

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 ОРГАНІЗАЦІЯ ДОСТАВКИ ГРАНУЛЬОВАНОГО ШЛАКУ
ПАТ «ЗАПОРІЖСТАЛЬ» ДО ПІДПРИЄМСТВА «РЕСУРС БУД»

Виконала: студентка ІІ курсу, групи T-822м

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

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



Євгенія ІЗОТОВА
(прізвище та ініціали)

Керівник 

Сергій ТУРПАК
(прізвище та ініціали)

Рецензент 

Ольга ДУДАРЕНКО
(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 2023 року

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

ІЗОТОВОЇ Євгенії Станіславівни

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Організація доставки гранульованого шлаку ПАТ
«Запоріжсталь» до підприємства «РЕСУРС БУД»

керівник проєкту (роботи) д.т.н., проф., ТУРПАК Сергій Миколайович
(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.

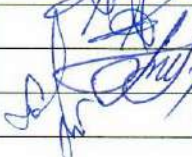
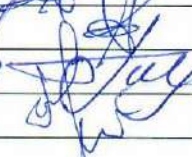
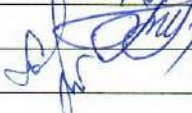
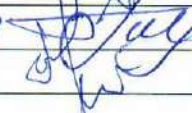
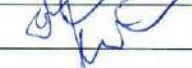
3. Вихідні дані до проєкту (роботи) існуючі обсяги вантажоперевезень
гранульованого шлаку, існуюча транспортно-виробнича система
підприємства, існуючий технологічний процес перевезення

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналітична частина, 1.1 Характеристика умов доставки
граншлаку до підприємства РЕСУРС-БУД, 1.2 Характеристика вантажу та
технологія виробництва, 1.3 Характеристика транспортної системи
шлакопереробки та доставки, 1.4 Постановка завдань магістерської роботи, 2.
Основна частина, 2.1 Дослідження статистичних характеристик процесу
відвантаження граншлаку до РЕСУРС-БУД, 2.2 Розробка моделі доставки
граншлаку до підприємства РЕСУРС-БУД, 2.3 Блок навантаження на
гранбасейні, 2.4 Блок навантаження на ділянці зневоднення, 2.5 Рух замовлень
до РЕСУРС-БУД, 2.6 Зворотній рух вагонів у завантаженому стані, 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 2023 року.

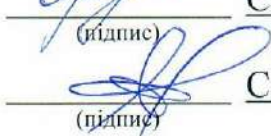
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ 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)

 Євгенія ІЗОТОВА
(підпис) (Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Керівник проєкту (роботи)

 Сергій ТУРПАК
(підпис) (Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

ПЗ : 87 с., 57 рис., 7 табл., 16 джерел.

ВАНТАЖНИЙ ПУНКТ, ГРАНУЛЬОВАНИЙ ШЛАК, ЗАЛІЗНИЧНИЙ ТРАНСПОРТ, ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ

Об'єкт дослідження – транспортно-виробнича система ділянки відвантаження гранульованого шлаку металургійного підприємства «Запоріжсталь».

Мета роботи – дослідження ефективності різних варіантів навантаження гранульованого шлаку – у напіввагони з гранбасейну, або з ділянки зневоднення.

Методи дослідження – аналітичний та статистичний аналіз, імітаційне моделювання.

В магістерській роботі досліджений процес відвантаження гранульованого шлаку металургійного підприємства за різних варіантів технології навантаження та кількості вагонів, які використовуються для доставки до споживача. Визначено економічну ефективність варіантів організації робіт.

ЗМІСТ

	с.
Завдання на проєкт	2
Реферат.....	4
Зміст	5
Вступ	7
1 Аналітична частина	9
1.1 Характеристика умов доставки граншлаку до підприємства РЕСУРС-БУД	9
1.2 Характеристика вантажу та технологія виробництва	11
1.3 Характеристика транспортної системи шлакопереробки та доставки	18
1.4 Постановка завдань магістерської роботи	21
2 Основна частина	23
2.1 Дослідження статистичних характеристик процесу відвантаження граншлаку до РЕСУРС-БУД	23
2.2 Розробка моделі доставки граншлаку до підприємства РЕСУРС-БУД	26
2.3 Блок навантаження на гранбасейні	31
2.4 Блок навантаження на ділянці зневоднення	34
2.5 Рух замовлень до РЕСУРС-БУД	37
2.6 Зворотній рух вагонів у завантаженому стані	43
2.7 Зворотній рух вагонів у порожньому стані	47
2.8 Експерименти на моделі RESOURCE_BUD	54
3 Економічна частина	56
3.1 Формування результатів моделювання на програмі RESOURCE_BUD для економічного аналізу	56

