемо їх в таблицю до стовпчиків 1, 2, 3, таблиці «Результати оцінювання за бальною шкалою».

Відповідно до додатків методичних вказівок [11], за витратами енергії, визначаємо категорію робіт для дослідника лабораторії обладнаної ПК. Умови праці, за витратами енергії, не перевищують 140 Вт (90-120 ккал/год.) та повинні відповідати легким фізичним роботам – категорії 2а.

З додатків [11], відповідно до категорії робіт 2а, розряду зорових робіт Б-2 та виявлених показників умов та напруженості праці, визначаємо ГДК (ГДР) виявлених факторів і показників та вносимо їх значення до стовпчика 4, таблиці В.1 «Результати оцінювання за бальною шкалою».

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 , °C	29	10	22,0-25,1	4	3.4	4
Освітленість приміщення E , лк	150	9	200	—	3.1	1
Розряд і підрозряд зорових робіт, $Z_{ор}$	Б-2	—	—	—	—	—
Рівень шуму L , дБА	109	6	80	—	3.4	3,00
Загальні енергозатрати організму, Вт	340	6	290	0,88	3.3	3
Стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук)	61000	6	40000	1,14		
Тривалість зосередження уваги (в % від часу зміни)	80	6	75	0,80		
Тривалість робочого дня, год.	9	9	8	0,19		

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 [11]. Розрахунковий коефіцієнт $X_{визн}$ при оцінка мікроклімату визначаємо в балах, за формулою 7.1:

$$X_{визн} = \frac{1 \cdot t_1 + 2 \cdot t_2 + 3 \cdot t_3 + 4 \cdot t_4}{T} = \frac{4 \cdot 10}{10} = 4$$

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, $K_{знач} = 1,0$

$$X_{визн} = \frac{P_{вум} \cdot T \cdot K_{знач}}{8 \cdot P_{доп}} = \frac{340 \cdot 6 \cdot 1,0}{8 \cdot 290} = 0,88;$$

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

$$X_{визн} = \frac{P_{вум} \cdot T \cdot K_{знач}}{8 \cdot P_{доп}} = \frac{61000 \cdot 6 \cdot 1,0}{8 \cdot 40000} = 1,14;$$

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

$$X_{визн} = \frac{P_{вум} \cdot T \cdot K_{знач}}{8 \cdot P_{доп}} = \frac{80 \cdot 6 \cdot 1,0}{8 \cdot 75} = 0,80;$$

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

$$X_{визн} = \frac{P_{вим} \cdot T \cdot K_{знач}}{8 \cdot P_{доп}} = \frac{9 \cdot 9 \cdot 0,15}{8 \cdot 8} = 0,19;$$

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 [11] – 3 клас, 4 ступінь (3.4);

- при оцінці освітленості робочої зони приміщення, клас та ступінь шкідливості умов праці визначаємо у відповідності до $P_{вим} = 150$ лк, за додатками Г та табл. Г.1 [11] – 3 клас, 1 ступінь (3.1);

- для гігієнічної оцінки рівня шуму, клас та ступінь шкідливості умов праці визначаємо у відповідності до виміряного значення рівня шуму $P_{вим} = 109$ дБА, за додатками Д та табл. Д.1 [11] – 3 клас, 4 ступінь (3.4);

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

$$X_{сум} = \sum_{i=1}^n X_i = 0,88 + 1,14 + 0,80 + 0,19 = 3,01$$

З таблиці 7.3 [11] за значенням суми розрахованих балів показників $X_{сум} = 3,01$ – 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, 4 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 9 годин, тому коректування не потрібно – $X_{cm} = X_i = 1$;

- для оцінки впливу шуму, виходимо з того, що його рівень відповідає 3 класу, 4 ступеню умов праці та діє протягом 6 годин, тому значення X_i визначаємо за формулою 7.4 [11]:

$$X_i = X_{cm} \cdot \frac{T}{8} = 1 \cdot \frac{4 \cdot 6}{8} = 3,00$$

- 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 [11]:

$$X_{факт} = \sum_{i=1}^n X_i = 4 + 1 + 3 + 3 = 11$$

Розмір доплати за умовами праці визначаємо в залежності від їх фактичного стану – $X_{факт} = 11$, на підставі Типового положення «Про оцінку умов праці на робочих місцях і порядок застосування галузевих переліків робіт, на яких можуть установлюватися доплати робітникам за умови праці», з таблиці 7.4 [11]. Розмір доплати до тарифної ставки (окладу) – 24 %.

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 інженера-дослідника центральній заводської 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 2а, тому необхідно привести ці умови у відповідність до нормативних значень, які відповідають оптимальним параметрам для категорії 2а, а саме:

- мікрокліматичні умови, за інтегральним показником теплового навантаження середовища - ТНС-індексом - 19,2-21,9°C;

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

- рівень шуму в робочій зоні дослідника – 80 дБА;

- загальні енергозатрати організму, до 232 Вт;

- стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук), до 40000;

- тривалість зосередження уваги (в % від часу зміни), до 100%;

- тривалість робочого дня, 8 год.

3. Для приведення умов, важкості та напруженості праці до вищезазначених показників необхідно передбачити комплекс заходів які забезпечать нормалізацію умов праці, наприклад:

- для приведення мікрокліматичних умов до відповідності, необхідно забезпечити припливно-витяжну механічну вентиляцію та кондиціонування приміщення;

- для забезпечення нормованої освітленості приміщення яка відповідає розряду зорових робіт необхідно провести додаткові розрахунки та визначитися з потужністю ламп, типом ламп та світильників та їх раціональним розміщенням;

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

- для зменшення загальних енергозатрат організму, необхідно скоротити тривалість робочого дня до 8 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 [11], у розмірі 24%