

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Транспортний
(повне найменування факультету)

«Транспортні технології»
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проєкту (роботи)

магістра
(ступінь вищої освіти)

на тему ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДОСТАВКИ ВАПНЯКУ НА
ПАТ «ЗАПОРІЖСТАЛЬ» В УМОВАХ ЗБІЛЬШЕННЯ ВІДСТАНІ ДО
ПУНКТІВ ВИДОБУТКУ

Виконав: студент ІІ курсу, групи T-812м

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

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

		<u>Рінат БАТІЙ</u> (прізвище та ініціали)
Керівник		<u>Олена ПАДЧЕНКО</u> (прізвище та ініціали)
Рецензент		<u>Ольга ДУДАРЕНКО</u> (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 ГУРПАК

«01» листопада 2023 року

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

БАТІЯ Ріната Андрійовича

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Дослідження ефективності доставки вапняку на ПАТ «Запоріжсталь» в умовах збільшення відстані до пунктів видобутку

керівник проєкту (роботи) старш. викл. ПАДЧЕНКО Олена Олександрівна

(науковий ступінь, вчене звання, ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «21» листопада 2023 року №451

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 15 грудня 2023 р.

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) існуючі обсяги вантажоперевезень вапняку, існуюча транспортно-виробнича система підприємства, існуючий технологічний процес перевезення

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналітична частина, 1.1 Характеристика транспортно-виробничої системи постачальників вапняку, 1.2 Характеристика вапняку, його приймання та вантажопереробка споживачем, 1.3 Постановка задачі дослідження, 2. Основна частина, 2.1 Дослідження інтенсивності прибуття вапняку для флюсування зі станції Гуменці, 2.2 Дослідження інтенсивності прибуття вапняку для флюсування зі станції Княжеве, 2.3 Дослідження інтенсивності прибуття вапняку для флюсування зі станції Нігин, 2.4 Дослідження інтенсивності прибуття вапняку для флюсування зі станції Ярошенка, 2.5 Дослідження інтенсивності прибуття вапняку для флюсування зі станції Максимівка-Тернопільська 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)

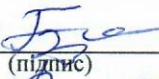
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1	ПАДЧЕНКО О.О., старш. викл.		
2	ПАДЧЕНКО О.О., старш. викл.		
3	ХАРЧЕНКО Т.В., старш. викл.		
4	ЛАЗУТКІН М.І., доцент		

7. Дата видачі завдання «01» листопада 2023 року.

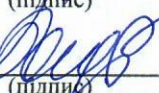
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Аналітична частина	30.10.2023-06.11.2023	
2	Основна частина	07.11.2023-20.11.2023	
3	Економічна частина	21.11.2023-27.11.2023	
4	Охорона праці	28.11.2023-01.12.2023	
5	Оформлення МР, перевірка МР на плагіат, отримання зовнішніх рецензій, захист магістерських робіт	01.12.2023-25.01.2024	

Студент(ка)

 Рінат БАТІЙ
(підпис) (Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Керівник проєкту (роботи)

 Олена ПАДЧЕНКО
(підпис) (Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

ПЗ : 91 с., 56 рис., 6 табл., 17 джерел.

ВАПНЯК ДЛЯ ФЛЮСУВАННЯ, МЕТАЛУРГІЙНИЙ КОМБІНАТ, ПУНКТ ВИВАНТАЖЕННЯ, ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ, ЗАЛІЗНИЧНИЙ РАЙОН

Об'єкт дослідження – транспортно-виробнича доставки вапняку для флюсування в умовах збільшення кількості джерел постачання та зменшення розмірів составів, на прикладі металургійного підприємства.

Мета роботи – визначення найбільш ефективного варіанту організації доставки вапняку для флюсування в умовах збільшення кількості джерел постачання та зменшення розмірів составів.

Методи дослідження – аналітичний та статистичний аналіз, імітаційне моделювання.

В магістерській роботі проаналізований процес доставки вапняку для флюсування в умовах збільшення кількості джерел постачання та зменшення розмірів составів, на прикладі металургійного підприємства. Для проведення експериментальних досліджень використана імітаційна модель. Визначено найбільш економічний варіант організації робіт.

ЗМІСТ

	с.
Завдання на проєкт	2
Реферат.....	4
Зміст	5
Вступ	7
1 Аналітична частина	8
1.1 Характеристика транспортно-виробничої системи постачальників вапняку	8
1.1.1 Характеристика постачань зі станції Нігин	8
1.1.2 Характеристика постачань зі станції Максимівка-Тернопільська	13
1.1.3 Характеристика постачань зі станції Гуменці, Княжеве та Ярошенка	16
1.2 Характеристика вапняку, його приймання та вантажопереробка споживачем	17
1.3 Постановка задачі дослідження	18
2 Основна частина	20
2.1 Дослідження інтенсивності прибуття вапняку для флюсування зі станції Гуменці	20
2.2 Дослідження інтенсивності прибуття вапняку для флюсування зі станції Княжеве	22
2.3 Дослідження інтенсивності прибуття вапняку для флюсування зі станції Нігин	25
2.4 Дослідження інтенсивності прибуття вапняку для флюсування зі станції Ярошенка	27
2.5 Дослідження інтенсивності прибуття вапняку для флюсування зі станції Максимівка-Тернопільська	30

2.6 Розробка моделі забезпечення вапняком для флюсування виробничих підрозділів комбінату «Запоріжсталь»	32
2.7 Експерименти на моделі Limestone	61
3 Економічна частина	63
3.1 Вихідні дані для економічних розрахунків, отриманих на основі роботи програми Limestone	63
3.2 Розрахунок витрат із доставки вапняку для флюсування до вантажних фронтів	64
3.3 Витрати за варіантом 1 перевезення вапняку	66
3.4 Витрати за варіантом 2 перевезення вапняку.....	67
3.5 Витрати за варіантом 3 перевезення вапняку	68
3.6 Витрати за варіантом 4 перевезення вапняку	69
3.7 Витрати за варіантом 5 перевезення вапняку	70
3.8 Витрати за варіантом 6 перевезення вапняку	71
3.9 Аналіз витрат за варіантами організації доставки вапняку для флюсування	72
4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	75
Висновки	77
Перелік посилань	79
ДОДАТОК А. АНАЛІЗ ПОТЕНЦІЙНИХ НЕБЕЗПЕК	82
ДОДАТОК Б. ЗАХОДИ ПО ЗАБЕЗПЕЧЕННЮ БЕЗПЕКИ	84
ДОДАТОК В. ОЦІНКА РІВНЯ УМОВ, ВАЖКОСТІ ТА НАПРУЖЕНОСТІ ПРАЦІ ДОСЛІДНИКА	86

ВСТУП

Ще у 2014 році через захоплення східних територій країни та Криму (багаті на родовища вапняку), металургійне підприємство Запоріжсталь було змушене шукати інші джерела вапняків для флюсування.

Це, насамперед західна частина України, зокрема, використовувались станції відправлення:

- Нігин;
- Гуменці;
- Княжеве;
- Ярошенка;
- Макисимівка-Тернопільська;

та інші.

До цього періоду вапняки доставлялись, переважно, маршрутними складами та з однієї-двох станції, розташованих на ближчій відстані до підприємства.

Доставка меншими партіями вносить певні зміни в технологію вантажних робіт на комбінаті. Зокрема, облаштовано склад вапняків на станції Вугільна.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Характеристика транспортно-виробничої системи постачальників вапняку

Враховуючи ситуацію в країні, в роботі аналізуються минулорічні періоди постачання вапняку з західної частини України, коли одними із найбільш потужними по поставках були станції:

- Нігин;
- Максимівка –Тернопільська;
- Гуменці;
- Княжеве;
- Ярошенка.

1.1.1 Характеристика постачань зі станції Нігин

Нігинський кар'єр був заснований у 1930 році [1] – рисунок 1.1 [2]. Свою назву він бере від села Нігин, біля якого почався видобуток вапняку, який споживали цукрові заводи (понад 60 підприємств), задля того, щоб очищати буряковий сік від шкідливих домішок, та для освітлення цукру.

У 1996 році підприємство почало видобувати гіпс.

З 2000-х років підприємство має певні фінансові проблеми, що негативно впливали на його виробничу діяльність, зокрема, було втрачено тепловоз, накопичились значні борги.

Протягом 2018-2021 років з кар'єру через станцію Нігин було відновлено постачання вапняку.



Рисунок 1.1 – Нігинський кар'єр

У розпорядженні підприємства [1] є:

- гаражі;
- бетонний вузол;
- галерея та бункер відсіву;
- склад фасування;
- столярний цех;
- пилорама;
- силосний склад;
- галерея подачі сировини;
- компресорна та добудова;
- лабораторія очистки води для компресорів;
- побутовий корпус;
- тепловозне депо;
- майстерня з прибудовами;

- адмінбудівля;
- допоміжні дробилки;
- градирня;
- підстанція;
- газорозподільний пункт;
- склад;
- АЗС;
- цех вапнякового борошна;
- сушильно-помельне відділення;
- автовагова;
- залізнична вагова;
- пожежне депо.

Видобуток вапнякової маси у Нігинському кар'єрі здійснюється екскаваторами – рисунок 1.2.



Рисунок 1.2 – Видобуток вапнякової маси у Нігинському кар'єрі

Доставка вапняку до фронтів навантаження залізничного транспорту здійснюється великотонажними автомобілями-самоскидами – рисунок 1.3.



Рисунок 1.3 – Кар’єрний автотранспорт Нігинського кар’єру

Відвантаження вапняку у залізничний транспорт здійснюється з бункерних пунктів навантаження, які живлять стрічкові конвеєри, розташовані у галереях. Частина продукції, зокрема для сільгоспвиробників, відвантажуються у біг-бегах (рисунок 1.4).

Підприємство має можливість відвантажувати продукції також автомобільним транспортом – рисунок 1.5.



Рисунок 1.4 – Пункт навантаження вапняку Нігинського кар'єру у залізничний транспорт



Рисунок 1.5 – Навантаження автотранспорту

Навантаження та дозування вагонів може здійснюватися ковшовим навантажувачем – рисунок 1.6.



Рисунок 1.6 – Навантаження вагонів ковшовим навантажувачем

1.1.2 Характеристика постачань зі станції Максимівка-Тернопільська

Постачання вапняку зі станції Максимівка–Тернопільська здійснюються відправником ПрАТ «Тернопільський кар’єр». Це потужне підприємство, може відвантажувати сировину маршрутними составами розміром 48 вагонів [3].

За переробної спроможності у 120 вагонів за добу, Тернопільський кар'єр може відправляти споживачам 3600 вагонів на місяць.

На підприємстві працює сучасна техніка, навантажувально-розвантажувальні засоби та транспорт (рисунок 1.7).



Рисунок 1.7 – Кар'єрний транспорт та навантажувач Тернопільського кар'єру

Ефективність в управлінні виробничою логістикою досягається завдяки використанню диспетчерської централізації із використанням камер відеонагляду та GPS-систем, застосуванню динамічних і статичних вагових у цілодобовому режимі.

Для металургійного виробництва виробляються фракції вапняку:

- 20...40 (20...50), мм;

- 40...80 (50...80), мм;
- 80...120, мм.

Пункт навантаження на залізничний транспорт [4] живиться конвеєрними лініями, наявні силосні склади зі значним запасом вантажу (рисунок 1.8).



Рисунок 1.8 – Пункт навантаження ПрАТ «Тернопільський кар'єр» на залізничний транспорт

Виробництво продукції загалом організовано у кількох місцях Тернопільщини, це кар'єри:

- Галущинецький;
- Максимівський;
- Старо-Збаразький.

Підприємство працює над впровадженням сучасних методів видобутку, що дозволяє нарощення обсягів виробництва та забезпечення стабільної якості продукції.

Багато уваги приділяється логістичним питанням – оптимізації процесів складування, сортування та відвантаження залізничним та автомобільним транспортом [3].

1.1.3 Характеристика постачань зі станції Гуменці, Княжеве та Ярошенка

На лінійній станції Гуменці процеси прийому та видачі вантажів повагонними й дрібними відправками здійснюються лише на під'їзних коліях і місцях незагального користування [5].

Виконуються також операції з прийому та видачі вантажів у універсальних контейнерах масою брутто 20,24,30 тонн, що також завантажуються на під'їзних коліях.

Схема колійного розвитку станції Гуменці показана на рисунку 1.9.

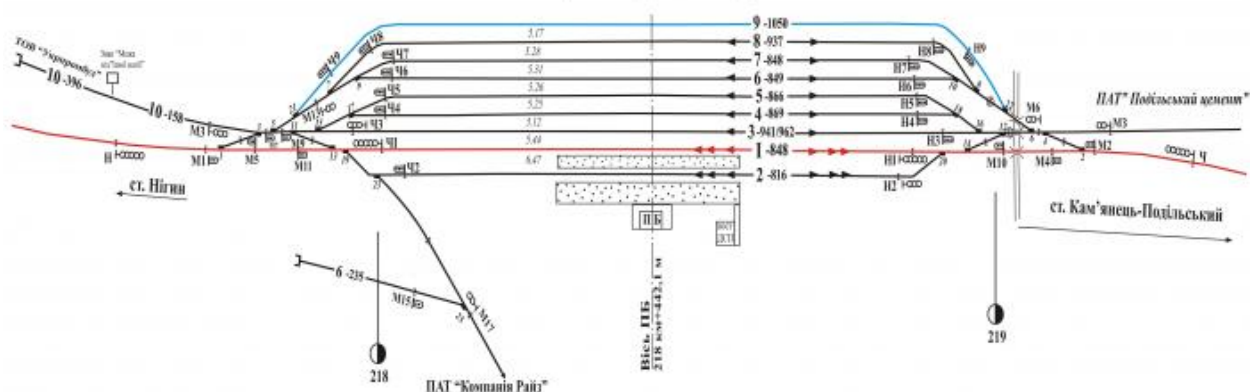


Рисунок 1.9 – Схема колійного розвитку станції Гуменці

Видобуток вапняку та процеси відвантаження вапняку є аналогічними із попередніми пунктами роботи.

1.2 Характеристика вапняку, його приймання та вантажопереробка споживачем

Вапняк для флюсування згідно ДСТУ 8999:2020 [6] може перевозитись:

- у залізничних вагонах;
- контейнерах;
- автомобілях;
- баржах.

Збереження потребує умов, за яких відсутнє змішування з іншими матеріалами та забруднення небажаними домішками піску, глини та ін. вантажів.

Не менше двох разів на місяць здійснюється контроль відповідності гранулометричного складу вапняку. Двічі на рік перевіряється:

- механічна міцність;
- водопоглинання;
- вологість;
- відкрита пористість.

За ступенем впливу на людину вапняк для флюсування відноситься до 4 класу – мало небезпечна речовина.

На комбінаті Запоріжсталь [7-9] основні пункти споживання знаходяться на станціях:

- Аглофабрика Південного району;
- Підбіркова (Шихтовий двір мартенівського цеху).

Можливим є створення запасів вапняку на станції Вугільна Східного залізничного району комбінату. У разі необхідності, вапняк звідси може доставлятися у вагонах місцевого парку до пунктів вивантаження.

Вапняк у складі маршрутних составів або партій значної кількості – може доставлятися з парку А станції Запоріжжя-Ліве транзитом через станцію Східна до Південного залізничного району, невеличкими партіями – у складі збірних поїздів через пар Б Запоріжжя-Лівого.

1.3 Постановка задачі дослідження

При аналізі процесу забезпечення металургійного підприємства Запоріжсталь вапняком для флюсування, який, переважно, використовується у доменному та мартенівському виробництві було встановлено:

- внаслідок військових дій підприємство є відрізане від близько розташованих родовищ вапняку у східній та південній частині України;
- багато років підприємство отримувало вапняк маршрутними составами;
- обробка маршрутних составів передбачала їх надходження з парку А станції Запоріжжя-Ліве транзит через вхідну промислову станцію Східну;
- в дійсний час вапняк надходить у складі партій різного розміру з різних більш віддалених станцій західної частини України;
- передавання немаршрутних составів здійснюється через парк Б станції Запоріжжя-Ліве, що потребує їх сортування та формування составів на станції Східна;

- для стабілізації постачань використовується склад вапняку на станції Вугільна.

З огляду на зміну технологічного процесу, у проєкті передбачається розробка імітаційної моделі, на якій, завдяки зміни параметрів, які визначають передавання вагонів через певний парк станції Запоріжжя-Ліве, є можливим виконати оцінку:

- вартості роботи локомотивів за варіантами роботи;
- тривалості та вартості часу використання вагонів, у яких перевозиться вапняк зі складу станції Вугільна;
- вартості вантажних робіт на станції Вугільна.

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Дослідження інтенсивності прибуття вапняку для флюсування зі станції Гуменці

Проаналізуємо [10] вибірку інтервалів прибуття вапняку для флюсування зі станції Гуменці, годин:

19; 55,5; 3,5; 21,3; 10,1; 23,2; 45,3; 21,6; 1,3; 12,7; 11; 15,8; 17,3; 3; 10,8; 0,8; 4,7; 2,8; 2; 16,3; 7,7; 13,2; 4,3; 7; 18,2; 11,4; 10,9; 11,9; 7,1; 4,7; 5,8; 14,2; 24,3; 38,8; 4,2; 39,5; 29,4; 3,2; 7,8; 5,9; 23,1; 10,6; 2,7; 28,2; 8,3; 4,1; 13,5; 1,7; 26,6; 33,4; 13; 17,8; 18,3; 5,6; 7,8; 13,7; 13,8; 7,3; 20,7; 2,2; 2,9; 26,3; 38,8; 26,8; 6,3; 0,9; 7,2; 17,7; 2; 2,8; 7,2; 4,6; 4; 8,3; 4,9; 26,7; 7,4; 21,2; 4,1; 31,4; 9,2; 17,2; 8,7; 2; 3; 18,2; 25,6; 0,8; 30,1; 24,2; 3,3; 3,4; 16,9; 24,4; 1,7; 5,2; 9,2; 6,4; 23,6; 12,8.

На рисунку 2.1 показаний аналіз інтервалів прибуття вапняку для флюсування зі станції Гуменці.

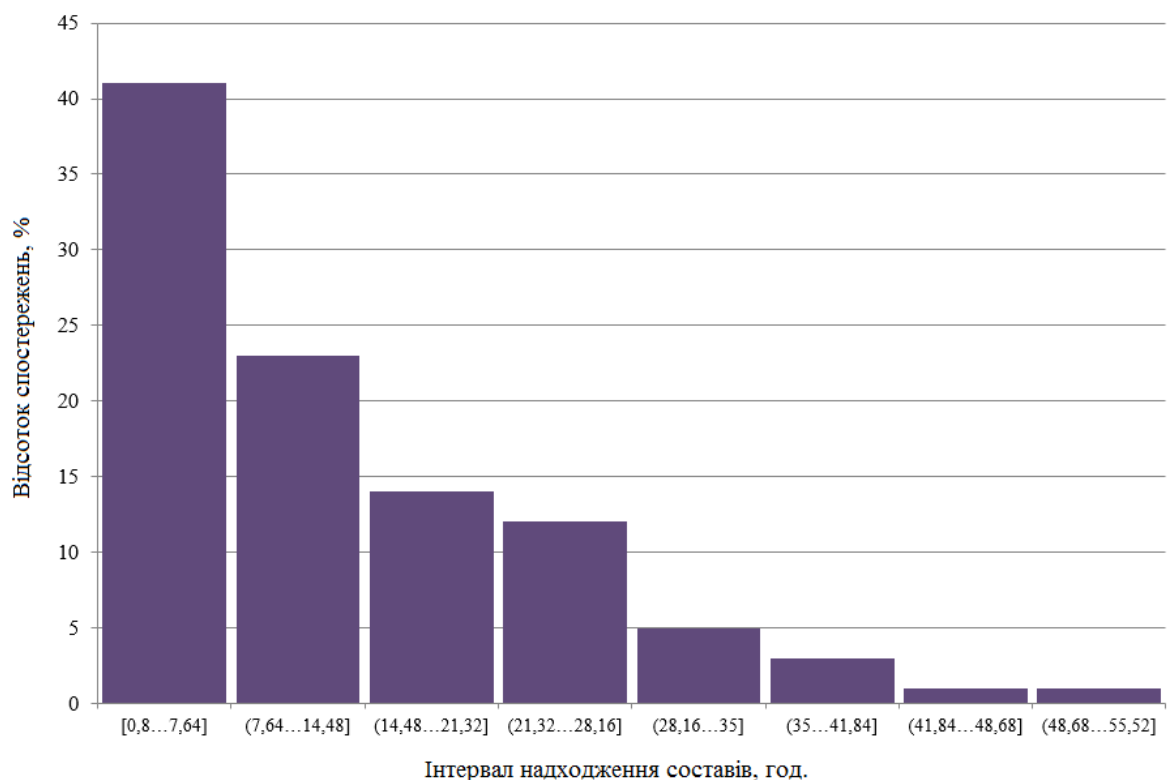


Рисунок 2.1 – Аналіз інтервалів прибуття вапняку зі станції Гуменці

Характеристики вибірки інтервалів прибуття вапняку зі станції Гуменці:

- кількість значень 100;
- мінімальний інтервал 0,8 год.;
- максимальний інтервал 55,5 год.;
- середній розмір інтервалу 13,37 год.;
- стандартне відхилення 11,1 год.

Проаналізуємо вибірку обсягів прибуття вапняку для флюсування зі станції Гуменці, вагонів:

2; 6; 13; 3; 5; 6; 4; 4; 4; 2; 8; 2; 14; 8; 10; 5; 3; 10; 4; 2; 17; 7; 1; 1; 7; 2; 1; 3; 9; 6; 6; 5; 2; 3; 1; 6; 2; 2; 1; 2; 4; 6; 1; 4; 2; 1; 2; 2; 3; 11; 1; 5; 6; 5; 7; 2; 3; 1; 2; 2; 3; 5; 2; 2; 3; 4; 4; 1; 13; 3; 1; 1; 5; 5; 15; 6; 6; 2; 4; 8; 4; 2; 4; 6; 4; 2; 4; 4; 18; 26; 20; 12; 4; 16; 20; 12; 16; 6; 2; 12.

На рисунку 2.2 показаний аналіз обсягів прибуття вапняку для флюсування зі станції Гуменці.

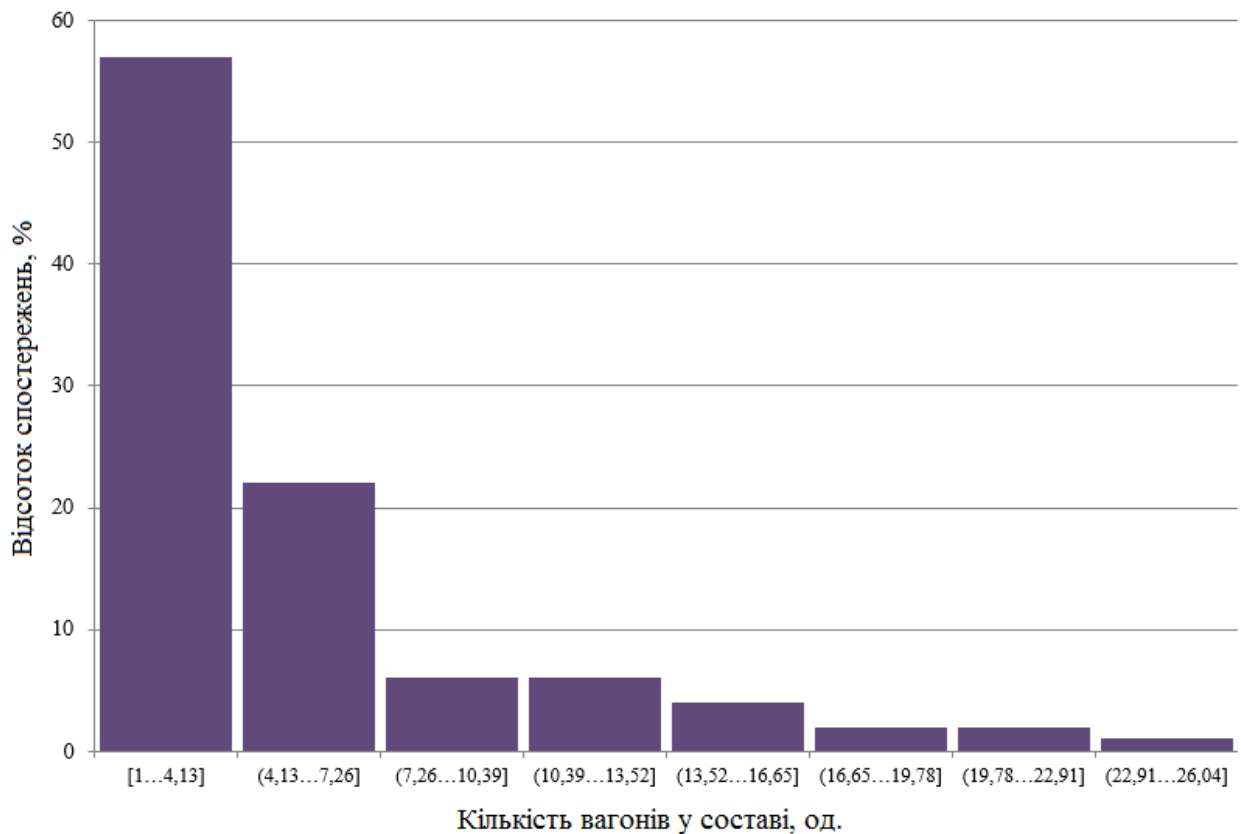


Рисунок 2.2 – Аналіз обсягів прибуття вапняку зі станції Гуменці

Характеристики вибірки обсягів прибуття вапняку зі станції Гуменці:

- кількість значень 100;
- мінімальний обсяг 1 ваг.;
- максимальний обсяг 26 ваг.;
- середній розмір інтервалу 5,56 ваг.;
- стандартне відхилення 4,98 ваг.