3.2 Аналіз варіантів доставки граншлаку до підприємства	
РЕСУРС-БУД	57
3.3 Перший варіант	59
3.4 Другий варіант	60
3.5 Третій варіант	61
3.6 Четвертий варіант	62
3.7 П'ятий варіант	63
3.8 Шостий варіант	64
3.9 Аналіз економічних розрахунків	66
4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	69
4.1 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях	70
Висновки	72
Перелік посилань	74
ДОДАТОК А. АНАЛІЗ ПОТЕНЦІЙНИХ НЕБЕЗПЕК	77
ДОДАТОК Б. ЗАХОДИ ПО ЗАБЕЗПЕЧЕННЮ БЕЗПЕКИ	79
ДОДАТОК В. ОЦІНКА РІВНЯ УМОВ, ВАЖКОСТІ ТА	
НАПРУЖЕНОСТІ ПРАЦІ	81

ВСТУП

В існуючих умовах, коли значна частка металургійних підприємств опинились на окупованих територіях, а для виробництва будівельних робіт існує потреба у гранульованому шлаці, зокрема для виробництва цементу та різних будівельних сумішей, тематика доставки цього матеріалу до одного з підприємств-споживачів є достатньо актуальною.

На прикладі відомого підприємства – комбінату «Запоріжсталь» та підприємства-споживача (далі по тексту – РЕСУРС-БУД), до якого здійснювались поставки у період до повномасштабного вторгнення, виконано дослідження ефективності різних варіантів організації робіт.

Одним з найпростіших способів відвантаження гранульованого шлаку є варіант із навантаження вагонів безпосередньо з гранбасейну, куди нещодавно було злито рідкий шлак з метою грануляції.

Цей шлак містить велику частку вологи, що потребує тривалої затримки для його зневоднення у рухомому складі.

Альтернативний та більш цивілізований варіант передбачає попередню доставку граншлаку з гранбасейну до майданчика зневоднення.

Там, через тривале знаходження шлаку у штабелі, волога поступово покидає матеріал під впливом гравітаційних сил та через природне випаровування.

Проте, даний варіант потребує додаткових витрат з доставки вантажу у вагонах місцевого парку, залучання ресурсів у вигляді тягового рухомого складу.

Але, варіант із зневодненням безпосередньо у вагонах магістрального парку, викликає їх додаткову непродуктивну затримку.

Через цю затримку збільшується загальний оборот вагонів на маршруті доставки споживачу та, відповідно, потребується більша кількість власних або орендованих вагонів для забезпечення перевезень.

У якості параметра керування у роботі планується використання двох варіантів повернення вагонів від споживача:

- із завантаженням сировиною, яка потрібна для виробництва продукції металургійного підприємства, що виключає витрати по поверненню в рамках аналізованого перевізного процесу;
- повернення у порожньому стані, що скорочує час обороту, але потребує витрат.

Основою для прийняття рішення планується провести економічний аналіз ефективності різних варіантів перевезень.

Рисунок 1.1 – Станція Петро Кривоніс

Поруч з даною станцією розташована станція Біла Церква, з якої є можливість постачання металобрухту до підприємства «Запоріжсталь» - рисунок 1.2 [1].