Обидві вибірки за формою діаграм на рисунках можна описати експоненціальним законом розподілу випадкової величини.

2.2 Дослідження інтенсивності прибуття вапняку для флюсування зі станції Княжеве

Проаналізуємо вибірку інтервалів прибуття вапняку для флюсування зі станції Княжеве, годин:

24,8; 10,1; 16,9; 46,9; 42,8; 44,1; 57,7; 25,3; 9,6; 33,2; 20,4; 28; 51,1; 21,9; 96,4; 17,5; 105,9; 14,6; 40,9; 105; 70,1; 156,9; 6,1; 9,2; 34,3; 8,8; 80,1; 31,1; 22,7; 12,8; 65,7; 17,8; 18,1; 22,7; 31,2; 19,7; 146,8; 6; 1,7; 10,5; 4,1; 11,9; 13,2; 23; 10,1; 12,9; 7,7; 26,3; 16,4; 40,3; 44,5; 9; 30,1; 23,2; 22,2; 114,8; 82,3; 37,6; 124,2; 37,8; 8,8; 50,8; 18,4; 25,5; 71,3; 22,8; 29,4; 116,1; 21,1; 30,3; 15,3; 124,7; 121,8; 102,6; 4,4; 18,8; 1,4; 13,6; 9; 29; 32,3; 39,3; 33,6; 3,8; 10; 2,8; 145,5; 26,6; 17,2.

На рисунку 2.2 показаний аналіз інтервалів прибуття вапняку для флюсування зі станції Княжеве.

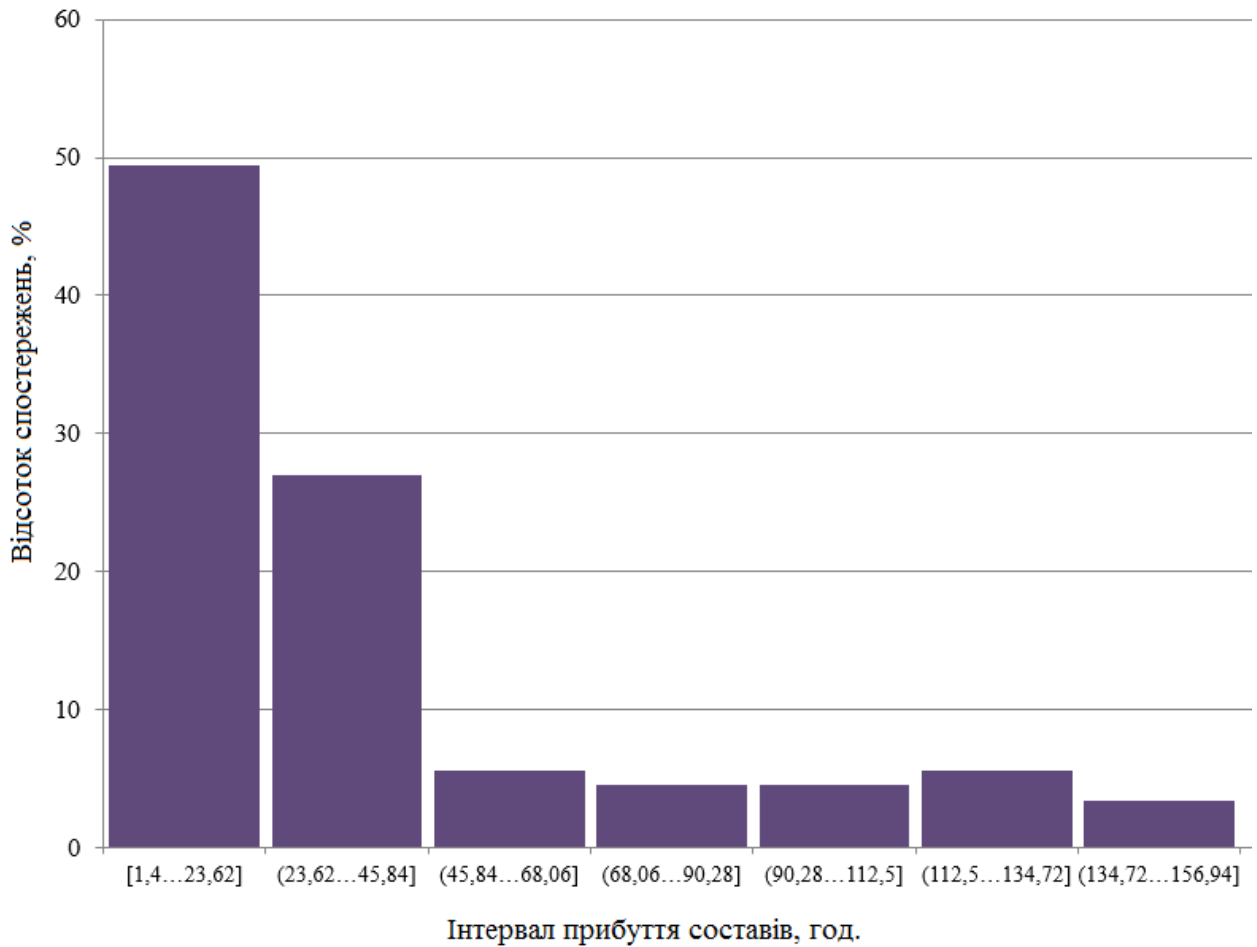


Рисунок 2.3 – Аналіз інтервалів прибуття вапняку зі станції Княжеве

Характеристики вибірки інтервалів прибуття вапняку зі станції Княжеве:

- кількість значень 90;
- мінімальний інтервал 1,4 год.;
- максимальний інтервал 156,9 год.;
- середній розмір інтервалу 38,46 год.;
- стандартне відхилення 37,78 год.

Проаналізуємо вибірку обсягів прибуття вапняку для флюсування зі станції Княжеве, вагонів:

7; 9; 10; 8; 1; 6; 3; 5; 10; 1; 5; 4; 1; 1; 5; 2; 5; 1; 2; 1; 1; 1; 1; 9; 2; 5; 8; 16;
10; 2; 10; 11; 10; 5; 17; 4; 10; 5; 5; 5; 5; 20; 5; 10; 2; 8; 13; 2; 2; 2; 4; 6; 9; 3; 12;

8; 1; 3; 1; 4; 9; 6; 2; 1; 6; 3; 9; 11; 5; 3; 5; 2; 2; 10; 2; 2; 10; 6; 6; 4; 2; 18; 2; 22; 18; 30; 10; 6; 6; 4.

На рисунку 2.4 показаний аналіз обсягів прибуття вапняку для флюсування зі станції Княжеве.

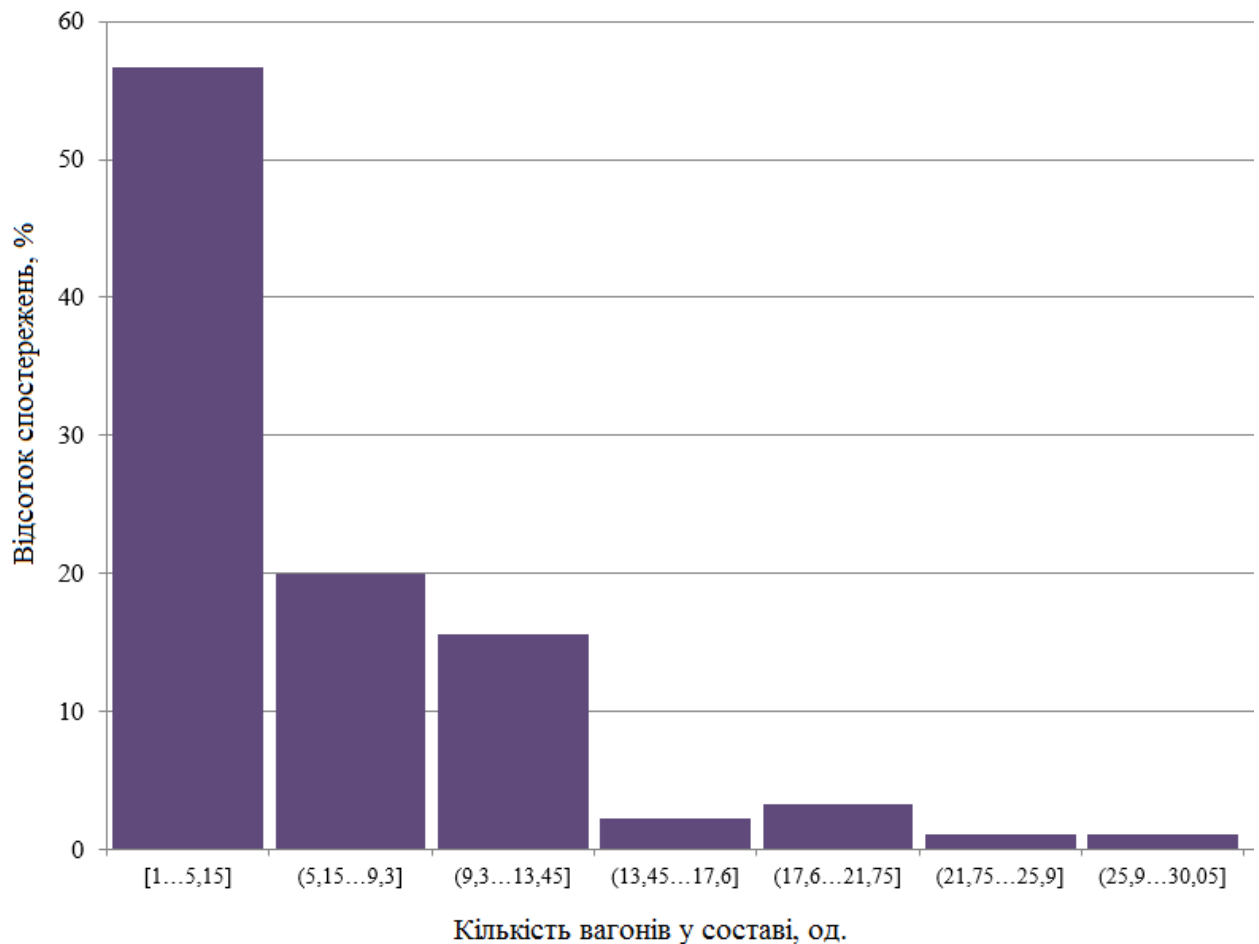


Рисунок 2.4 – Аналіз обсягів прибуття вапняку зі станції Княжеве

Характеристики вибірки обсягів прибуття вапняку зі станції Княжеве:

- кількість значень 90;
- мінімальний обсяг 1 ваг.;
- максимальний обсяг 30 ваг.;
- середній розмір інтервалу 6,29 ваг.;
- стандартне відхилення 5,31 ваг.

Обидві вибірки за формою діаграм на рисунках можна описати експоненціальним законом розподілу випадкової величини.

2.3 Дослідження інтенсивності прибуття вапняку для флюсування зі станції Нігин

Проаналізуємо вибірку інтервалів прибуття вапняку для флюсування зі станції Нігин, годин:

36,3; 59; 12,5; 25,8; 22,5; 21,6; 3,4; 21,5; 15,8; 17,3; 3; 10,8; 0,8; 4,7; 2,8; 2; 24; 13,2; 4,3; 3,9; 13,7; 7,6; 41,3; 39,7; 34,1; 17,7; 6,5; 22,9; 3,2; 50,2; 17,8; 8; 2,4; 8,3; 21; 25,8; 62,5; 13,7; 34,6; 8,7; 12,4; 12,5; 5,5; 8,8; 2,8; 7,2; 8,6; 21; 16,3; 2,6; 7,4; 25,3; 16,1; 10,3; 14,3; 25,9; 2; 3; 7,7; 10,4; 15,1; 7,9; 2,6; 5,3; 3,5; 17,3; 1,8; 2,3; 0,9; 10,3; 7,1; 5,8; 2,7; 0,6; 3,4; 16,9; 5,1; 19,3; 1,7; 19,3; 1,4; 15,8; 3,6; 4,2; 4,2; 12,8; 4,8; 1,3; 5,1; 4,3; 8,6; 9,2; 17,8; 3,7; 21,6; 11,7; 17,4; 14,1; 29,3; 3,9.

На рисунку 2.5 показаний аналіз інтервалів прибуття вапняку для флюсування зі станції Нігин.

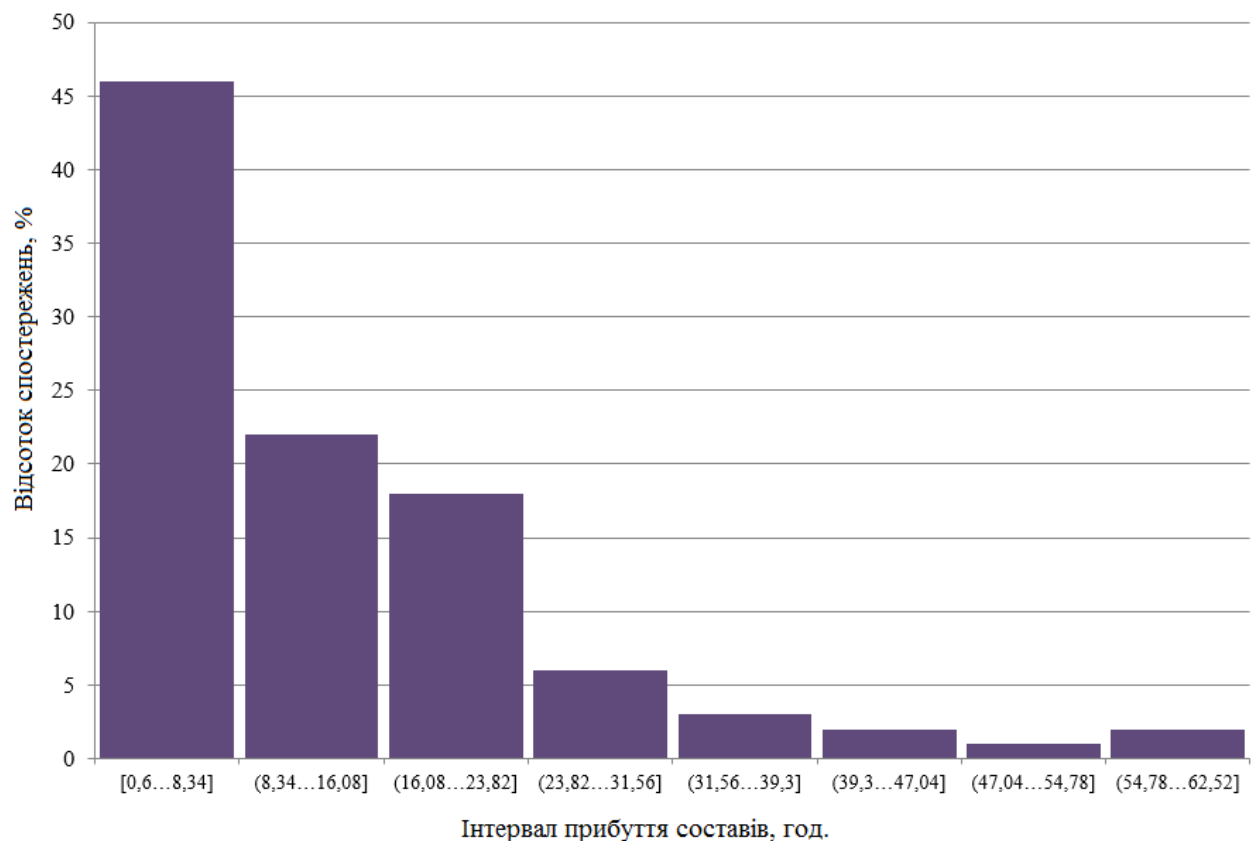


Рисунок 2.5 – Аналіз інтервалів прибуття вапняку зі станції Нігин

Характеристики вибірки інтервалів прибуття вапняку зі станції Нігин:

- кількість значень 100;
- мінімальний інтервал 0,6 год.;
- максимальний інтервал 62,5 год.;
- середній розмір інтервалу 13,09 год.;
- стандартне відхилення 12,21 год.

Проаналізуємо вибірку обсягів прибуття вапняку для флюсування зі станції Нігин, вагонів:

9; 7; 9; 6; 12; 19; 17; 7; 9; 11; 12; 5; 5; 8; 10; 6; 5; 9; 11; 6; 2; 1; 1; 6; 1; 13; 13; 5; 5; 17; 4; 4; 4; 14; 25; 3; 2; 1; 1; 1; 1; 7; 15; 23; 17; 20; 29; 9; 20; 18; 20; 12; 31; 39; 16; 5; 3; 3; 29; 23; 4; 14; 1; 34; 12; 4; 32; 35; 46; 12; 7; 15; 50; 10; 1; 2; 19; 26; 25; 6; 12; 28; 6; 23; 17; 21; 4; 47; 10; 16; 7; 12; 7; 47; 7; 6; 10; 20; 6; 6.

На рисунку 2.6 показаний аналіз обсягів прибуття вапняку для флюсування зі станції Нігин.

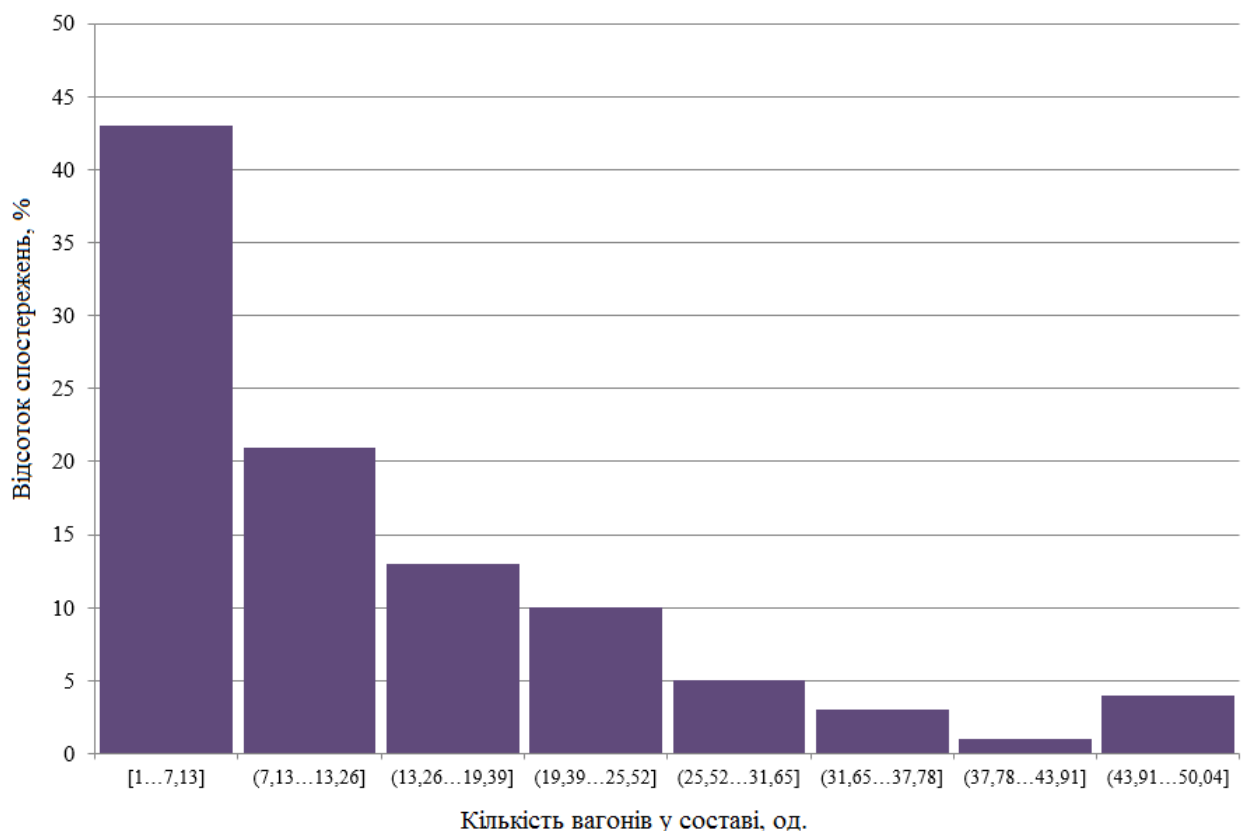


Рисунок 2.6 – Аналіз обсягів прибуття вапняку зі станції Нігин

Характеристики вибірки обсягів прибуття вапняку зі станції Нігин:

- кількість значень	100;
- мінімальний обсяг	1 ваг.;
- максимальний обсяг	50 ваг.;
- середній розмір інтервалу	13,13 ваг.;
- стандартне відхилення	11,32 ваг.

Обидві вибірки за формою діаграм на рисунках можна описати експоненціальним законом розподілу випадкової величини.

2.4 Дослідження інтенсивності прибуття вапняку для флюсування зі станції Ярошенка

Проаналізуємо вибірку інтервалів прибуття вапняку для флюсування зі станції Ярошенка, годин:

39; 55,8; 38,5; 86,3; 58,7; 67,6; 0,9; 105; 39,5; 13,2; 70,2; 77; 79,3; 24,6; 135,2; 9; 128,7; 21,5; 13,3; 149,1; 35,4; 4,2; 27,4; 46,5; 25; 7,2; 46,2; 36,5; 14,8; 31,4; 33,8; 20,4; 7,7; 22,4; 7,2; 8,6; 68,4; 4,6; 40,1; 30,9; 52,7; 17,3; 1,8; 33,1; 32,3; 9,9; 61,7; 12,3; 33,9; 32,1; 20; 44,3; 19,5; 11,3; 26,3; 6,6; 5,8; 23,3; 30,8; 34,7; 22,4; 16,7; 55,2; 8,9; 3,8; 54,7; 52,8; 2,7; 6,1; 8,2; 176,3; 51,8; 21,8; 76,6; 6,8; 20,7; 121,7; 40,2; 7,5; 91,3; 66,4; 52,3; 97,7; 132,2; 26.

На рисунку 2.7 показаний аналіз інтервалів прибуття вапняку для флюсування зі станції Ярошенка

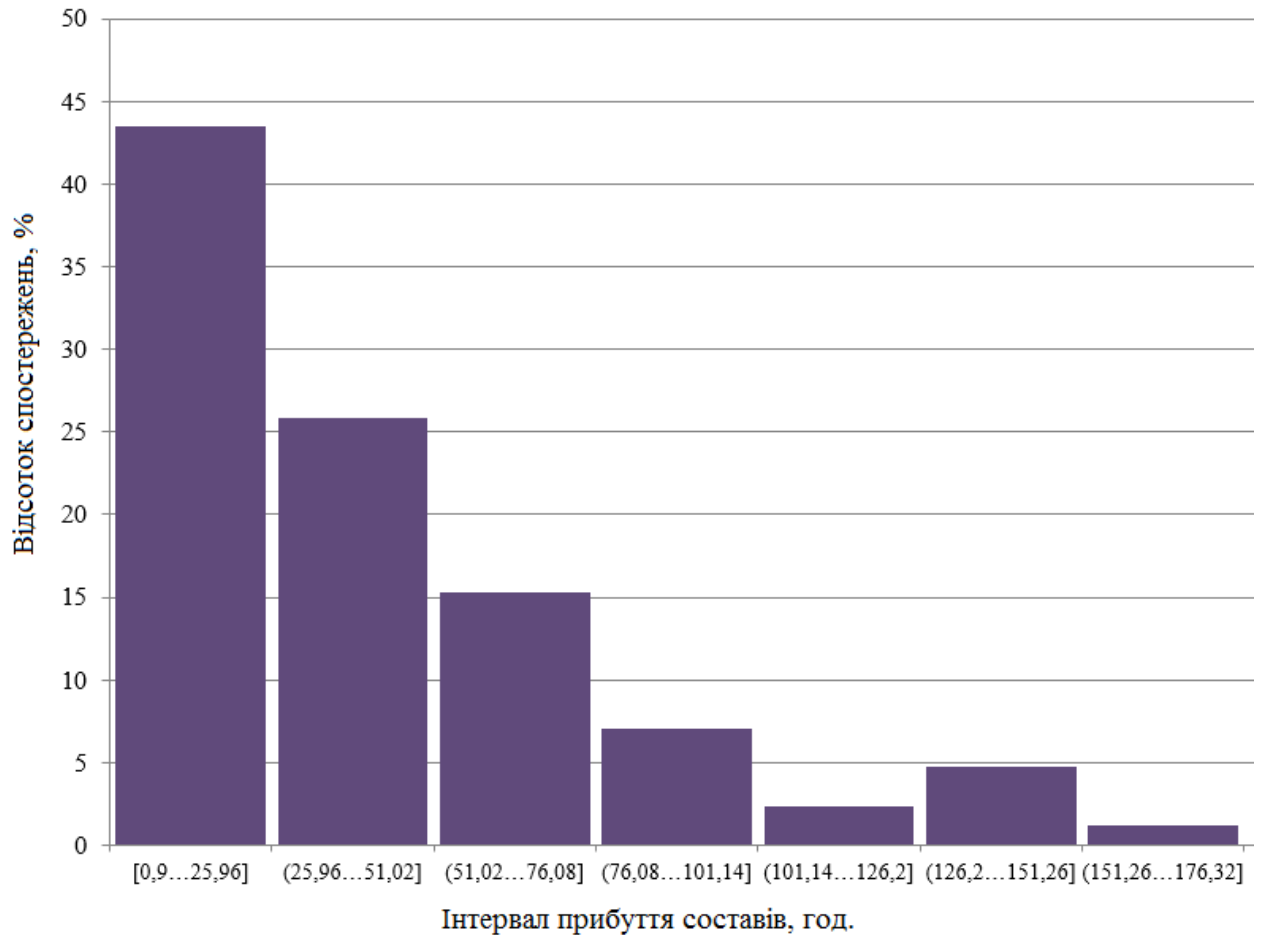


Рисунок 2.7 – Аналіз інтервалів прибуття вапняку зі станції Ярошенка

Характеристики вибірки інтервалів прибуття вапняку зі станції Ярошенка:

- кількість значень 85;
- мінімальний інтервал 0,9 год.;
- максимальний інтервал 176,3 год.;
- середній розмір інтервалу 40,72 год.;
- стандартне відхилення 37,13 год.

Проаналізуємо вибірку обсягів прибуття вапняку для флюсування зі станції Ярошенка, вагонів:

7; 8; 8; 6; 8; 8; 10; 8; 8; 8; 6; 6; 1; 2; 6; 7; 7; 8; 3; 4; 12; 8; 6; 2; 2; 4; 4; 4; 4;
 4; 13; 1; 2; 6; 1; 2; 7; 7; 5; 7; 15; 4; 4; 1; 4; 2; 4; 1; 6; 8; 3; 11; 6; 5; 8; 3; 4; 2; 2; 8;
 4; 2; 7; 4; 7; 1; 4; 5; 8; 2; 1; 2; 4; 4; 1; 2; 1; 1; 12; 5; 3; 2; 6; 10; 16.

На рисунку 2.8 показаний аналіз обсягів прибуття вапняку для флюсування зі станції Ярошенка.

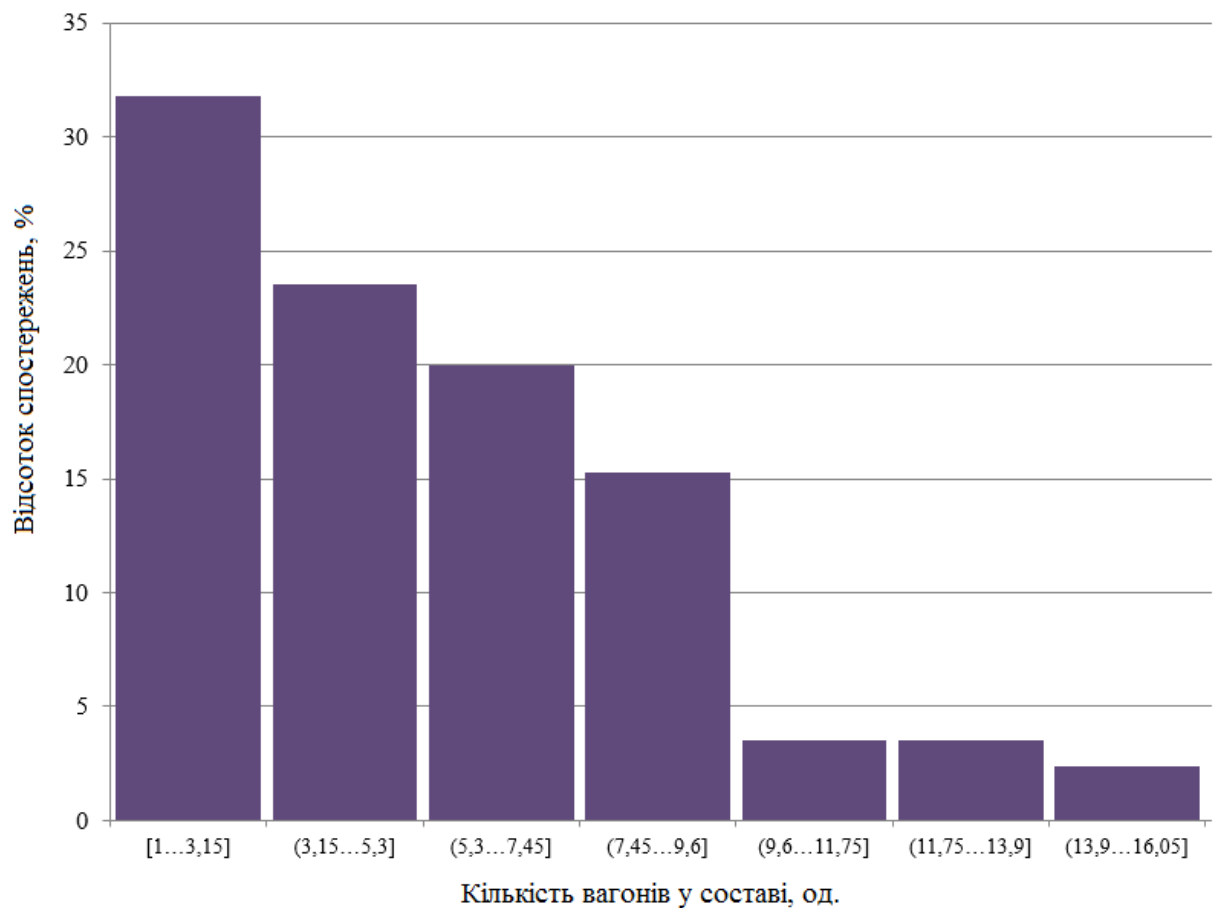


Рисунок 2.8 – Аналіз обсягів прибуття вапняку зі станції Ярошенка

Характеристики вибірки обсягів прибуття вапняку зі станції Ярошенка:

- кількість значень 85;
- мінімальний обсяг 1 ваг.;
- максимальний обсяг 16 ваг.;
- середній розмір інтервалу 5,24 ваг.;
- стандартне відхилення 3,33 ваг.

Обидві вибірки за формою діаграм на рисунках також можна описати експоненціальним законом розподілу випадкової величини.

2.5 Дослідження інтенсивності прибуття вапняку для флюсування зі станції Максимівка-Тернопільська

Проаналізуємо вибірку інтервалів прибуття вапняку для флюсування зі станції Максимівка-Тернопільська, годин:

40,8; 72; 11,3; 24,8; 37,4; 7,1; 13,1; 12,9; 2,8; 39,2; 5,1; 18,5; 15,5; 21,2; 14,9; 12,4; 13,6; 5,9; 46,2; 41,8; 3,7; 8,3; 5,9; 40,4; 5,7; 57,1; 41; 5,2; 12,5; 11,4; 6,5; 5; 30,7; 5,1; 7,7; 8; 9,5; 11,4; 1,6; 17,3; 7; 15; 6,4; 7; 25,2; 5,9; 11,7; 15,2; 26,5; 4,2; 19,1; 35,3; 10,3; 7,9; 14,6; 6,1; 8,6; 8,5; 16,9; 7,8; 14,1; 5,9; 8,1; 6,5; 6,4; 20,9; 6,7; 7,7; 7,2; 13,8; 16,4; 9,2; 18,1; 2,2; 8,1; 2,8; 3,3; 12,9; 39,1; 1,7; 32,2; 0,9; 10,6; 20,1; 23,3; 18,2; 8,3; 3; 54,6; 3,8; 27,5; 4,5; 2,8; 23,3; 2,4; 2,4; 15,8; 2,8; 3,4; 5,3.

На рисунку 2.9 показаний аналіз інтервалів прибуття вапняку для флюсування зі станції Максимівка-Тернопільська

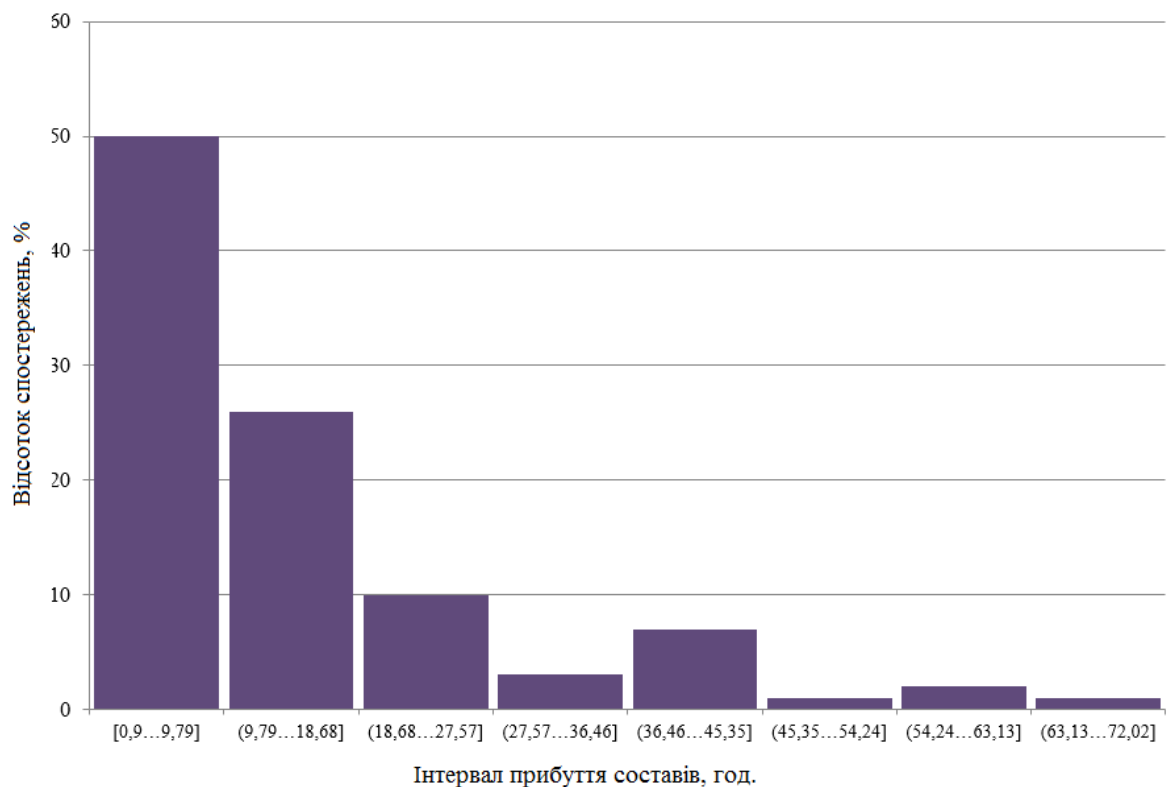


Рисунок 2.9 – Аналіз інтервалів прибуття вапняку зі станції Максимівка-Тернопільська

Характеристики вибірки інтервалів прибуття вапняку зі станції Максимівка-Тернопільська:

- кількість значень 100;
- мінімальний інтервал 0,9 год.;
- максимальний інтервал 72 год.;
- середній розмір інтервалу 14,86 год.;
- стандартне відхилення 13,67 год.

Проаналізуємо вибірку обсягів прибуття вапняку для флюсування зі станції Максимівка-Тернопільська, вагонів:

7; 8; 8; 6; 8; 8; 10; 8; 8; 8; 6; 6; 1; 2; 6; 7; 7; 8; 3; 4; 12; 8; 6; 2; 2; 4; 4; 4; 4; 4; 13; 1; 2; 6; 1; 2; 7; 7; 5; 7; 15; 4; 4; 1; 4; 2; 4; 1; 6; 8; 3; 11; 6; 5; 8; 3; 4; 2; 2; 8; 4; 2; 7; 4; 7; 1; 4; 5; 8; 2; 1; 2; 4; 4; 1; 2; 1; 1; 12; 5; 3; 2; 6; 10; 16.

На рисунку 2.10 показаний аналіз обсягів прибуття вапняку для флюсування зі станції Максимівка-Тернопільська.

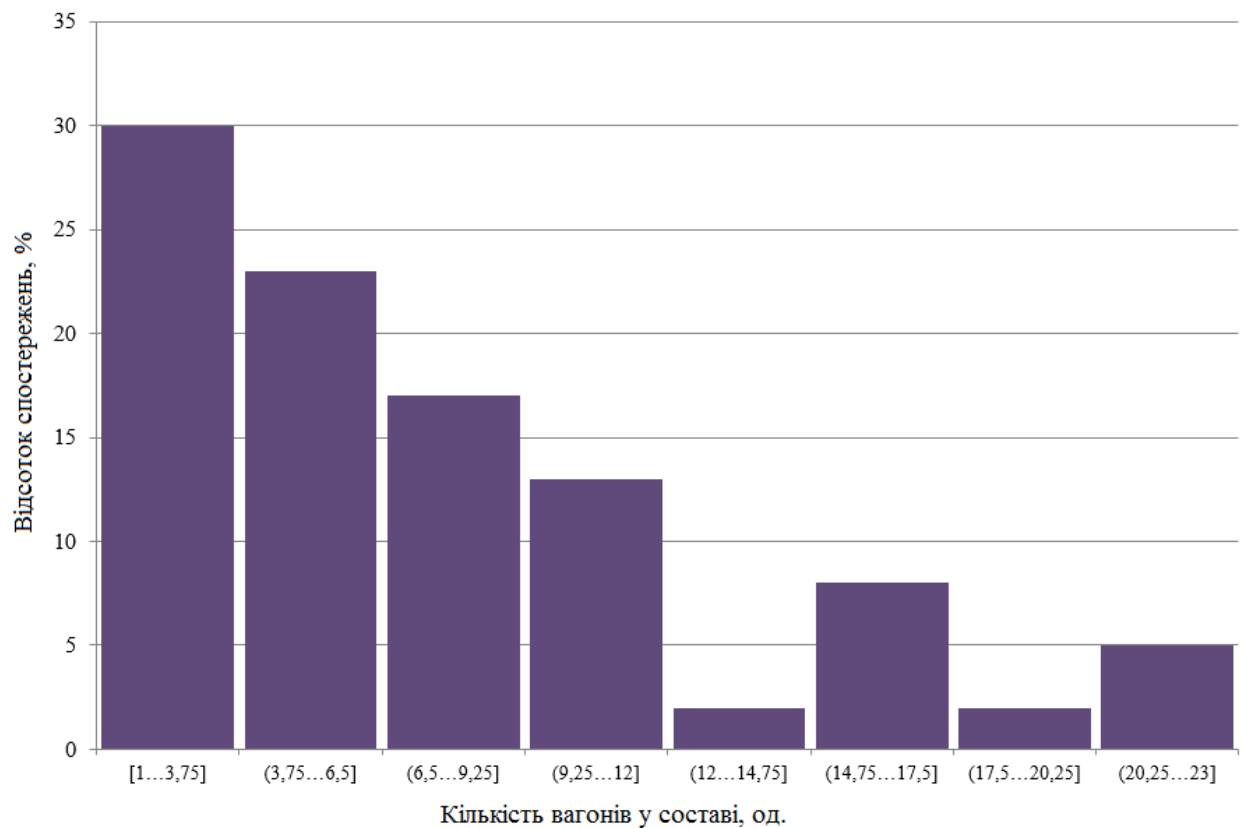


Рисунок 2.10 – Аналіз обсягів прибуття вапняку зі станції Максимівка-Тернопільська

Характеристики вибірки обсягів прибуття вапняку зі станції Максимівка-Тернопільська:

- кількість значень 100;
- мінімальний обсяг 1 ваг.;
- максимальний обсяг 23 ваг.;
- середній розмір інтервалу 7,49 ваг.;
- стандартне відхилення 5,74 ваг.

Обидві вибірки за формою діаграм на рисунках також можна описати експоненціальним законом розподілу випадкової величини.

2.6 Розробка моделі забезпечення вапняком для флюсування виробничих підрозділів комбінату «Запоріжсталь»

Створюємо модель Limestone – рисунок 2.11 – у середовищі Енілоджік.

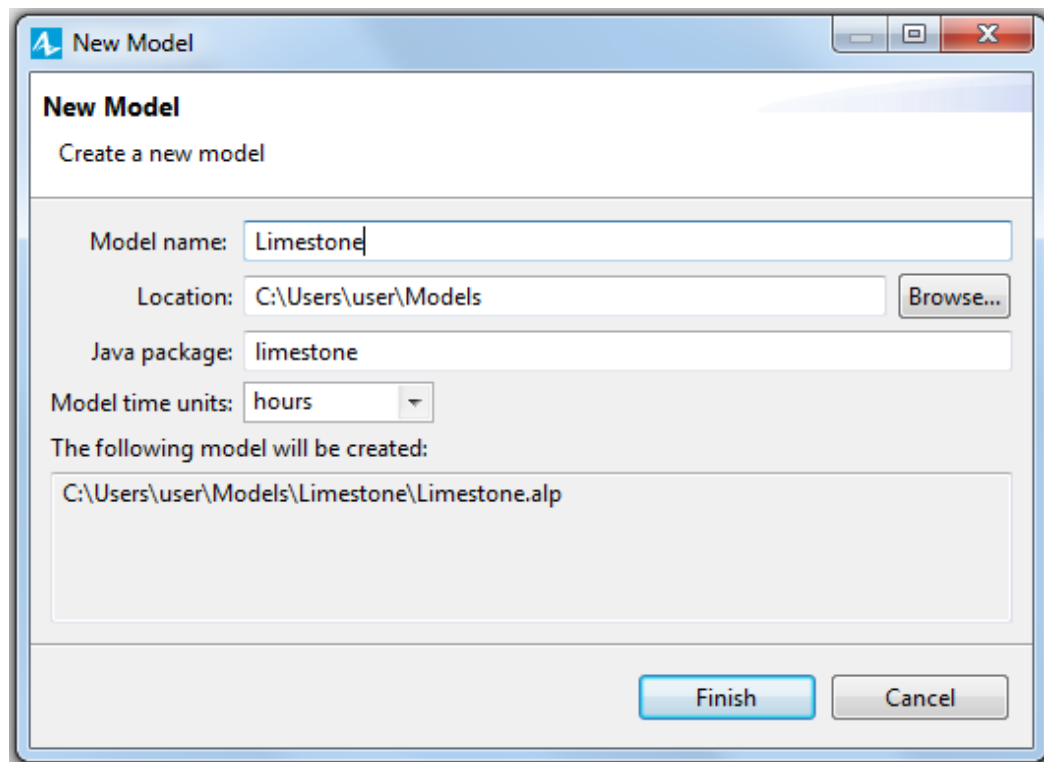


Рисунок 2.11 – Модель Limestone

Першим блоком програми Limestone є група елементів типу джерел замовлень [11]:

- s_Gumenci;
- s_Knyazheve;
- s_Nigin;
- s_Yaroshenka,
- s_Maxim

черг для їх утримання:

- q_Gumenci;
- q_Knyazheve;
- q_Nigin;
- q_Yaroshenka,
- q_Maxim

та блокаторів:

- h_Gumenci;
- h_Knyazheve;
- h_Nigin;
- h_Yaroshenka,
- h_Maxim

що показано на рисунку 2.12.

На наступному рисунку 2.13 показний елемент s_Gumenci. В ньому генеруються замовлення через інтервали часу:

`exponential(0.8,55.5,13.37,0),`

імітуючи прибуття вапняку зі станції Гуменці, розмір партії вагонів задається виразом:

`roundToInt(exponential(1,26,5.56,0)),`

де функція `roundToInt` округляє результат генерації до найближчого цілого значення.

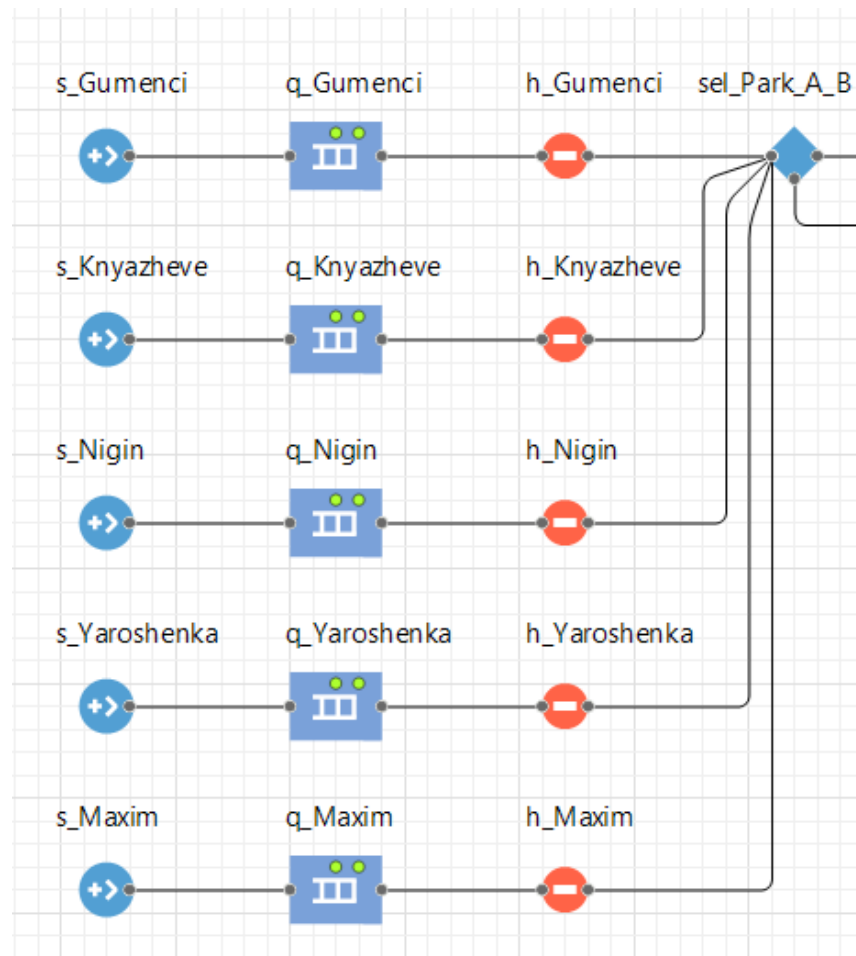


Рисунок 2.12 – Перший блок програми Limestone

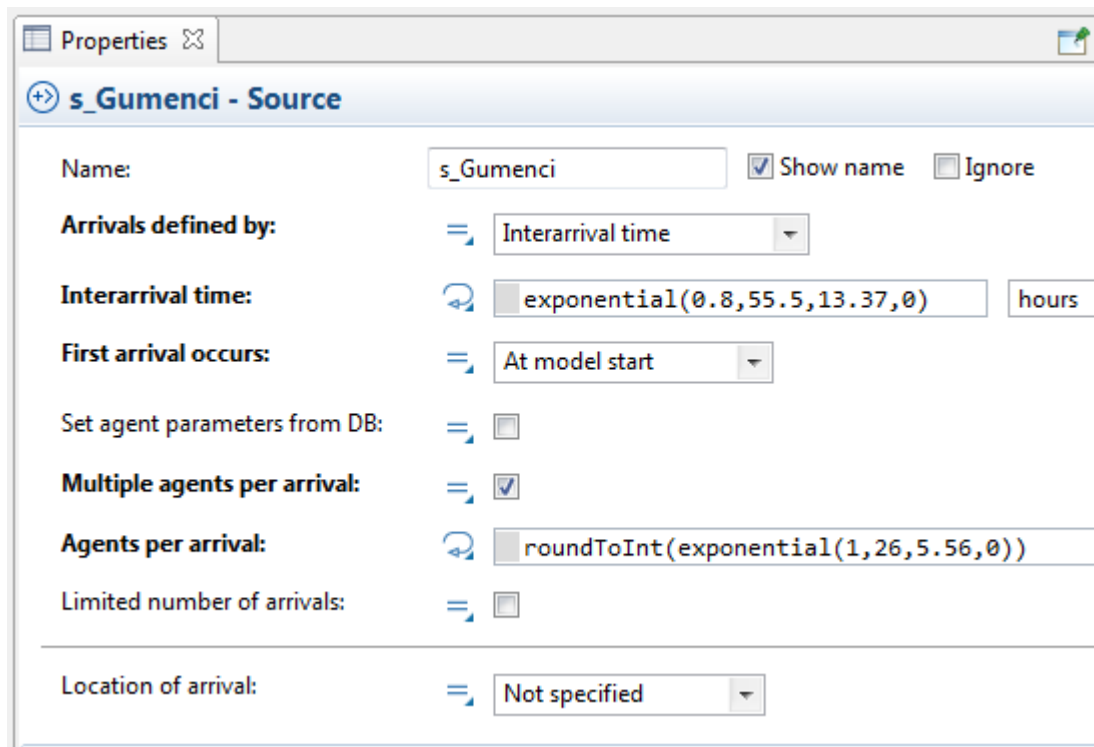


Рисунок 2.13 – Елемент s_Gumenci

На рисунку 2.14 показний елемент s_Knyazheve.