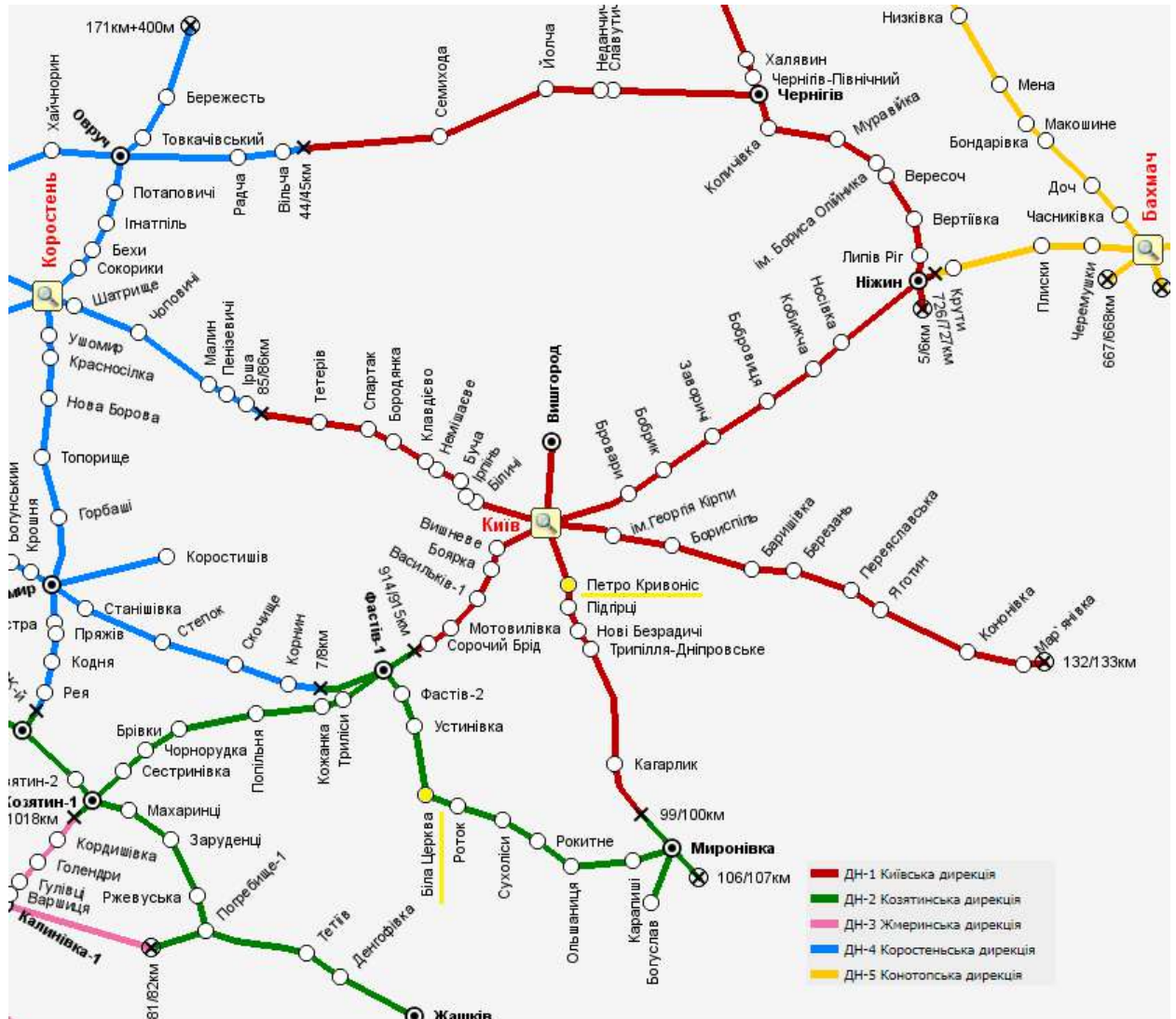


Рисунок 1.2 – Станція Біла Церква

Постачання граншлаку до РЕСУРС-БУД здійснюється в універсальних напіввагонах.

Вивантаження здійснюється на підвищеній колії. Постачальники металобрухту завантажують його за допомогою вантажопідйомних кранів.

1.2 Характеристика вантажу та технологія виробництва

Доменне виробництво передбачає виготовлення двох видів продукції: рідкого чавуну – основного та шлаку – побічного.

Чавун переробляється у сталь із подальшим виготовленням потрібної споживачеві продукції – сортової або (наприклад, на підприємстві «Запоріжсталь») – листової сталі, з якої, в свою чергу може виготовлятися більш технологічні різні продукти – труби, профільний лист та ін.

Частка чавуну може використовуватись для власних потреб – виготовлення виливниць (або реалізації цих чи інших виробів з ливарного чавуну). Є можливим розлив чавуну на розливних машина та реалізація його споживачам у чушках.

Щодо шлаку, то наразі найбільш розповсюдженою та сучасною технологією є його придоменна розливка: гарячий шлак охолоджується і гранулюється безпосередньо після виході з домни.

Проте металургійні підприємства будувались трохи не сторіччя тому, тож спираються на більш застарілу технологію, за якої шлак спочатку розливається у спеціальні ковші, що розміщуються на лафетах із залізничною ходовою частиною [2-5].

На Запоріжсталі місця переробки рідкого шлаку знаходяться за кілька кілометрів від доменного цеху (на сьогоднішній день там працюють чотири доменних печі (ДП)).

Після прибирання ковшів після випуску шлаку, вони збираються у состави та доставляються до першого пункту переробки – басейну грануляції.