В ньому генеруються замовлення через інтервали часу:

`exponential(1.4,156.9,38.46,0),`

імітуючи прибуття вапняку зі станції Княжеве, розмір партії вагонів задається виразом:

`roundToInt(exponential(1,30,6.29,0)),`

відповідно до визначеного експоненціального розподілу.

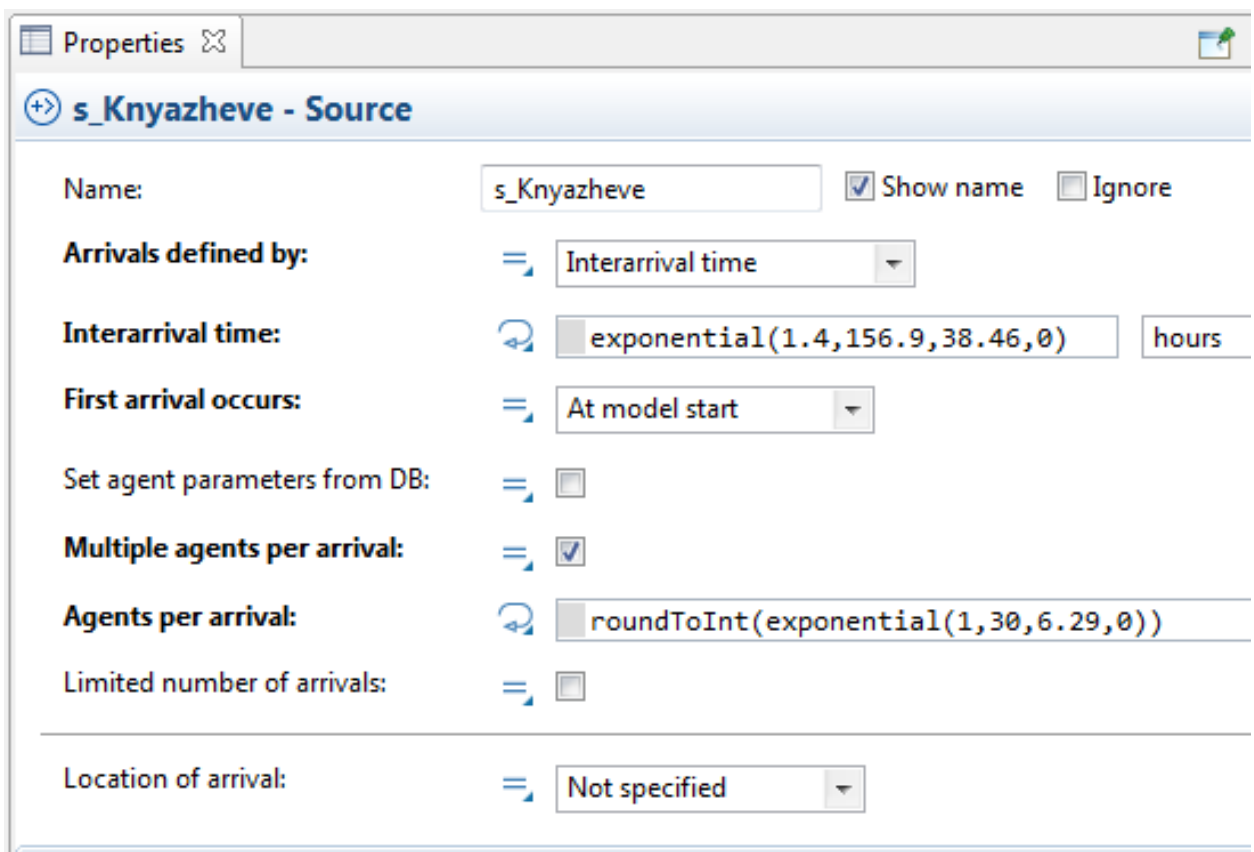


Рисунок 2.14 – Елемент s_Knyazheve

На рисунку 2.15 показний елемент s_Nigin.

В ньому генеруються замовлення через інтервали часу:

`exponential(0.6,62.5,13.09,0),`

імітуючи прибуття вапняку зі станції Нігин, розмір партії вагонів задається виразом:

`roundToInt(exponential(1,50,13.13,0)),`

відповідно до визначеного експоненціального розподілу.

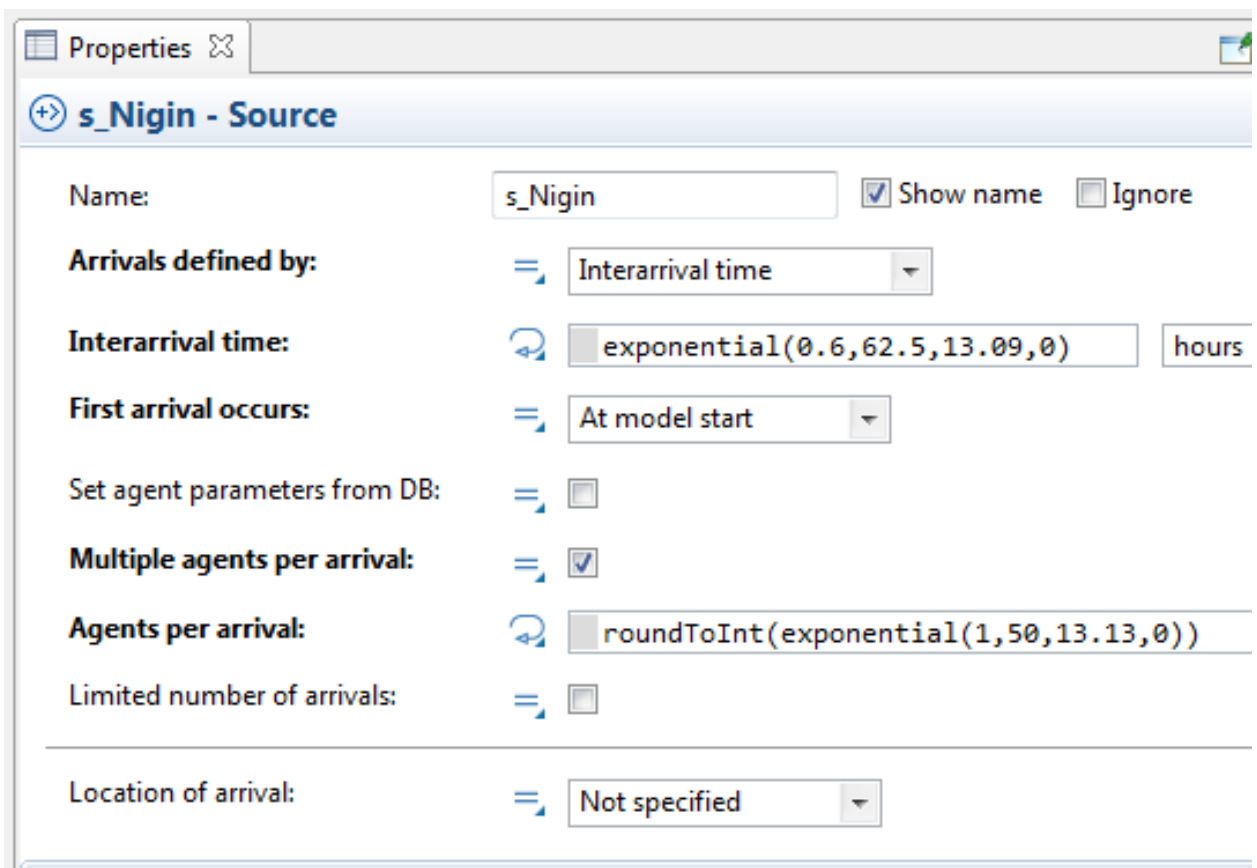


Рисунок 2.15 – Елемент s_Nigin

На рисунку 2.16 показний елемент s_Yaroshenka.

В ньому генеруються замовлення через інтервали часу:

`exponential(0.9,176.3,40.72,0),`

імітуючи прибуття вапняку зі станції Ярошенка, розмір партії вагонів задається виразом:

`roundToInt(exponential(1,16,5.24,0)),`

відповідно до визначеного експоненціального розподілу.

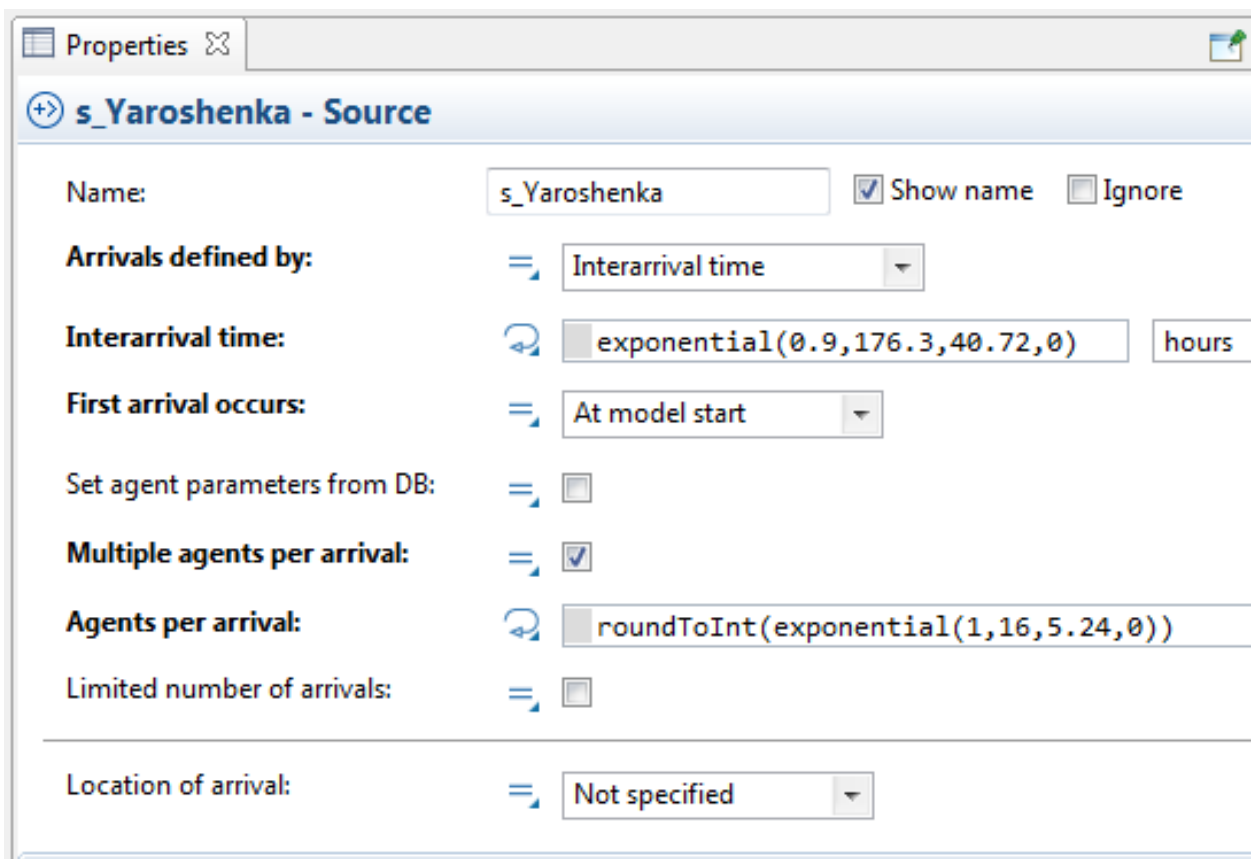


Рисунок 2.16 –Елемент s_Yaroshenka

На рисунку 2.17 показний елемент s_Maxim.

В ньому генеруються замовлення через інтервали часу:

`exponential(0.9,72,14.86,0),`

імітуючи прибуття вапняку зі станції Максимівка-Тернопільська, розмір партії вагонів задається виразом:

`roundToInt(exponential(1,23,7.49,0)),`

відповідно до визначеного експоненціального розподілу.

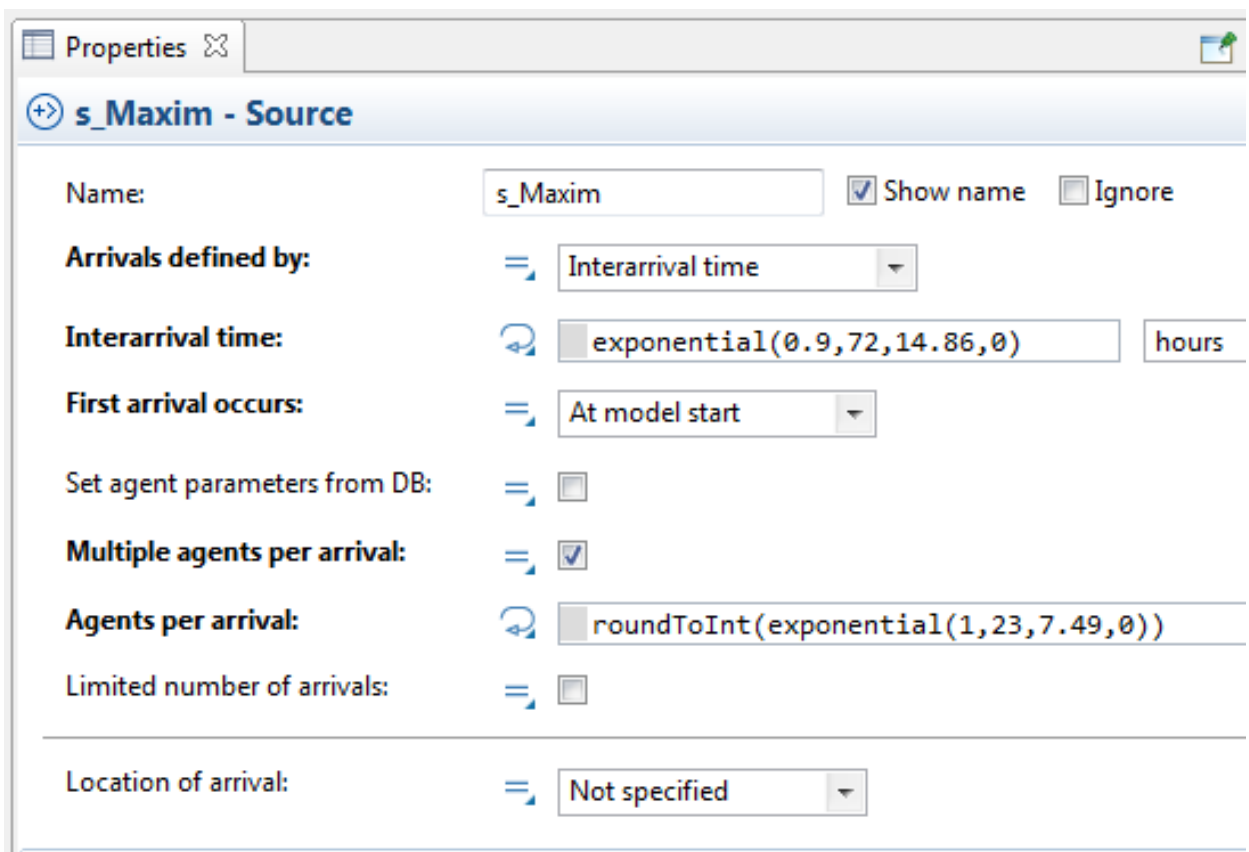


Рисунок 2.17 – Елемент s_Maxim

Наступна частина першого блоку складається з однотипних елементів-черг, на прикладі елементу q_Gumenci на рисунку 2.18 показані параметри цих елементів.

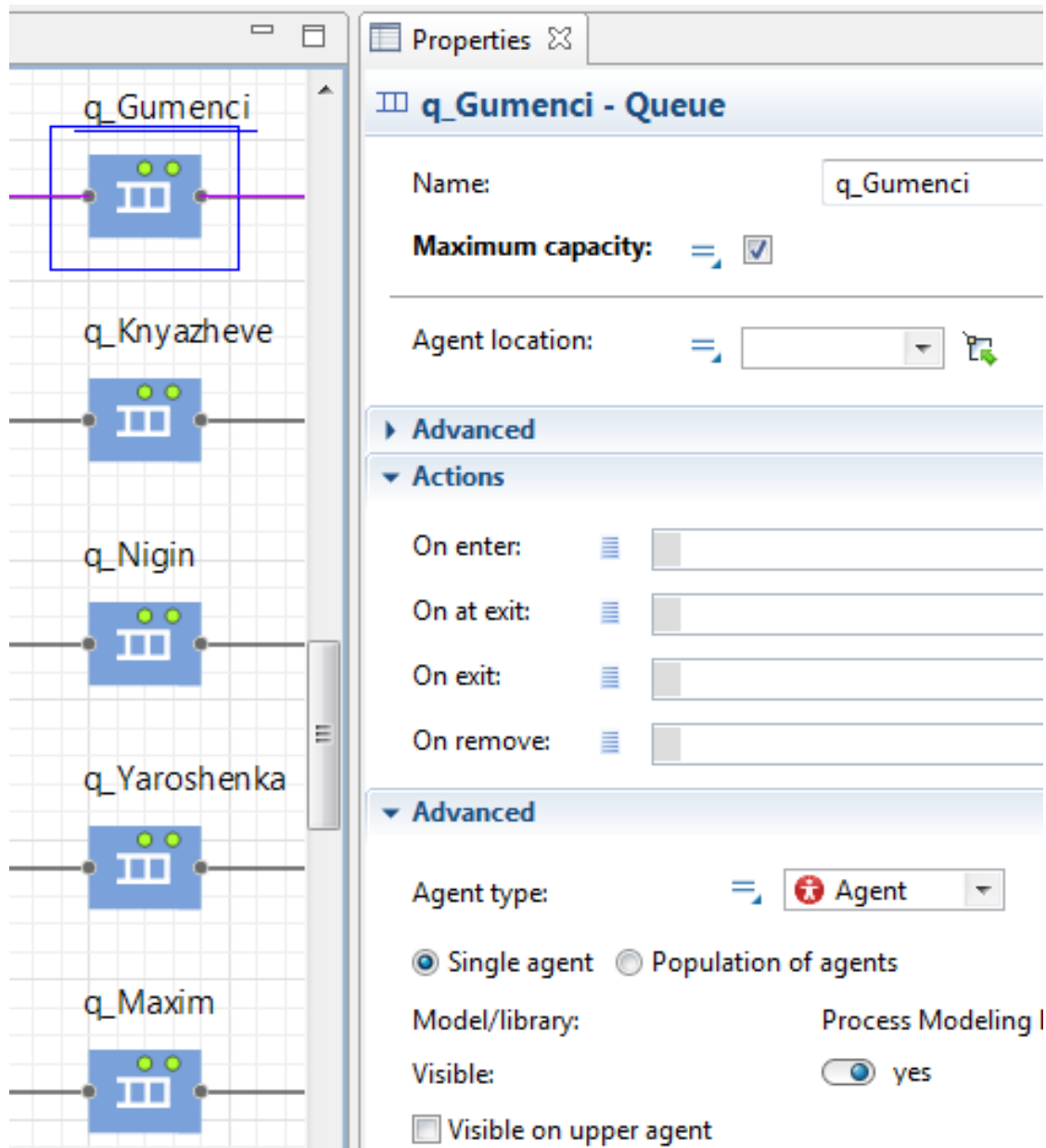


Рисунок 2.18 – Параметри елементів-черг

На рисунку 2.19 показаний елемент блокування h_Gumenci. Даний елемент спочатку роботи є заблокованим та блокується одразу після звільнення попередньої черги:

`if (q_Gumenci.size()==0) h_Gumenci.setBlocked(true),`

де її розмір повертається функцією `size()`. Про систему управління розблокуванням буде пояснено пізніше.

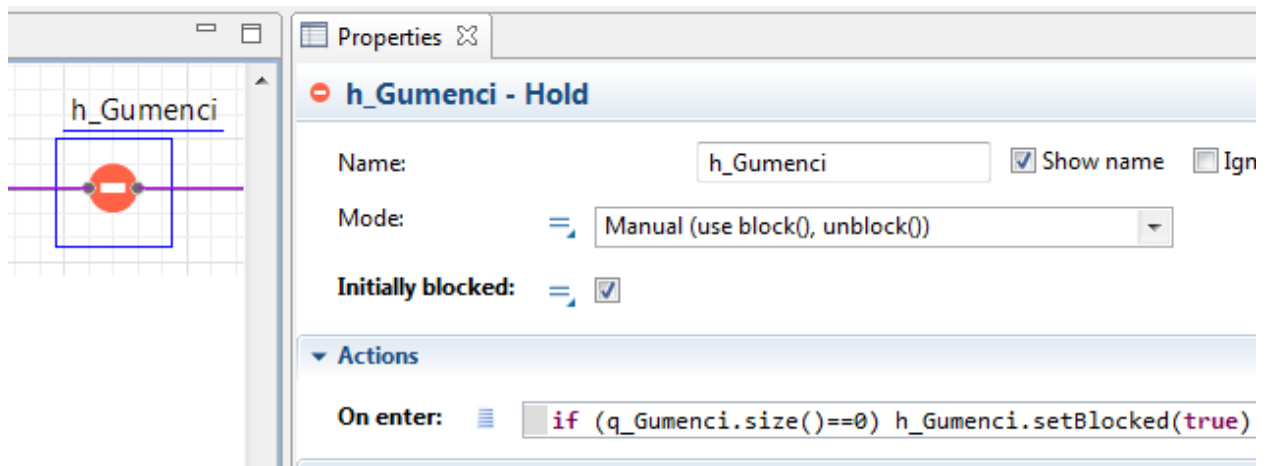


Рисунок 2.19 – Елемент блокування h_Gumenci

На рисунку 2.20 показаний елемент блокування h_Knyazheve. Даний елемент також спочатку роботи є заблокованим та блокується одразу після звільнення попередньої черги:

`if (q_Knyazheve.size()==0) h_Knyazheve.setBlocked(true).`

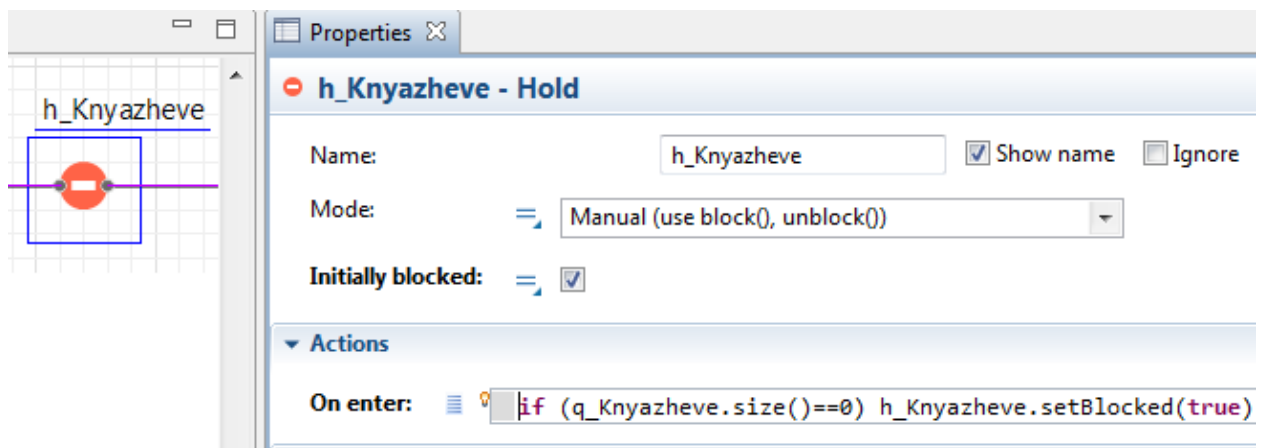


Рисунок 2.20 – Елемент блокування h_Knyazheve

На рисунку 2.21 показаний елемент блокування h_Nigin. Елемент також спочатку роботи є заблокованим та блокується одразу після звільнення попередньої черги:

```
if (q_Nigin.size()==0) h_Nigin.setBlocked(true),
```

коли замовлення проходять далі.

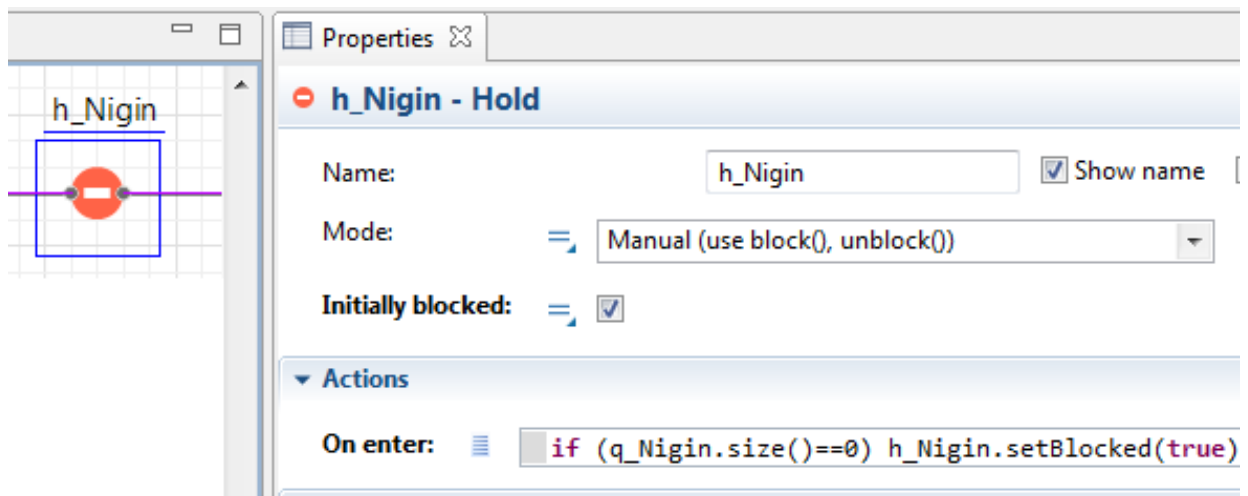


Рисунок 2.21 – Елемент блокування h_Nigin

На рисунку 2.22 показаний елемент блокування h_Yaroshenka.

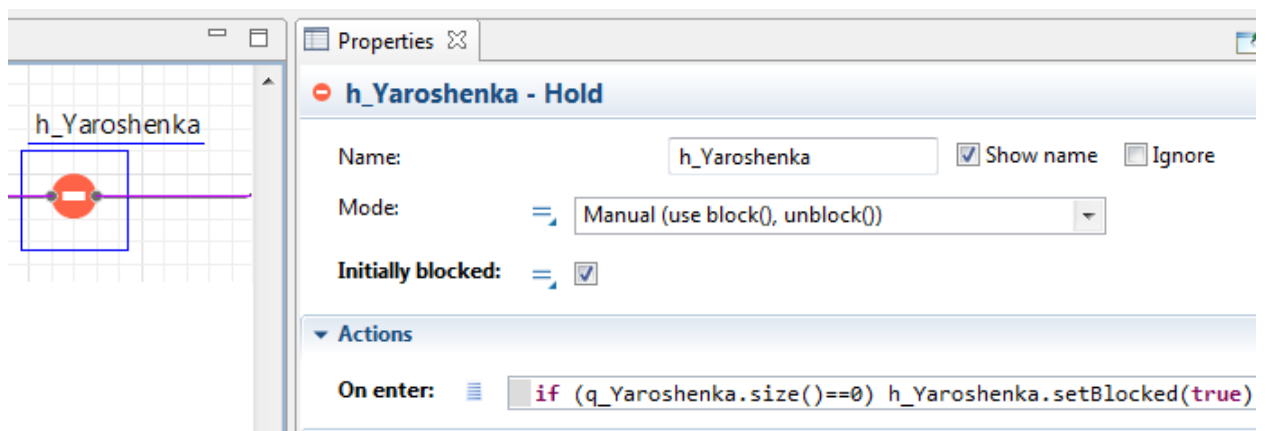


Рисунок 2.22 – Елемент блокування h_Yaroshenka

Аналогічно попереднім елементам, h_Yaroshenka так само спочатку є заблокованим та блокується після проходження составу:

```
if (q_Yaroshenka.size()==0) h_Yaroshenka.setBlocked(true),
```

тобто усіх замовлень з партії вагонів.

На рисунку 2.23 показаний елемент блокування h_Maxim із аналогічними параметрами блокування:

```
if (q_Maxim.size()==0) h_Maxim.setBlocked(true).
```

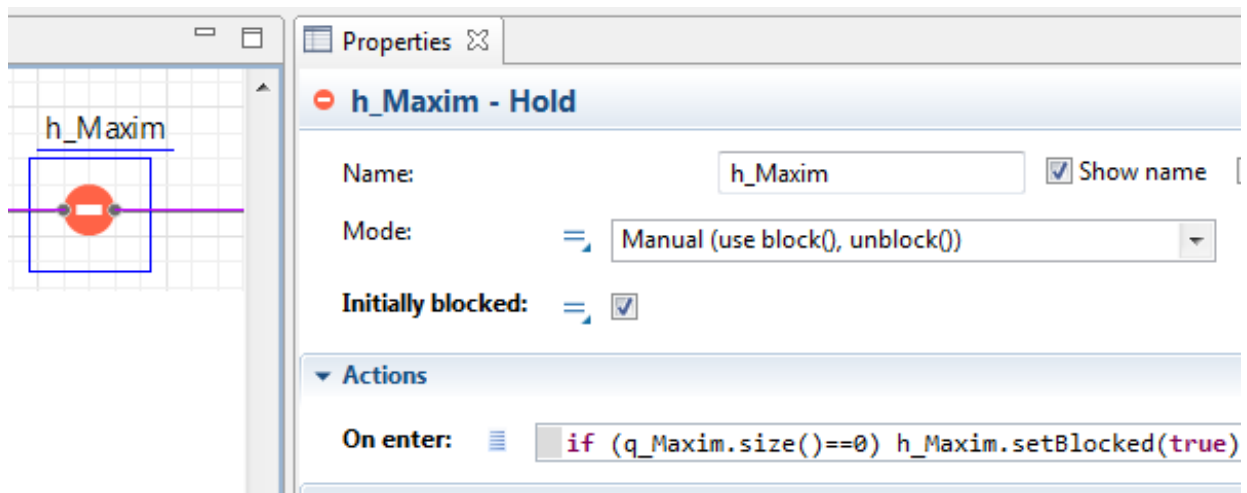


Рисунок 2.23 – Елемент блокування

Після процедури блокування виконується розподіл потоків в залежності від розміру партій вагонів елементом sel_Park_A_B рисунок 2.24.

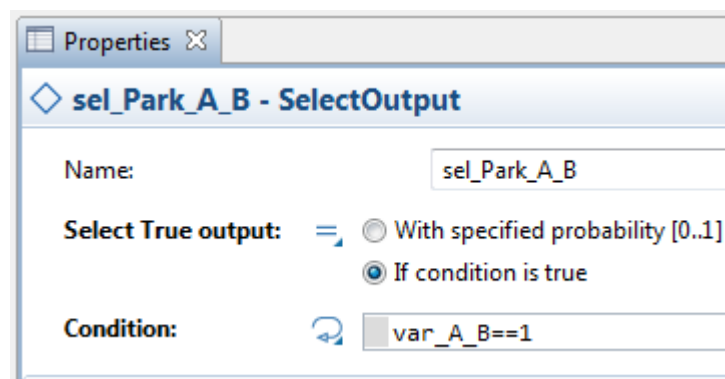


Рисунок 2.24 – Елемент sel_Park_A_B

Структура розподілу показана на рисунку 2.25.

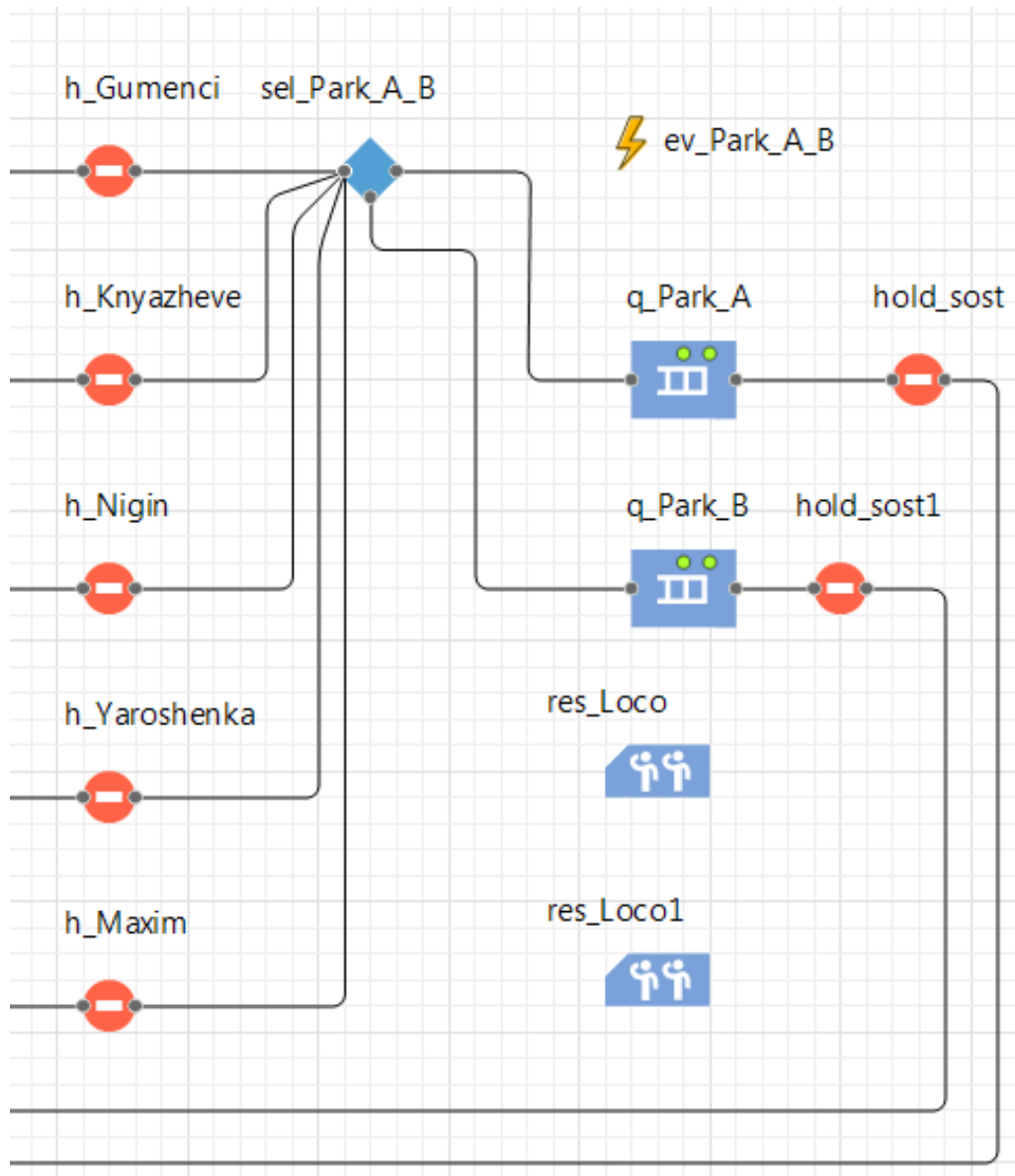


Рисунок 2.25 – Структура розподілу потоків

Вагонопотоки вапняку розподіляються по напрямках руху:

- через парк А станції Запоріжжя-Ліве;
- через парк Б станції Запоріжжя-Ліве.

Управління розподілом в роботі пропонується виконувати в залежності від розміру партії вагонів.

Це здійснюється дослідником шляхом процедур у елементі події ev_Park_A_B – рисунок 2.26, через встановлення значення змінної var_A_B – рисунок 2.27.

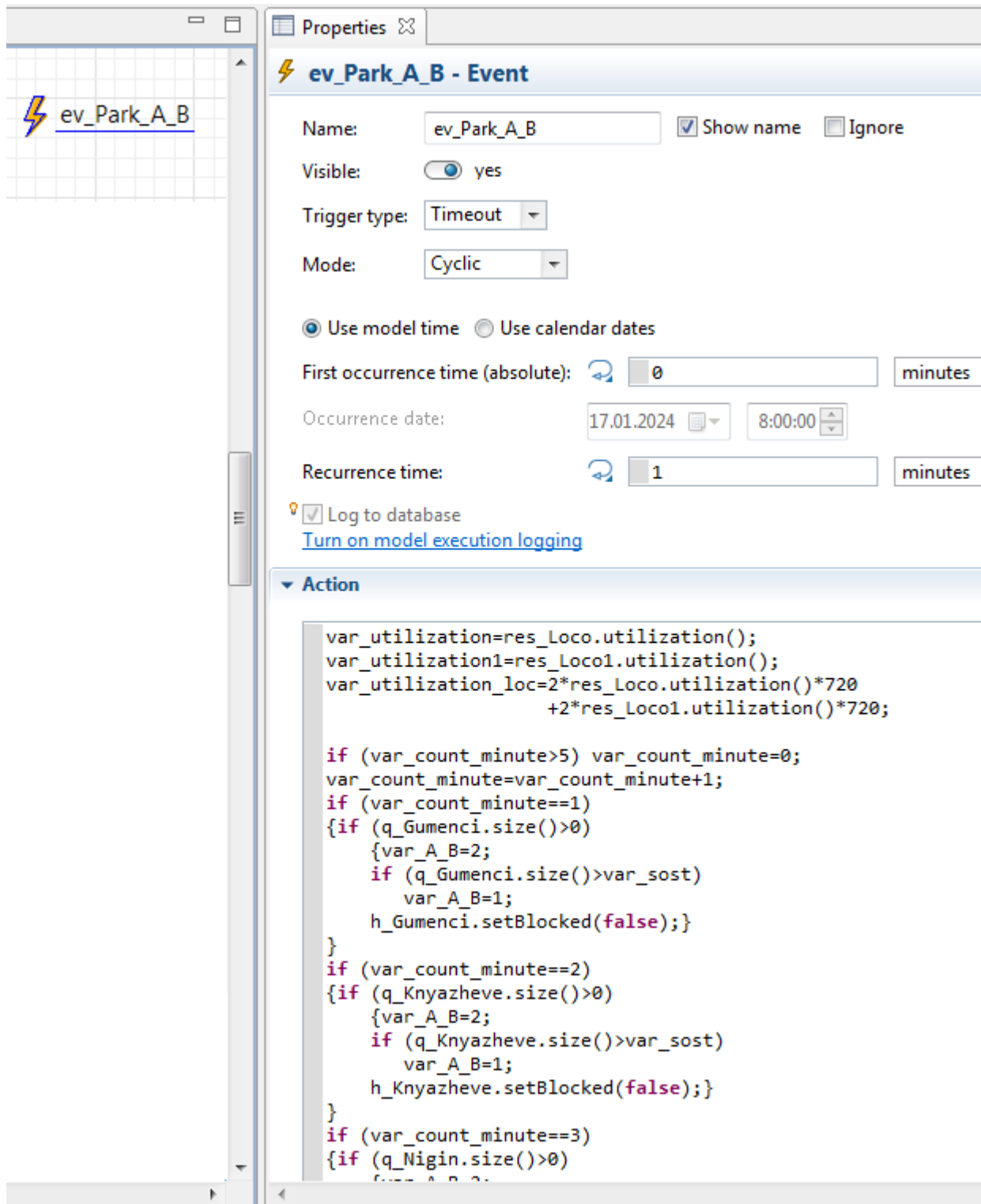


Рисунок 2.26 – Елементі події ev_Park_A_B

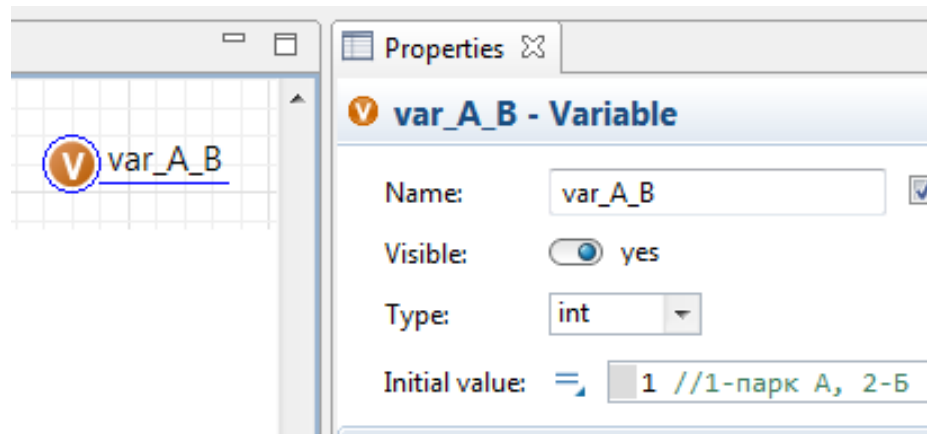


Рисунок 2.27 – Змінна var_A_B

Вагони можуть потрапити до парку А станції Запоріжжя-Ліве –
 рисунок 2.28 – черги q_Park_A, вихід з якої розблоковується:

`if (q_Park_A.size()>var_sost) hold_sost.setBlocked(false),`

у випадку перевищення встановленого розміру поїзду, який складається з
 однорідного вантажу – вапняку.

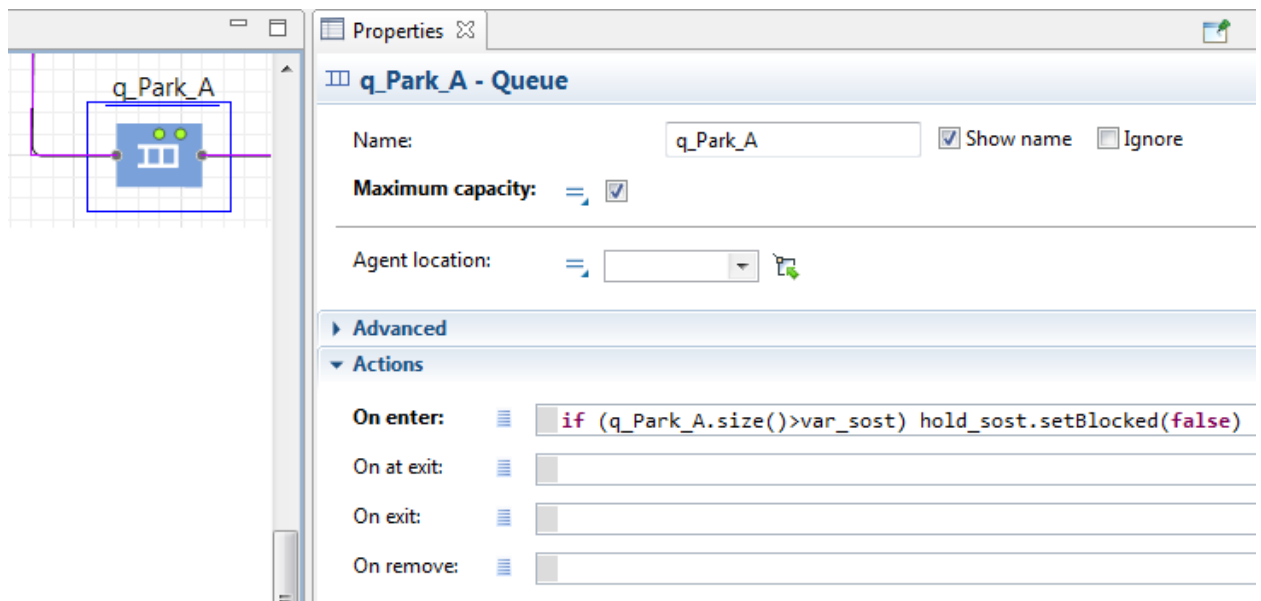


Рисунок 2.28 – Черга q_Park_A

Вагони також можуть потрапити до парку Б станції Запоріжжя-Ліве –
 рисунок 2.29 – черги q_Park_B, вихід з якої розблоковується:

```
if (q_Park_B.size()>10) hold_sost1.setBlocked(false),
```

у випадку перевищення встановленої кількості вапняку у складі составу із
 різними вантажами (10 вагонів).

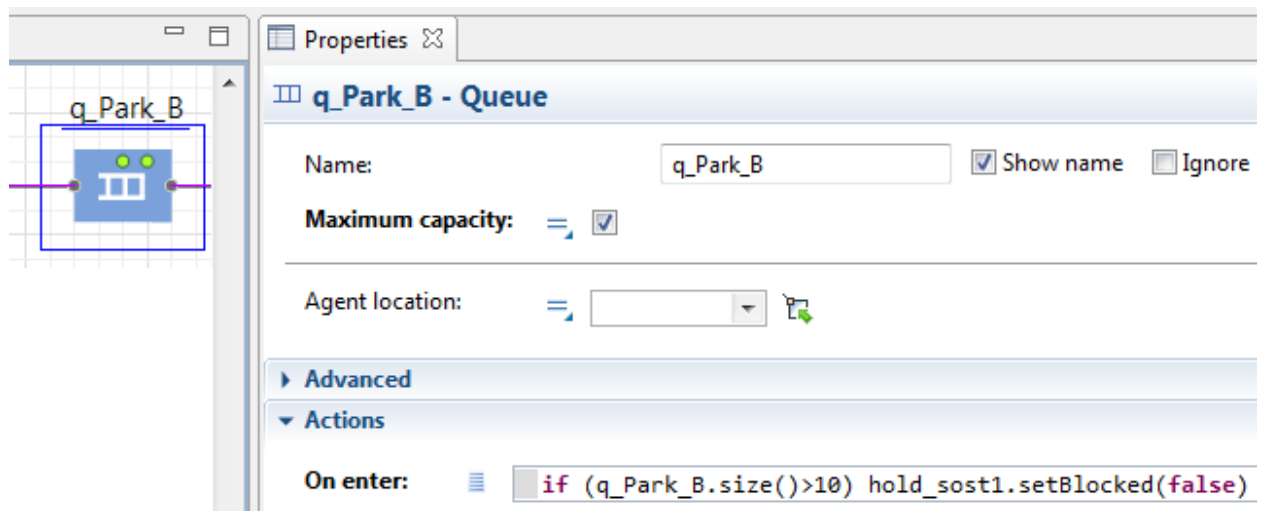


Рисунок 2.29 – Черга q_Park_B

При проходженні усіх замовлень, черги блокуються – рисунки 2.30 та 2.31.

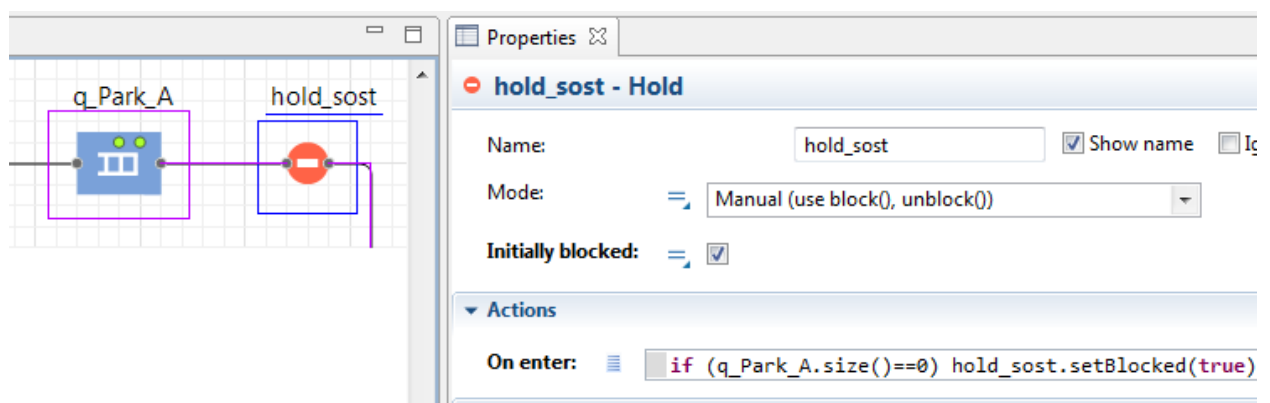


Рисунок 2.30 – Блокатор hold_sost

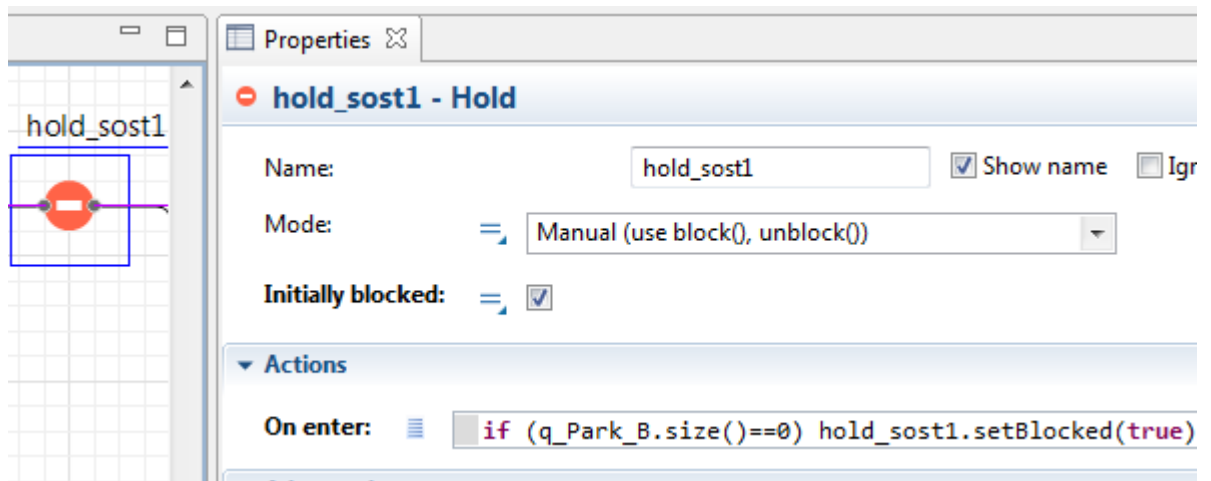


Рисунок 2.31 – Блокатор hold_sost1

Надалі замовлення захоплюють ресурс (один ресурс приєднується до усіх замовлень одразу), що показано на рисунках 2.32 та 2.33.

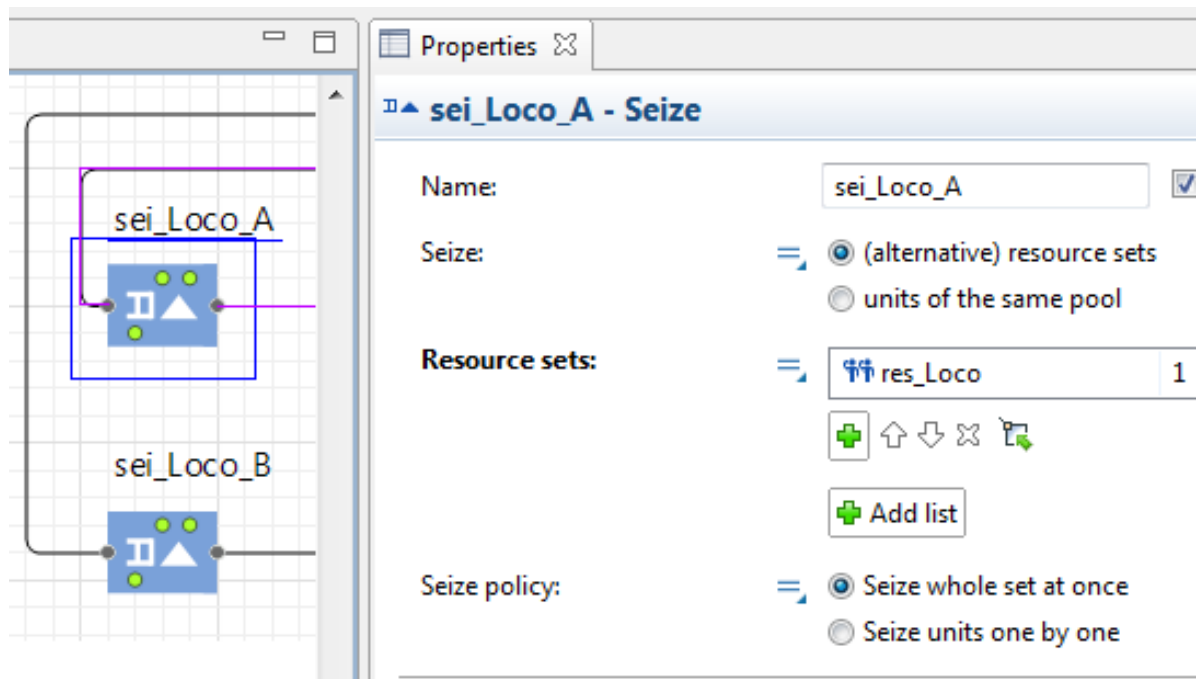


Рисунок 2.32 – Захоплювач ресурсу sei_Loco_A

Кількість ресурсів задається елементом res_Loco – рисунок 2.34.

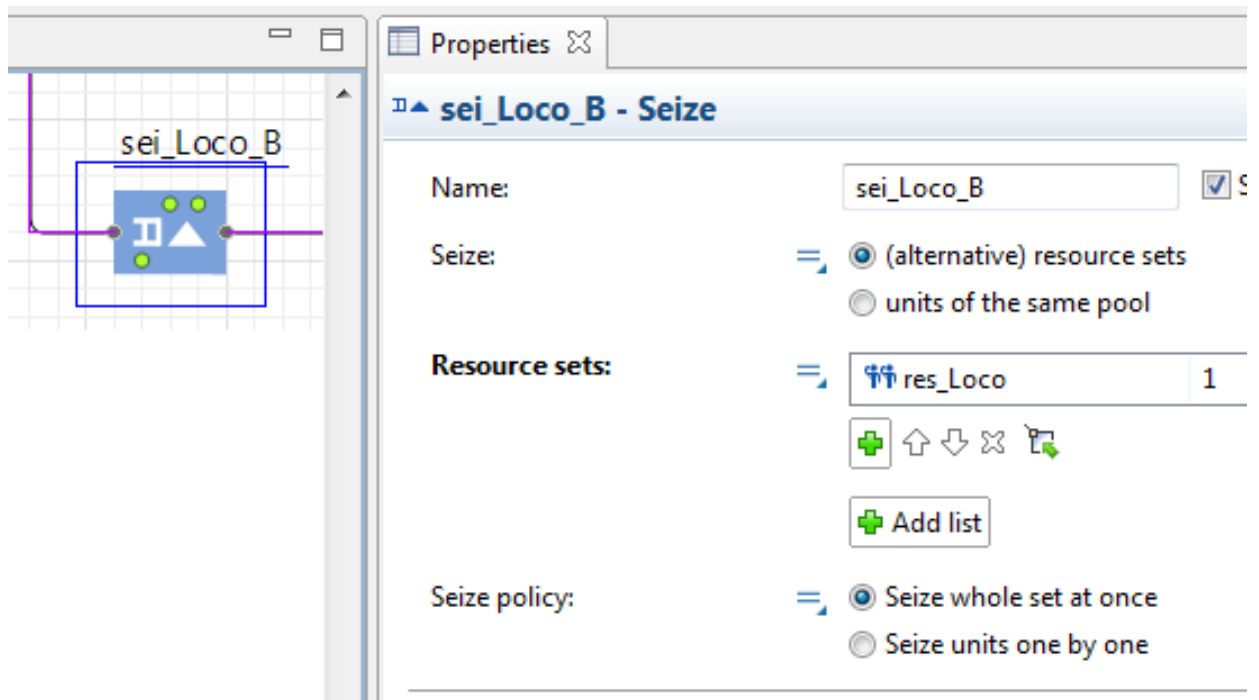


Рисунок 2.33 – Захоплювач ресурсу sei_Loco_B

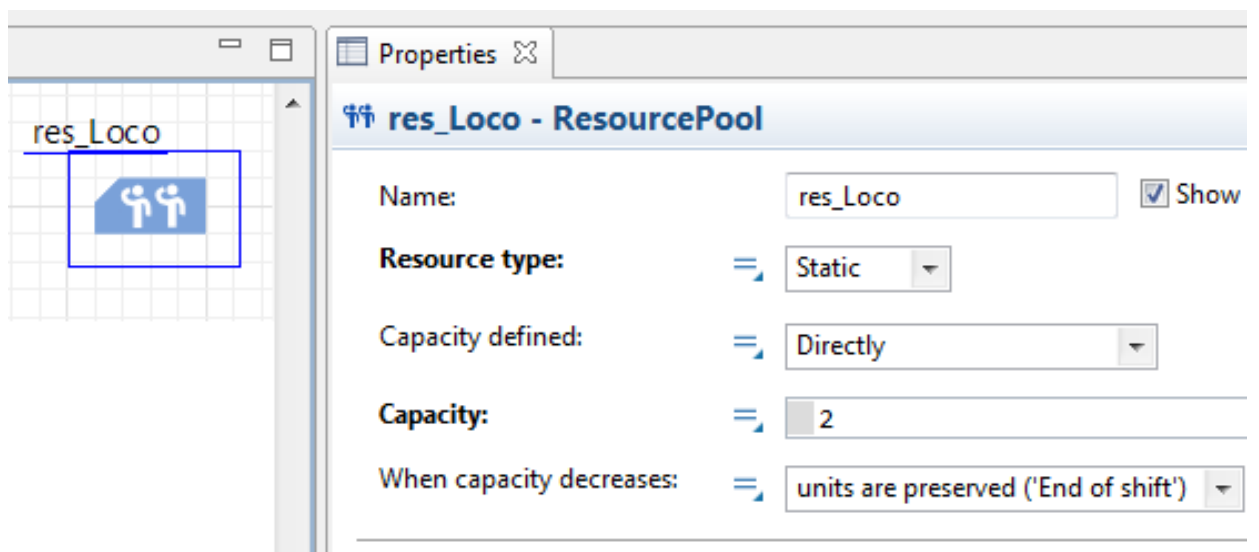


Рисунок 2.34 – Елемент res_Loco

Код управління, розміщений у елементі ev_Park_A_B, передбачає наступні етапи.

Збір інформації щодо використання локомотивного парку здійснюється змінними `var_utilization` та `var_utilization1`:

```
var_utilization=res_Loco.utilization();
var_utilization1=res_Loco1.utilization();
var_utilization_loc=2*res_Loco.utilization()*720
                    +2*res_Loco1.utilization()*720;
```

де 720 – кількість годин у місяці, а функція `utilization()` повертає значення частки використання відповідного ресурсу за часом.

Спрацювання елементу `ev_Park_A_B` здійснюється кожну хвилину роботи програми. При цьому формується період у 5 хвилин:

```
if (var_count_minute>5) var_count_minute=0;
var_count_minute=var_count_minute+1,;
```

який розділяється на п'ять частин по хвилині на обробку вагонів з кожного напрямку надходження вапняку, зі станції Гуменці:

```
if (var_count_minute==1)
{if (q_Gumenci.size())>0)
    {var_A_B=2;
    if (q_Gumenci.size())>var_sost)
        var_A_B=1;
    h_Gumenci.setBlocked(false);}
},
```

зі станції Княжеве:

```

if (var_count_minute==2)
{if (q_Knyazheve.size()>0)
    {var_A_B=2;
    if (q_Knyazheve.size()>var_sost)
        var_A_B=1;
    h_Knyazheve.setBlocked(false);}
},

```

зі станції Нігин:

```

if (var_count_minute==3)
{if (q_Nigin.size()>0)
    {var_A_B=2;
    if (q_Nigin.size()>var_sost)
        var_A_B=1;
    h_Nigin.setBlocked(false);}
},

```

зі станції Ярошенка:

```

if (var_count_minute==4)
{if (q_Yaroshenka.size()>0)
    {var_A_B=2;
    if (q_Yaroshenka.size()>var_sost)
        var_A_B=1;
    h_Yaroshenka.setBlocked(false);}
},

```

зі станції Максимівка-Тернопільська:

```

if (var_count_minute==5)
{if (q_Maxim.size()>0)
    {var_A_B=2;
    if (q_Maxim.size()>var_sost)
        var_A_B=1;
    h_Maxim.setBlocked(false);}
},

```

дані умови виконують розблокування процесу проходження вагонів відповідно до встановлених розмірів составів.

Наступний блок забезпечує імітацію доставки вапняку для флюсування до станції Південна – рисунок 2.35.

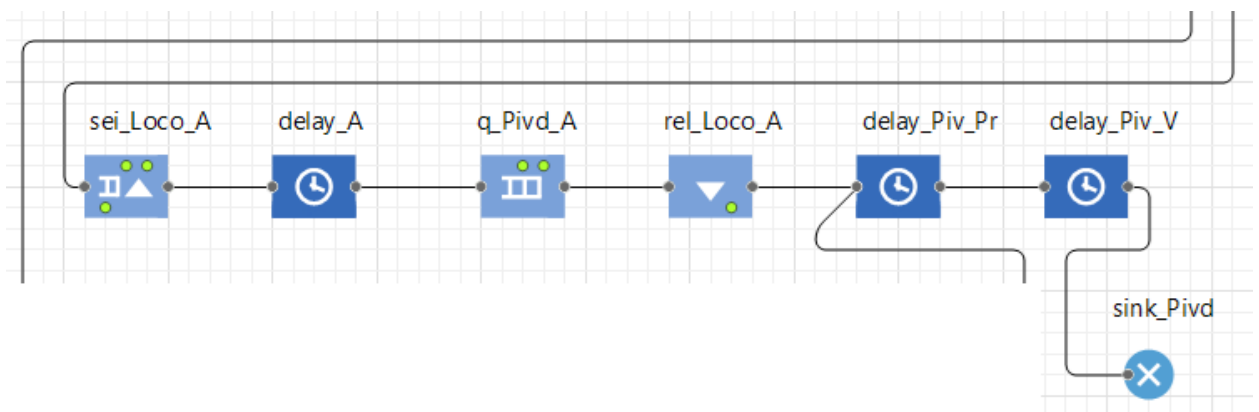


Рисунок 2.35 – Блок імітації доставки вапняку для флюсування до станції Південна

Після захоплення ресурсу, що було вже описано вище, замовлення затримуються елементом `delay_A` (імітує затримку з доставки) та потрапляють до черги `q_Pivd_A`, після чого локомотив звільнюється елементом `rel_Loco_A`. Надалі виконується затримка елементом `delay_Piv_Pr` з метою імітації обробки составу з прибуття.

Елемент delay_Piv_V здійснює затримку з імітації вивантаження вагонів та руху по перегону до/зі станції вивантаження – рисунок 2.36.

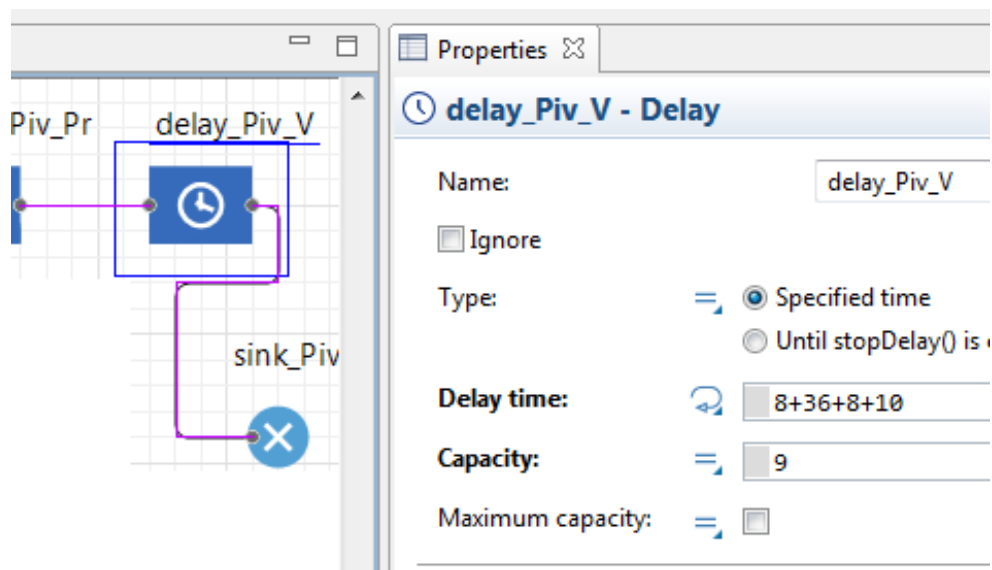


Рисунок 2.36 – Елемент delay_Piv_V

Елемент знищення замовлень sink_Pivd здійснює функцію підрахунку кількості вагонів:

$$\text{var_Piv_vapn} = \text{var_Piv_vapn} + 1,$$

що показано на рисунку 2.37.

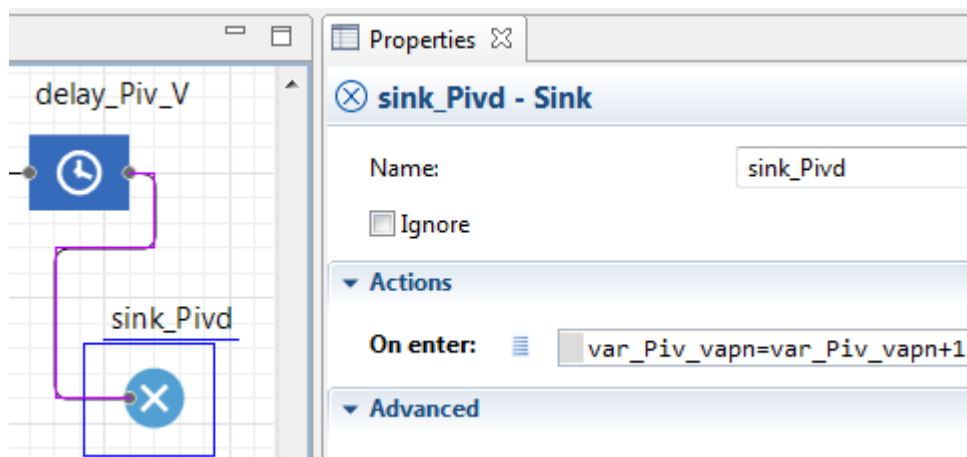


Рисунок 2.37 – Елемент sink_Pivd

Наступний блок з доставки вагонів на станцію Підбіркова/Вугільну – рисунок 2.38 – передбачає:

- затримку по імітації перевезення delay_B;
- потрапляння у чергу q_Skh_B (колії станції призначення);
- звільнення ресурсу rel_Loco_B;
- розподіл по станціях призначення – елемент sel_Vug (рисунок 2.39).

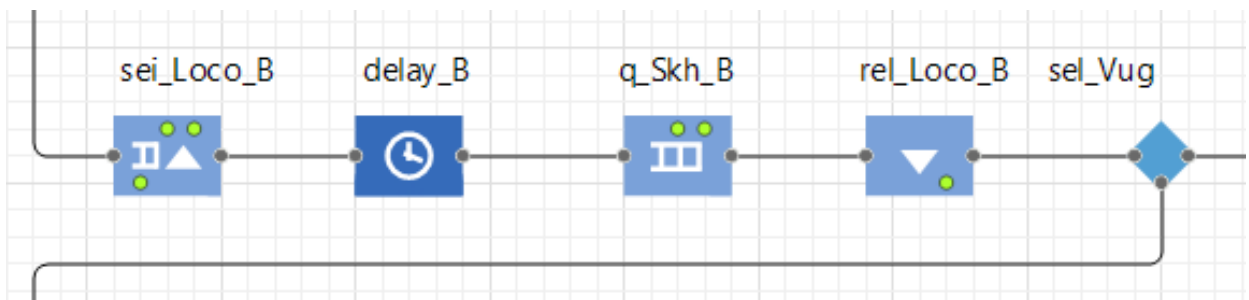


Рисунок 2.38 – Блок доставки вагонів на станцію Підбіркова/Вугільну

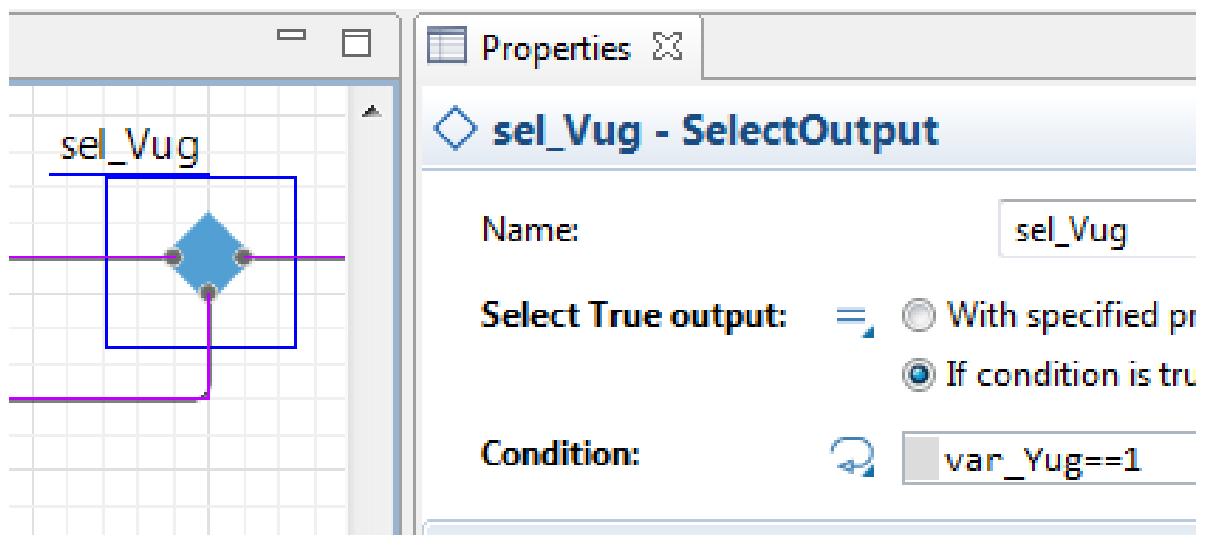


Рисунок 2.39 – Елемент sel_Vug

Управління елементом sel_Vug здійснюється через змінну var_Yug, значення якої встановлюється елементом події event_Data (рисунок 2.40).

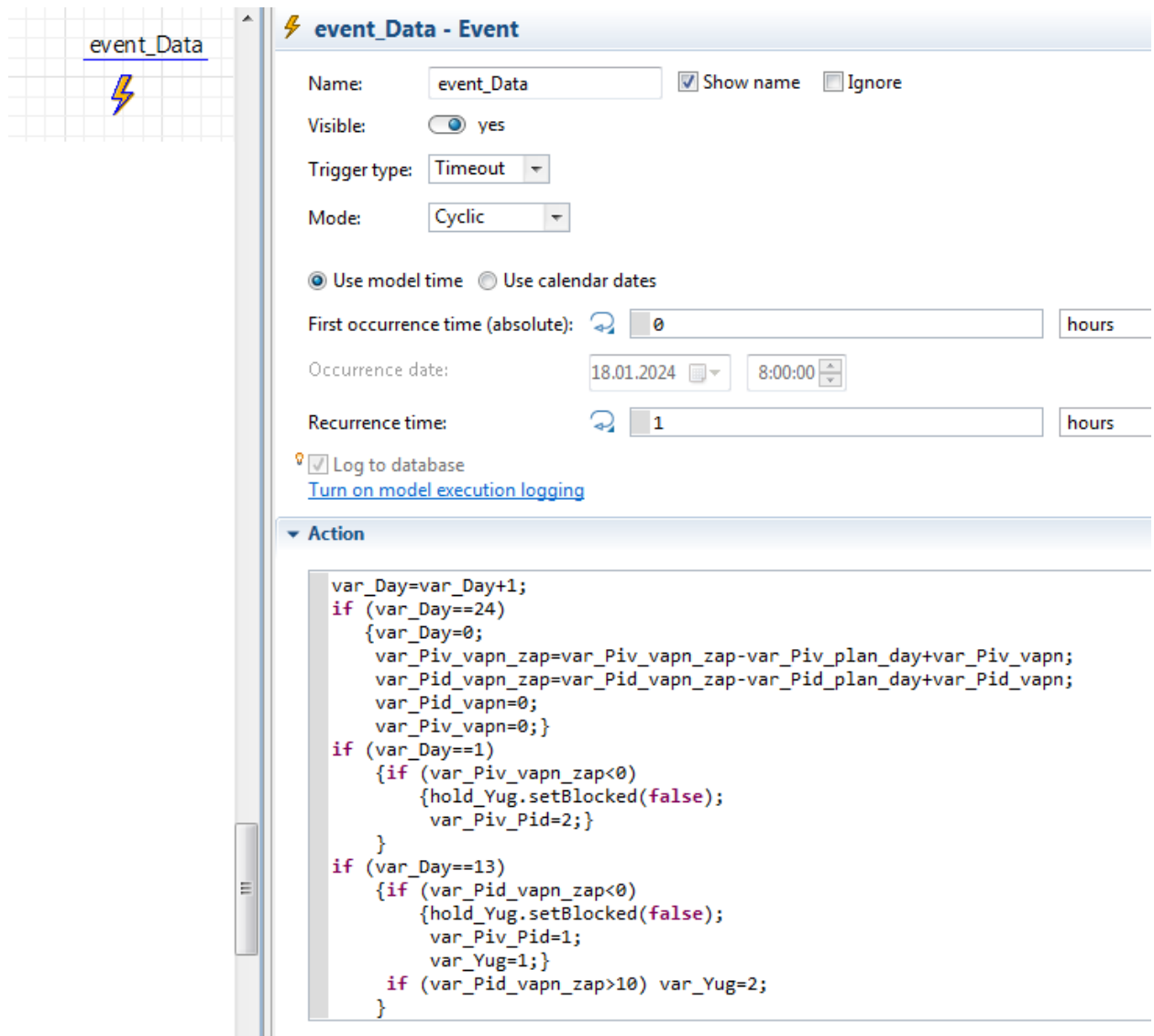


Рисунок 2.40 – Елемент event_Data

Наступний код забезпечує кожен добу вираховує відхилення від середньодобового надходження до пунктів призначення:

```

var_Day=var_Day+1;
if (var_Day==24)
{var_Day=0;
var_Piv_vapn_zap=var_Piv_vapn_zap-var_Piv_plan_day+var_Piv_vapn;
var_Pid_vapn_zap=var_Pid_vapn_zap-var_Pid_plan_day+var_Pid_vapn;
var_Pid_vapn=0;
  
```

```
var_Piv_vapn=0;}
```

У разі потреби надолуження кількості вагонів до планової, вони доставляються зі станції Вугільна, склади якої використовуються для створення запасів вапняку.

Для доставки з Вугільної до Південної:

```
if (var_Day==1)
    {if (var_Piv_vapn_zap<0)
        {hold_Yug.setBlocked(false);
        var_Piv_Pid=2;}
    }.
```

Для доставки з Вугільної до Підбіркової:

```
if (var_Day==13)
    {if (var_Pid_vapn_zap<0)
        {hold_Yug.setBlocked(false);
        var_Piv_Pid=1;
        var_Yug=1;}
    if (var_Pid_vapn_zap>10) var_Yug=2;
    }.
```

Ланцюг кінцевого етапу доставки до станції Підбіркова показаний на рисунку 2.41.

Елемент delay_Pid_V здійснює затримку з імітації вивантаження на шихтовому дворі станції Підбіркова.

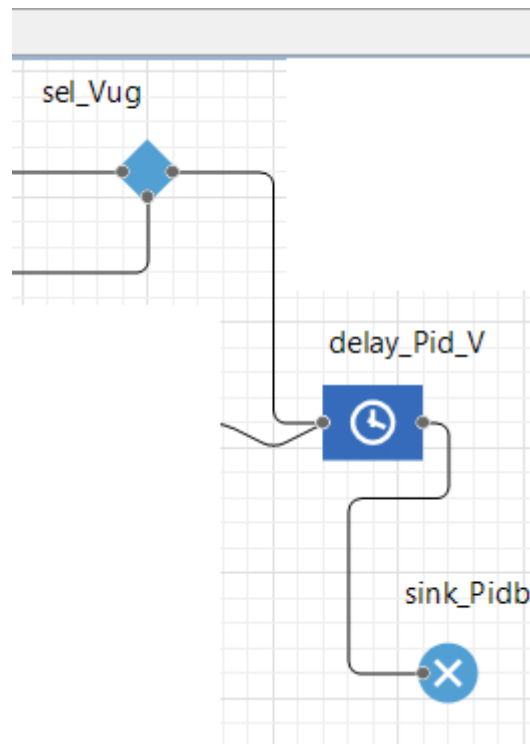


Рисунок 2.41 – Ланцюг кінцевого етапу доставки до станції Підбіркова

Елемент `sink_Pidb` здійснює знищення замовлень із фіксацією кількості розвантажених вагонів:

$$\text{var_Pid_vapn} = \text{var_Pid_vapn} + 1,$$

що показано на рисунку 2.42.

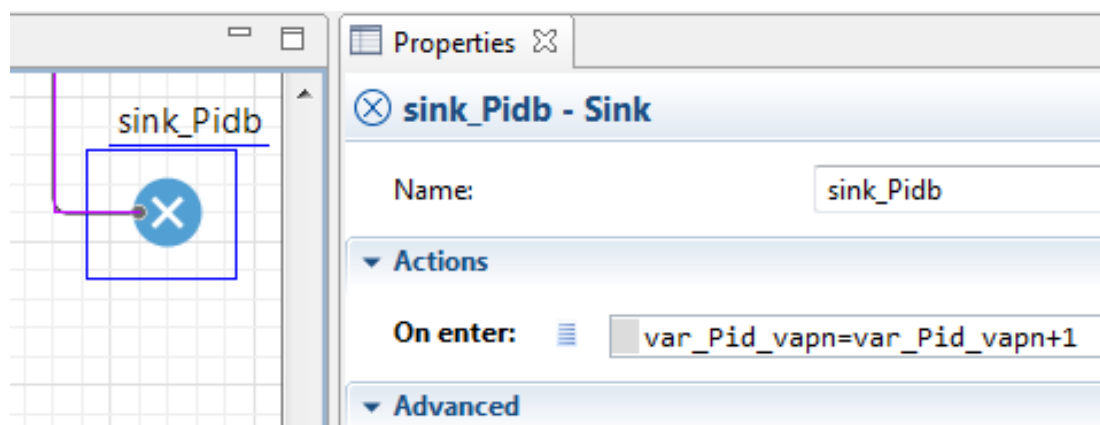


Рисунок 2.42 – Елемент `sink_Pidb`

Блок обробки вагонів по станції Вугільна показаний на рисунку 2.43.

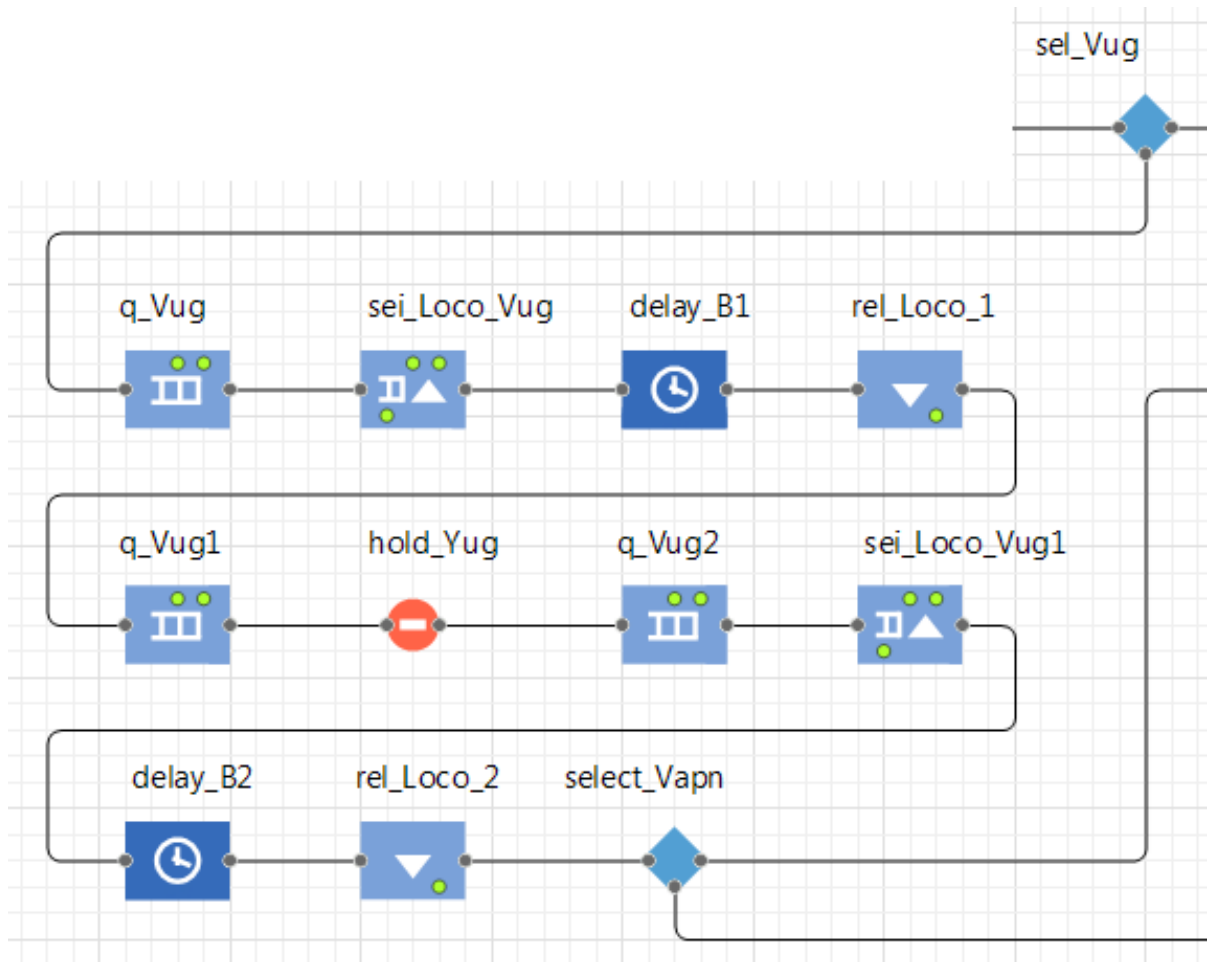


Рисунок 2.43 – Блок обробки вагонів з вапняком по станції Вугільна

Частина блоку з його початку до елементу затримки hold_Yug (рисунок 2.44) імітує надходження вапняку на склад, після нього – відвантаження зі складу – за необхідності:

```
var_Yug_count=var_Yug_count+1;
if (var_Yug_count==10) hold_Yug.setBlocked(true);
var_Yug_count=0,;
```

партиями по 10 вагонів.

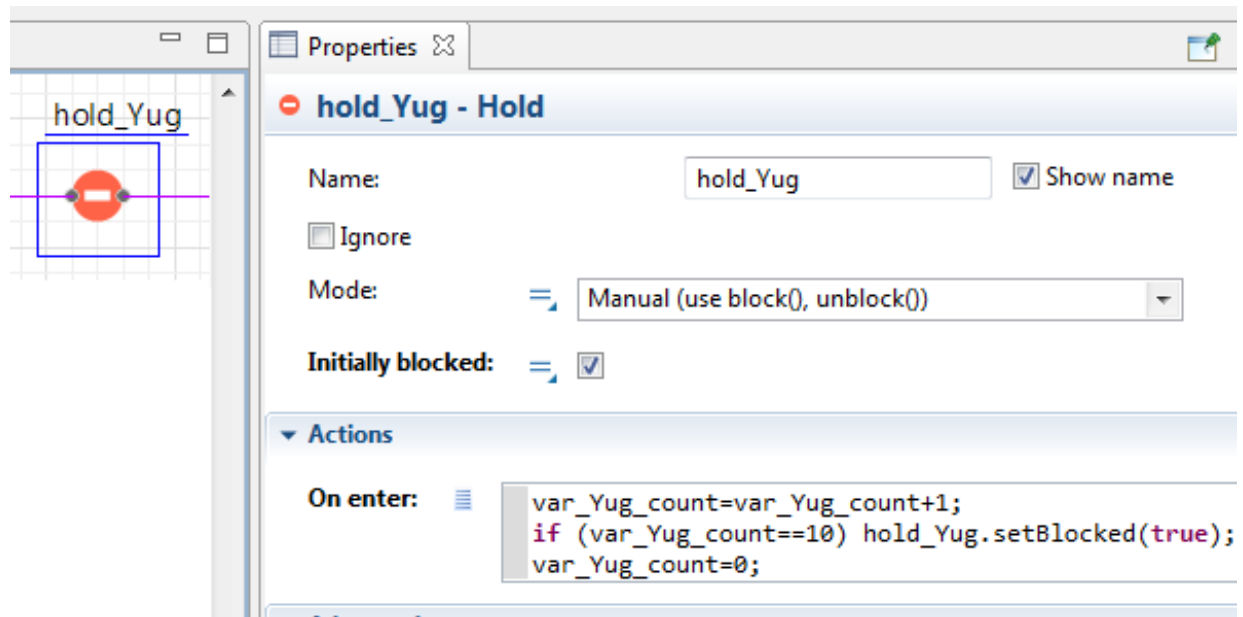


Рисунок 2.44 – Елемент затримки hold_Yug

Розподіл по пункту призначення зі складу станції Вугільна здійснює елемент select_Vapn – рисунок 2.45.

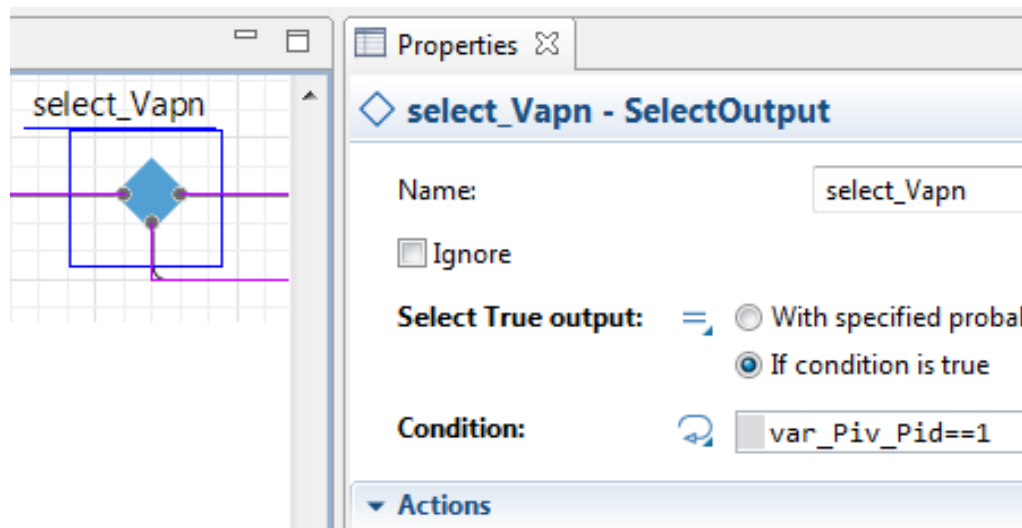


Рисунок 2.45 – Елемент select_Vapn

Зв'язок елементу select_Vapn з елементами, що імітують роботу кінцевих пунктів призначення, показаний на рисунку 2.46.

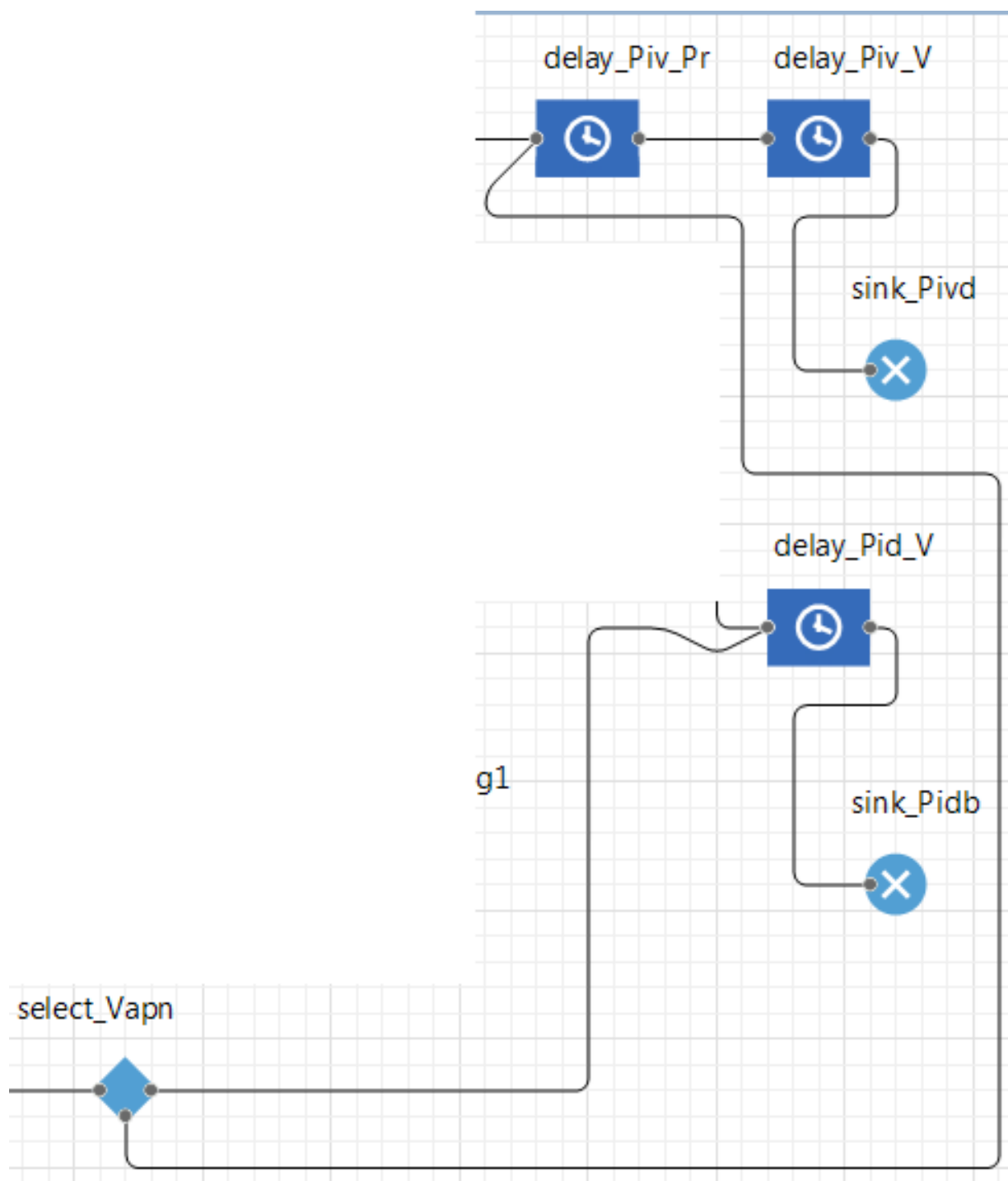


Рисунок 2.46 – Зв'язок елементу `select_Vapn` з елементами, що імітують роботу кінцевих пунктів призначення

Загальний вигляд програми Limestone показаний на рисунку 2.47.

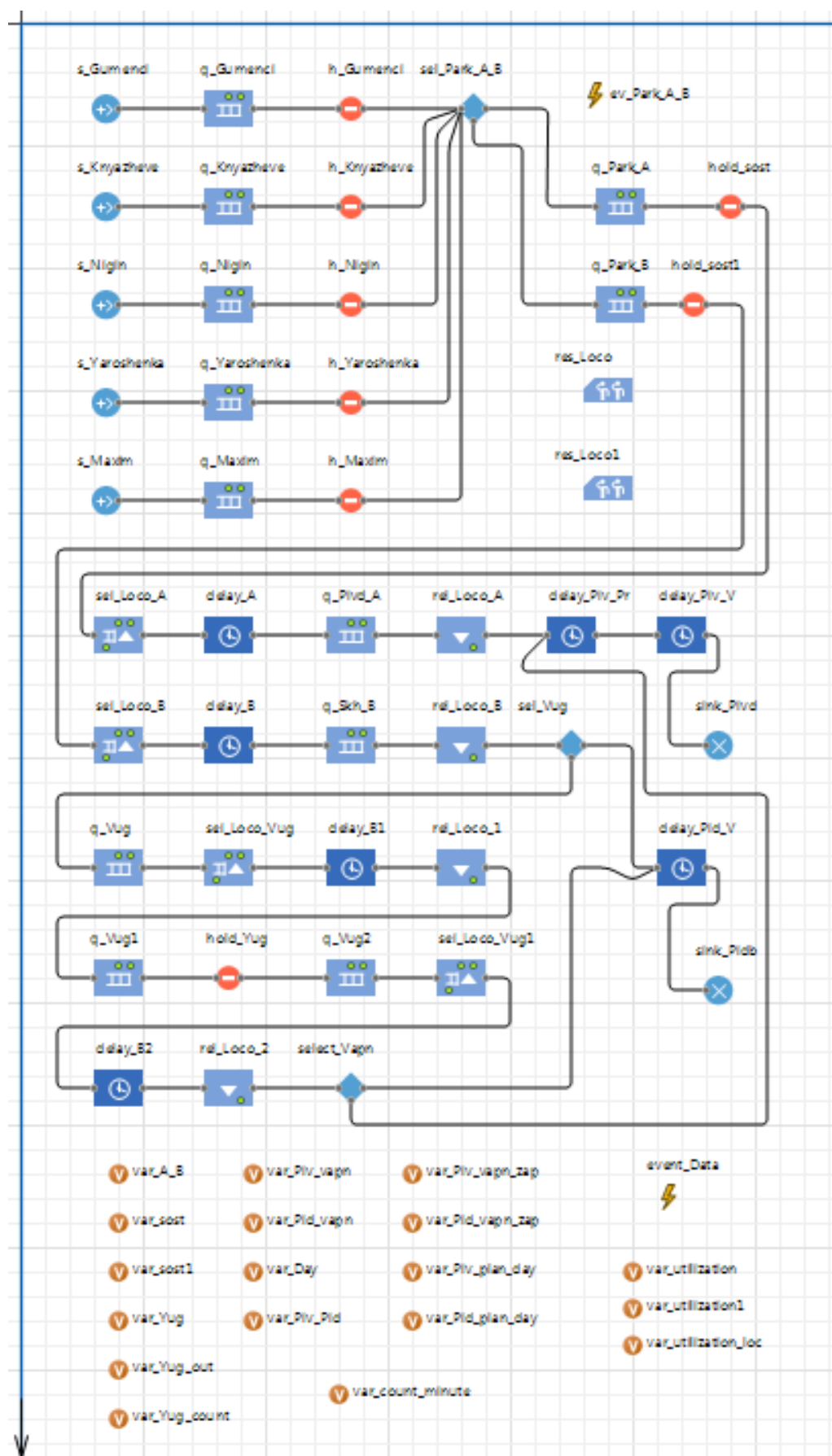


Рисунок 2.47 – Загальний вигляд програми Limestone

2.7 Експерименти на моделі Limestone

Результати шести експериментів, проведених на моделі Limestone представлені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Результати експериментів, виконаних на моделі Limestone, за місяць

Розмір составів, які формується у однорідний поїзд без переробки, вагонів	Мінімальний розмір передавального составу з вапняком, вагонів	Використання локомотивів за часом, годин	Кількість перевезених зі складу вагонів, од.	Додатковий час користування вагонами, вагоно-годин
10	20	2265	660	2640
10	30	2132	710	2840
10	40	2005	750	3000
20	20	2090	650	2600
20	30	2210	720	2880
20	40	2225	770	3080

Виконаємо економічні розрахунки за кожним з цих шести варіантів, завдяки чому можна визначити найбільш ефективний варіант доставки вапняку для флюсування.

3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Вихідні дані для економічних розрахунків, отриманих на основі роботи програми Limestone

Були отримані результати 6 експериментів моделі Limestone, завдяки яким розраховані наступні технічні показники системи доставки вапняку на металургійне підприємство для флюсування в умовах зміни пунктів постачання через військове вторгнення на Україну – таблиця 3.1.

Таблиця 3.1 – Технічні показники системи доставки вапняку на металургійне підприємство для флюсування в умовах зміни пунктів постачання, за рік

Ва- ріант	Розмір составів, які форму- ються у однорі- дний поїзд без переробки, вагонів	Мінімаль- ний розмір переда- вального составу з вапняком, вагонів	Викори- стання локомо- тивів за часом, годин	Додатковий час користування вагонами, вагоно-годин	Додатковий час наван- таження, годин
1	10	20	27180	31680	634
2	10	30	25584	34080	682
3	10	40	24060	36000	720
4	20	20	25080	31200	624
5	20	30	26520	34560	691
6	20	40	26700	36960	739

3.2 Розрахунок витрат із доставки вапняку для флюсування до вантажних фронтів

Загальні варіанти $Z_{\text{впф}_i}$ за i -м варіантом вапняку для флюсування до вантажних фронтів відповідно до [12-14] визначимо за формулою:

$$Z_{\text{впф}_i} = B_{\text{л_впф}_i} + B_{\text{ваг_впф}_i} + B_{\text{вант_впф}_i}, \quad (3.1)$$

де $B_{\text{л_впф}_i}$ – собівартість використання локомотивів на доставці вапняку (враховується лише частина робіт, яка є змінною через параметри управління, які використовуються у роботі), грн;

$B_{\text{ваг_впф}_i}$ – собівартість використання на доставці вапняку вагонів місцевого парку, грн;

$B_{\text{вант_впф}_i}$ – собівартість додаткових вантажних робіт при відвантаженні вапняку зі складу на станції Вугільна, грн.

У таблиці 3.2 наведені показники вартості по усіх вищевказаних параметрах роботи.

Таблиця 3.2 – Показники вартості робіт

№ з/п	Показник собівартості	Значення, грн
1	Година роботи локомотиву	1021
2	Вагоно-година використання напіввагону місцевого парку	38,28
2	Вартість вантажних робіт, за годину	937,95

Вартість $V_{л_впф_i}$ роботи локомотивів при доставці вапняку розраховуємо за формулою:

$$V_{л_впф_i} = T_{л_впф_i} C_{л_год}, \quad (3.2)$$

де $T_{л_впф_i}$ – час використання локомотивів, од.;
 $C_{л_год}$ – собівартість локомотиво-години, грн/год.

Вартість $V_{ваг_впф_i}$ використання вагонів місцевого парку на перевезенні вапняку розраховуємо за формулою:

$$V_{ваг_впф_i} = T_{ваг_впф_i} C_{вмп_год}, \quad (3.3)$$

де $T_{ваг_впф_i}$ – час користування вагонами місцевого парку в процесі доставки вапняку, од.;
 $C_{вмп_год}$ – собівартість вагоногодини користування вагоном місцевого парку, грн/год.

Вартість $V_{вант_впф_i}$ вантажних робіт на перевезеннях вапняку зі складу станції Вугільна визначимо за формулою:

$$V_{вант_впф_i} = T_{вант_впф_i} C_{вант_год}, \quad (3.4)$$

де $T_{вант_впф_i}$ – обсяг вантажних робіт за часом роботи з вапняком для флюсування, год.;
 $C_{вант_год}$ – вартість години вантажних робіт, грн/год.

3.3 Витрати за варіантом 1 перевезення вапняку

Вартість $V_{л_впф_1}$ роботи локомотивів при доставці вапняку розрахуємо за формулою (3.2):

$$V_{л_впф_1} = 27180 \cdot 1021 = 27750780 \text{ грн.}$$

Вартість $V_{ваг_впф_1}$ використання вагонів місцевого парку розрахуємо за формулою (3.3):

$$V_{ваг_впф_1} = 31680 \cdot 38,28 = 1212710,4 \text{ грн.}$$

Вартість $V_{вант_впф_1}$ вантажних робіт на перевезеннях вапняку зі складу станції Вугільна визначимо за формулою (3.4):

$$V_{вант_впф_1} = 634 \cdot 937,95 = 594660,3 \text{ грн.}$$

Загальна вартість витрат з доставки вапняку згідно формули (3.1) становить:

$$\begin{aligned} Z_{впф_1} &= 27750780 + 1212710,4 + 594660,3 = 29558150,7 \text{ грн} = \\ &= 29,56 \text{ млн грн.} \end{aligned}$$

Таким чином, витрати за 1 варіантом доставки вапняку складають 29,56 млн грн.

Переходимо до розрахунку варіанту 2.

3.4 Витрати за варіантом 2 перевезення вапняку

Вартість $V_{л_впф_2}$ роботи локомотивів при доставці вапняку розрахуємо за формулою (3.2):

$$V_{л_впф_2} = 25584 \cdot 1021 = 26121264 \text{ грн.}$$

Вартість $V_{ваг_впф_2}$ використання вагонів місцевого парку розрахуємо за формулою (3.3):

$$V_{ваг_впф_2} = 34080 \cdot 38,28 = 1304582,4 \text{ грн.}$$

Вартість $V_{вант_впф_2}$ вантажних робіт на перевезеннях вапняку зі складу станції Вугільна визначимо за формулою (3.4):

$$V_{вант_впф_2} = 682 \cdot 937,95 = 639681,9 \text{ грн.}$$

Загальна вартість витрат з доставки вапняку згідно формули (3.1) становить:

$$\begin{aligned} Z_{впф_2} &= 26121264 + 1304582,4 + 639681,9 = 28065528,3 \text{ грн} = \\ &= 28,07 \text{ млн грн.} \end{aligned}$$

Таким чином, витрати за 2 варіантом доставки вапняку складають 28,07 млн грн.

Переходимо до розрахунку варіанту 3.

3.5 Витрати за варіантом 3 перевезення вапняку

Вартість $V_{л_впф_3}$ роботи локомотивів при доставці вапняку розрахуємо за формулою (3.2):

$$V_{л_впф_3} = 24060 \cdot 1021 = 24565260 \text{ грн.}$$

Вартість $V_{ваг_впф_3}$ використання вагонів місцевого парку розрахуємо за формулою (3.3):

$$V_{ваг_впф_3} = 36000 \cdot 38,28 = 1378080 \text{ грн.}$$

Вартість $V_{вант_впф_3}$ вантажних робіт на перевезеннях вапняку зі складу станції Вугільна визначимо за формулою (3.4):

$$V_{вант_впф_3} = 720 \cdot 937,95 = 675324 \text{ грн.}$$

Загальна вартість витрат з доставки вапняку згідно формули (3.1) становить:

$$Z_{впф_3} = 24565260 + 1378080 + 675324 = 26618664 \text{ грн} = 26,62 \text{ млн грн.}$$

Таким чином, витрати за 3 варіантом доставки вапняку складають 26,62 млн грн.

Переходимо до розрахунку варіанту 4.

3.6 Витрати за варіантом 4 перевезення вапняку

Вартість $V_{л_впф_4}$ роботи локомотивів при доставці вапняку розрахуємо за формулою (3.2):

$$V_{л_впф_4} = 25080 \cdot 1021 = 25606680 \text{ грн.}$$

Вартість $V_{ваг_впф_4}$ використання вагонів місцевого парку розрахуємо за формулою (3.3):

$$V_{ваг_впф_4} = 31200 \cdot 38,28 = 1194336 \text{ грн.}$$

Вартість $V_{вант_впф_4}$ вантажних робіт на перевезеннях вапняку зі складу станції Вугільна визначимо за формулою (3.4):

$$V_{вант_впф_4} = 624 \cdot 937,95 = 585280,8 \text{ грн.}$$

Загальна вартість витрат з доставки вапняку згідно формули (3.1) становить:

$$\begin{aligned} Z_{впф_4} &= 25606680 + 1194336 + 585280,8 = 27386296,8 \text{ грн} = \\ &= 27,39 \text{ млн грн.} \end{aligned}$$

Таким чином, витрати за 4 варіантом доставки вапняку складають 27,39 млн грн.

Переходимо до розрахунку варіанту 5.

3.7 Витрати за варіантом 5 перевезення вапняку

Вартість $V_{л_впф_5}$ роботи локомотивів при доставці вапняку розрахуємо за формулою (3.2):

$$V_{л_впф_5} = 26520 \cdot 1021 = 27076920 \text{ грн.}$$

Вартість $V_{ваг_впф_5}$ використання вагонів місцевого парку розрахуємо за формулою (3.3):

$$V_{ваг_впф_5} = 34560 \cdot 38,28 = 1322956,8 \text{ грн.}$$

Вартість $V_{вант_впф_5}$ вантажних робіт на перевезеннях вапняку зі складу станції Вугільна визначимо за формулою (3.4):

$$V_{вант_впф_5} = 691 \cdot 937,95 = 648123,45 \text{ грн.}$$

Загальна вартість витрат з доставки вапняку згідно формули (3.1) становить:

$$\begin{aligned} Z_{впф_5} &= 27076920 + 1322956,8 + 648123,45 = 29048000,25 \text{ грн} = \\ &= 29,05 \text{ млн грн.} \end{aligned}$$

Таким чином, витрати за 5 варіантом доставки вапняку складають 29,05 млн грн.

Переходимо до розрахунку варіанту 6.

3.8 Витрати за варіантом 6 перевезення вапняку

Вартість $V_{л_впф_6}$ роботи локомотивів при доставці вапняку розрахуємо за формулою (3.2):

$$V_{л_впф_6} = 26700 \cdot 1021 = 27260700 \text{ грн.}$$

Вартість $V_{ваг_впф_6}$ використання вагонів місцевого парку розрахуємо за формулою (3.3):

$$V_{ваг_впф_6} = 36960 \cdot 38,28 = 1414828,8 \text{ грн.}$$

Вартість $V_{вант_впф_6}$ вантажних робіт на перевезеннях вапняку зі складу станції Вугільна визначимо за формулою (3.4):

$$V_{вант_впф_6} = 739 \cdot 937,95 = 693145,05 \text{ грн.}$$

Загальна вартість витрат з доставки вапняку згідно формули (3.1) становить:

$$\begin{aligned} Z_{впф_6} &= 27260700 + 1414828,8 + 693145,05 = 29368673,85 \text{ грн} = \\ &= 29,37 \text{ млн грн.} \end{aligned}$$

Таким чином, витрати за 6 варіантом доставки вапняку складають 29,37 млн грн.

Переходимо до аналізу загальних витрат за варіантами.

3.9 Аналіз витрат за варіантами організації доставки вапняку для флюсування

Результати економічних витрат шести варіантів доставки вапняку для флюсування наведені у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Результати економічних витрат за варіантами доставки вапняку для флюсування

№ з/п	Показник	Варіант 1	Варіант 2	Варіант 3
1	Вартість роботи локомотивів, грн	27750780	26121264	24565260
2	Вартість використання вагонів місцевого парку, грн	1212710,4	1304582,4	1378080
3	Вартість вантажних робіт, грн	594660,3	639681,9	675324
4	Загальна вартість витрат, грн	29558150,7	28065528,3	26618664

Кінець таблиці 3.3

№ з/п	Показник	Варіант 4	Варіант 5	Варіант 6
1	Вартість роботи локо- мотивів, грн	25606680	27076920	27260700
2	Вартість використання вагонів місцевого парку, грн	1194336	1322956,8	1414828,8
3	Вартість вантажних робіт, грн	585280,8	648123,45	693145,05
4	Загальна вартість витрат, грн	27386296,8	29048000,25	29368673,85

За результатами розрахунків найбільш економічним є варіант 3 з вартістю 26,62 млн грн.

Економія витрат у порівнянні з базовим 6 варіантом становить:

$$E_{\text{впф}} = Z_{\text{впф}_6} - Z_{\text{впф}_3} = 2,75 \text{ млн грн на рік.}$$

Економія витрат по доставці вапняку через організаційні рішення становить 2,75 млн грн на рік.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В розділі дипломної роботи «Дослідження ефективності доставки вапняку на ПАТ «Запоріжсталь» в умовах збільшення відстані до пунктів видобудку» проводиться аналіз потенційних небезпек, які можуть впливати на дослідника під час збору статистичних даних та розроблені заходи по їх усуненню згідно [15-17].

Для технологічного процесу на підприємство постачається вапняк, який є малонебезпечним вантажем. Тому при транспортній переробці сировини треба це враховувати.

В Додатку А показані потенційні небезпеки що можуть вплинути на дослідника та робітників.

В Додатку Б приведені заходи по їх усуненню. В Додатку В зроблено розрахунок для визначення доплати з-за шкідливих умов праці робітнику лабораторії, де застосовується ПК.

В розділі з Охорони праці розглянемо питання 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:

- сховище є герметичною спорудою для захищення людей, в якій на певний час створюються умови, які виключають вплив на них небезпечних факторів, які є наслідком надзвичайних ситуацій, військових (бойових) дій або терористичних актів;

- протирадіаційне укриття є негерметичною спорудою для захисту людей, де створені умови, що виключають вплив іонізуючого опромінення при радіоактивному забрудненні місцевості;

- швидко споруджувана захисна споруда цивільного захисту є захисною спорудою, яка швидко зводиться зі спеціальних конструкцій та захищає 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 є наземною або підземною спорудою, що може використовуватись за основним функціональним призначенням і для захисту населення.

Найпростіше укриття є фортифікаційною спорудою, цокольным або підвальним приміщенням, яке знижує комбіноване ураження людей від небезпечних наслідків надзвичайних ситуацій, а також від дії засобів ураження в особливий період.

ВИСНОВКИ

В роботі було проаналізовано забезпечення металургійного підприємства Запоріжсталь вапняком для флюсування, який, переважно, використовується у доменному та мартенівському виробництві було встановлено, що через військові дії підприємство є відрізаним від близько розташованих родовищ вапняку у східній та південній частині України – з Криму.

Раніше підприємство отримувало вапняк маршрутними складами, їх обробка передбачала їх передавання з парку А станції Запоріжжя-Ліве транзит через вхідну промислову станцію Східну.

Але в дійсний час вапняк надходить у складі партій різного розміру з різних більш віддалених станції західної частини України. Передавання немаршрутних складів здійснюється через парк Б станції Запоріжжя-Ліве, що потребує їх сортування та формування складів на станції Східна; для стабілізації постачань використовується склад вапняку на станції Вугільна.

З огляду на зміну технологічного процесу, у проєкті була розроблена імітаційна модель, на якій, в залежності від параметрів розміру складів є можливим виконати оцінку:

- вартості роботи локомотивів за різними варіантами роботи;
- тривалості та вартості часу використання вагонів, у яких перевозиться вапняк зі складу станції Вугільна;
- вартості вантажних робіт на станції Вугільна.

Модель дозволила врахувати ймовірний характер постачань, які здійснювались з п'яти залізничних станцій відправлення постачальників. Серед ймовірних задавались параметри інтервалів та розмірів складів, які надходили на станцію примикання підприємства.

Були проаналізовані результати економічних витрат за шістьма варіантами доставки вапняку для флюсування.

Встановлено найбільш економічний варіант, який через організаційні заходи забезпечує економічний ефект у розмірі близько 2,75 млн грн.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Нігинський кар'єр з мільйонними боргами виставили на продаж. URL : <https://vsim.ua/Groshi/niginskiy-karer-z-milyonnimi-borgami-vistavili-na-prodazh-foto-11860327.html> (дата звернення: 15.09.2023).
2. ДП Нігинський кар'єр (5 канал). URL : https://www.youtube.com/watch?v=xpfZV59_eJI (дата звернення: 16.09.2023).
3. Тернопільський кар'єр : логістика. URL : <https://karyer.in.ua/logistics> (дата звернення: 16.09.2023).
4. Тернопільський кар'єр. <https://www.youtube.com/watch?v=yYd7Hltfs4w> (дата звернення: 16.09.2023).
5. Залізнична станція Гуменці. URL : https://www.google.com/url?sa=i&url=http%3A%2F%2Fwikimapia.org%2F17405642%2Fuk%2F%25D0%2597%25D0%25B0%25D0%25BB%25D1%2596%25D0%25B7%25D0%25BD%25D0%25B8%25D1%2587%25D0%25BD%25D0%25B0-%25D1%2581%25D1%2582%25D0%25B0%25D0%25BD%25D1%2586%25D1%2596%25D1%258F-%25D0%2593%25D1%2583%25D0%25BC%25D0%25B5%25D0%25BD%25D1%2586%25D1%2596&psig=AOvVaw1VSP8Mxa_zl2kfzLQCIyci&ust=1705588383202000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBIQjRxqFwoTCMCksIPS5IMDFQAAAAAdAAAAABAI (дата звернення: 16.09.2023).
6. ДСТУ 8999:2020 Вапняки флюсові для сталеплавильного, агломераційного, доменного та феросплавного виробництва. URL : <https://karyer.in.ua/storage/industry-documents/March2022/D4bk46iitCHU0KyIOrmd.pdf> (дата звернення: 20.09.2023).
7. Офіційний сайт ПАТ «Запоріжсталь». URL : <https://zaporizhstal.com/> (дата звернення: 16.09.2023).
8. Технічно-розпорядчий акт станції Східна. – Запоріжжя: ПАТ «Запоріжсталь», 2022. – 32с.

9. ЄТП станції примикання Запоріжжя-Ліве та під'їзної колії ПАТ металургійний комбінат «Запоріжсталь». – Запоріжжя: ПАТ «Запоріжсталь», 2021. – 180 с.

10. 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.

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

12. 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.

13. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «Основи економіки транспорту» для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 275 «Транспортні технології» / Укл.: ст. викл. Харченко Т.В. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2021. – 36 с.

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

15. 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.

16. 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.

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

ДОДАТОК А

АНАЛІЗ ПОТЕНЦІЙНИХ НЕБЕЗПЕК

Потенційними небезпеками є:

- при вантажних роботах можливо обрив вантажу, що призведе до травмування робітників та розпилу сировини (вапняку);
- при розвантаженні сировини, пил сильно діє на організм вантажника та дослідника. При вдиханні можливе ураження дихальних шляхів, а також явлення загального отруєння;
- при транспортній переробці вапняку можливо забруднення навколишнього середовища, що призводить до екологічного порушення природного балансу;
- ураження робітників електричним струмом від не ізольованих чи пошкоджених кабелів кранів, що призводить до електричної травми чи виникненню пожежі.
- недостатня освітленість робочої зони у темний час доби може призвести до травмування працівників як рухомим складом так й внаслідок падіння;
- підвищена або знижена температура повітря негативно впливає на працездатність робітників станції. Можливо обмороження та виникнення простудних захворювань. В літку – перегрів, що викликає тепловий удар, який приводить до головного болю, загальної слабкості, запамороченню;
- небезпека виникнення пожежі на локомотиві, пов'язана з пошкодженням паливної апаратури або електричного обладнання, а також з неналежним їх обслуговуванням;
- при маневрових пересуваннях через збільшення відстані доставки вапняку та відсутність злагоджених дій керівника маневрів та машиніста

маневрового локомотиву може відбутися зіткнення рухомого складу на станційних коліях що призведе до аварії;

- 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 попередження наїзду на працівників станції при проході територією станції до місця роботи, під час та після 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.

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.

Заходи з виробничої санітарії та гігієни праці. На відкритих майданчиках робітники, для запобігання отруєння, повинні захищатися респіраторами відповідно НПАОП 0.00-1.01-08 «Положення про порядок забезпечення робітників спеціальним одягом, взуттям та іншими засобами індивідуального захисту».

Для попередження забруднення сировиною навколишнього середовища необхідно щоб збір стокових вод потрапляв у виробничу каналізацію. Викидати вапняк в водойми забороняється.

Для приведення освітленості на відкритих майданчиках, необхідно розрахувати тип прожекторів, освітленість та висоту підвісу. Відповідно ДБН норма освітленості на майданчику повинна бути близько 10 лк.

Для освітлення накопичувального майданчика основним видом освітлювальних приладів є прожектори типу ПЗС з газорозрядними лампами ДРЛ.

З метою захисту працівників залізничних станцій від впливу підвищеної або зниженої температури повітря передбачена видача спеціального одягу, взуття відповідно НПОАП 60.1-3.01-04 «Норми безплатної видачі спеціального одягу, взуття та інших засобів індивідуального захисту працівників залізничного транспорту».

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

ДОДАТОК В

ОЦІНКА РІВНЯ УМОВ, ВАЖКОСТІ ТА НАПРУЖЕНОСТІ ПРАЦІ ДОСЛІДНИКА

Для запобігання дії шкідливих факторів на дослідника в лабораторії обладнаній ПК проведемо заміри, які вносимо до таблиці В.1 «Вихідні дані». Проведемо оцінку рівня умов, важкості та напруженості праці дослідника в лабораторії обладнаній ПК за бальною шкалою .

Таблиця В.1 - Вихідні дані

Фактор (показник)	Фактичне значення	Час дії год.
Умови праці:		
Мікроклімат за ТНС-індексом, t, °C	28	8
Освітленість приміщення E, лк	450	8
Розряд і підрозряд зорових робіт, Z _{ор}	A-1	—
Рівень шуму L, дБ А	105	4
Напруженість праці:		
Загальні енергозатрати організму, Вт	250	7
Стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук)	60300	7
Важкість праці:		
Тривалість зосередження уваги (в % від часу зміни)	77	7
Тривалість робочого дня, год.	8	8

У відповідності до вихідних даних, вносимо наявні фактори умов праці, що впливають на дослідника в процесі трудової діяльності, їх фактичне значення та час дії вносимо до таблиці В.2 «Результати оцінювання за бальною шкалою».

Відповідно до додатка [16], за витратами енергії, визначаємо категорію робіт для дослідника лабораторії обладнаної ПК. Умови праці, за витратами енергії, не перевищують 140 Вт (90-120 ккал/год.) та повинні відповідати легким фізичним роботам – категорії Іб.

З додатків [16], відповідно до категорії робіт Іб, розряду зорових робіт А-1 та виявлених показників умов та напруженості праці, визначаємо ГДК (ГДР) виявлених факторів і показників та вносимо їх значення до таблиці В.2 «Результати оцінювання за бальною шкалою».

Таблиця В.2 - Результати оцінювання за бальною шкалою

Фактор (показник)	Виміряні показники П _{вим}	Час дії год.	ГДК, ГДР, показники, Р _{доп}	Х _{визн} , бали	Клас умов праці	Х _і , бали
1	2	3	4	5	6	7
Мікроклімат за ТНС-індексом, t, °C	28	8	22,9-25,8	4	3.4	4
Освітленість приміщення Е, лк	450	8	500	—	2	0
Розряд і підрозряд зорових робіт, З _{ор}	А-1	—	—	—	—	—
Рівень шуму L, дБА	105	4	60	—	3.3	1,5
Загальні енергозатрати організму, Вт	250	7	290	0,75	3.3	3
Стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук)	60300	7	40000	1,32		
Тривалість зосередження уваги (в % від часу зміни)	77	7	51-75	0,90		
Тривалість робочого дня, год.	8	8	8	0,15		

Для окремих факторів і показників за методикою визначеною «Гігієнічною класифікацією праці», визначаємо розрахункові коефіцієнти Х_{визн} та вносимо їх значення до таблиці 4.2 «Результати оцінювання за бальною шкалою»:

- для гігієнічної оцінки мікроклімату використовуємо ТНС індекс, додаток Б [16]. Розрахунковий коефіцієнт Х_{визн} при оцінці мікроклімату визначаємо в балах, за формулою 7.3:

$$X_{\text{визн}} = \frac{1 \cdot t_1 + 2 \cdot t_2 + 3 \cdot t_3 + 4 \cdot t_4}{T} = \frac{250 \cdot 7 \cdot 1}{8 \cdot 290} = 4$$

- для показників важкості та напруженості праці розрахункові коефіцієнти визначаються за основними та допоміжними показниками, що є характерними для конкретного робочого місця, за формулою 4.2:

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

$$X_{\text{визн}} = \frac{P_{\text{вим}} \cdot T \cdot K_{\text{знач}}}{8 \cdot P_{\text{доп}}} = \frac{250 \cdot 7 \cdot 1}{8 \cdot 290} = 0,75$$

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

$$X_{\text{визн}} = \frac{P_{\text{вим}} \cdot T \cdot K_{\text{знач}}}{8 \cdot P_{\text{доп}}} = \frac{60300 \cdot 7 \cdot 1}{8 \cdot 40000} = 1,32$$

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

$$X_{\text{визн}} = \frac{P_{\text{вим}} \cdot T \cdot K_{\text{знач}}}{8 \cdot P_{\text{доп}}} = \frac{77 \cdot 7 \cdot 1}{8 \cdot 75} = 0,90$$

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

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

Визначаємо клас та ступінь шкідливості умов праці для кожного з виявлених факторів і показників та вносимо їх значення до таблиці 4.2 :

- для мікроклімату, відповідно до значення розрахункового коефіцієнта $X_{\text{визн}} = 4$, з таблиці 7.2 – 3 клас, 4 ступінь (3.4) [16];
- при оцінці освітленості робочої зони приміщення, клас та ступінь шкідливості умов праці визначаємо у відповідності до $\Pi_{\text{вим}} = 450$ лк, за додатками Г та табл. Г.1 – 2 клас, (2) [16];
- для гігієнічної оцінки рівня шуму, клас та ступінь шкідливості умов праці визначаємо у відповідності до виміряного значення рівня шуму $\Pi_{\text{вим}} = 105$ дБА, за додатками Д та табл. Д.1 – 3 клас, 3 ступінь (3.3) [16];
- клас і ступінь важкості та напруженості праці визначаємо як суму розрахованих балів усіх показників $X_{\text{визн}}$ за формулою 4.3 [16]:

$$X_{\text{сум}} = \sum_{i=1}^n X_i = 0,75 + 1,32 + 0,9 + 0,15 = 3,12$$

З таблиці 7.3 [16] за значенням суми розрахованих балів показників $X_{\text{сум}} = 3,12$ – 3 клас, 3 ступінь (3.3);

В результаті досліджень, відповідно до розрахунків, встановлено, що умови праці на робочому місці дослідника в лабораторії обладнаній ПК належать до 3 класу, 4 ступеню.

Оскільки при гігієнічній оцінці виявлена наявність шкідливих та важких умов праці, проводимо дослідження фактичного стану умов праці, з метою визначення розмірів доплат за ступені шкідливості факторів діючих на дослідника за бальною шкалою, та вносимо їх значення до таблиці 4.2 :

- для оцінки впливу мікроклімату, виходимо з того що він відповідає 3 класу, 4 ступеню умов праці, а час його дії уже врахований, тому – $X_{\text{ст}} = X_i = 4$;
- при оцінці впливу освітленості, виходимо з того що вона відповідає 2 класу умов праці, згідно додатку Г[16] – $X_{\text{ст}} = X_i = 0$;

- для оцінки впливу шуму, виходимо з того, що його рівень відповідає 3 класу, 3 ступеню умов праці та діє протягом 4 годин, тому значення X_i визначаємо за формулою 4.4 [16]:

$$X_i = X_{\text{ст}} \cdot \frac{T}{8} = 3 \cdot \frac{4}{8} = 1,5,$$

- 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 – $X_{\text{ст}} = X_i = 3$;

Для визначення конкретного розміру доплати, умови праці оцінюємо по сумі значень X_i , за формулою 4.5 [16]:

$$X_{\text{факт}} = \sum_{i=1}^n X_i = 4 + 0 + 1,5 + 3 = 8,5$$

Розмір доплати за умовами праці визначаємо в залежності від їх фактичного стану – $X_{\text{факт}} = 8,5$, на підставі типового положення «Про оцінку умов праці на робочих місцях і порядок застосування галузевих переліків робіт, на яких можуть установлюватися доплати робітникам за умови праці», з таблиці 7.4[16]. Розмір доплати до тарифної ставки (окладу) – 20 %.

На підставі результатів загальної гігієнічної оцінки умов праці за ступенем шкідливості та небезпечності, а також дослідження фактичного стану умов праці є наступні пропозиції, щодо усунення шкідливих факторів:

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

- мікрокліматичні умови, за інтегральним показником теплового навантаження середовища - ТНС-індексом - 22,9-25,8°C;

- рівень шуму в робочій зоні дослідника лабораторії – 60 дБА;
- загальні енергозатрати організму, до 174 Вт;
- стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук), до 40000;
- тривалість зосередження уваги (в % від часу зміни), до 75%; - тривалість робочого дня, 6 або 7 год.

б) 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 або кондиціонування приміщення;
- для зниження рівня шуму в робочій зоні дослідника необхідно замість матричних принтерів застосувати лазерні; з метою зниження зовнішнього шуму замінити вікна на пластикові з трикамерним склопакетом;
- для зменшення загальних енергозатрат організму, необхідно скоротити тривалість робочого дня до 6 або 7 год
- для зменшення напруженості праці від стереотипних рухів за зміну при локальному навантаженні кистей рук та пальців необхідно передбачити перерви, не менш 15 хвилин, кожні 1-2 години;
- для зменшення тривалості зосередження уваги, необхідно скоротити тривалість робочого дня, передбачити додаткові перерви.

в) якщо, з об'єктивних причин, вищезазначені заходи неможливо виконати, необхідно забезпечити доплати до тарифної ставки (окладу) за особливо шкідливі та особливо важкі умови праці, відповідно до таблиці 7.4 [16], у розмірі 20 %.