На рисунку 1.3 [2] показаний процес руху такого составу по шляхопроводу від станції Ковшева до станції Шлакова, які відносяться до Доменного залізничного району.



Рисунок 1.3 – Шлаковозний поїзд зі станції Ковшева

Для захисту локомотиво-складацької бригади від можливих виплесків рідкого шлаку використовуються вагони-прикриття, які ставляться у склад поїзду перед найближчим ковшем до тепловозу.

Розмір составу становить 10 ковшів, але у випадку, коли формування поїзду такого розміру затримується понад 1 годину, можуть формуватися состави і меншої довжини, щоб зменшити втрати сировини для переробки у гранульований шлак через надмірне охолодження та застигання більшої, ніж очікується, частини шлаку.

Після охолодження та гранулювання шлак використовується у якості домішки до цементу та інших будівельних сумішей чи будматеріалів, наприклад, шлакоблоку.

Спочатку верхня частина шлаку у ковшах виливається у басейн з водою, для цього на лафетах встановлений перекидний механізм ковшу з електродвигуном та редуктором. Живлення – кабельне від стаціонарної підстанції на фронті зливання.

Після цього локомотив обгоняється та повертає состав у зворотному напрямку до станції Шлакова – рисунок 1.4.



Рисунок 1.4 – Рух шлаковозного поїзду зі станції Гранбасейн на Шлакову

Подавання составу на фронт вибивки здійснюється ковшами уперед – рисунок 1.5.



Рисунок 1.5 – Подавання составу на фронт вибивки ковшами уперед зі станції Шлакова

У даному випадку шлак у ковшах вже не такий небезпечний за можливістю виплеску, кабіна локомотиву розташована в хвостовій частині поїзду, тож між тепловозом та ковшами прикриття може не встановлюватись, що показано на рисунку 1.6.

Воно залишається в голові составу. Слід відзначити, що машиніст працює самостійно, без помічника та складача поїздів. Дана ділянка не передбачає великих за обсягом маневрових або виробничих робіт із рухом людей або транспортних чи інших засобів по її території. На фронті вибивки керування составом здійснює працівник цеху шлакопереробки.



Рисунок 1.6 – Встановлення составу по фронту вибивки

На станції Шлакова зливаються залишки шлаку і по ковшах б'ють спеціальним знаряддям у дно, щоб «кірка» з застиглого шлаку випала з нього – рисунок 1.7.



Рисунок 1.7 – Пристрій для вибивання ковшів

В процесі вивантаження по усій лінії фронту здійснюється його охолодження шляхом подавання води, що показано на рисунку 1.8.



Рисунок 1.8 – Процес кантування шлаковозів

Локомотив в процесі вивантаження від'їжджає на відстань 25-30 метрів від составу ковшів (рисунок 1.9).



Рисунок 1.9 – Загальний вигляд вантажного фронту

У складі шлаку перебувають склоподібні та кристалічні фази:

- силікати;
- меліліти;
- монтічелліти;
- волластоніти;
- форстерити;
- шпінелі.

Будівельну галузь приваблює здатність гран шлаку до набуття гідравлічної активності за швидкого охолодження.

1.3 Характеристика транспортної системи шлакопереробки та доставки

Транспортна система шлакопереробки та доставки граншлаку складається [5-7] з:

- станції Ковшева, де відбуваються процеси наливу розпеченого шлаку, формування та відправлення составів;
- станції Шлакова, яка здійснює пропуск составів у завантаженому стані до станції Гранбасейн, та завершальну стадію вибивання та очищення ковшів;
- станції Гранбасейн, де здійснюється виготовлення граншлаку.

Розглянемо кожну складову транспортної системи. У таблиці 1.1 представлені характеристики колій ст. Ковшевої [7].

Таблиця 1.1 – Характеристики колій ст. Ковшевої

Номер колії	Призначення	Місткість у вагонах	Довжина кор., м
22А	Навантажувально-розвантажувальні колії	6	90
18		5	83
24		6	99
28		6	100
41		6	90
39А		1	30
1	Навантажувальні колії	45	684
3		9	147

Кінець таблиці 1.1

Номер колії	Призначення	Місткість у вагонах	Довжина кор., м
4	Навантажувальні колії	16	250
5		1	30
23		5	84
27		5	85
29		5	81
28A		1	20,8
3A		4	71
22		1	21,8
2	Приймально-відправна	42	638
42	Ремонтна	1	25
48		1	25
53		2	30
40	Тупик уловлювальний	0	14
36	Ходовий	1	25
37		6	90
47	Гараж	1	16
6	Відстою	2	42
39		8	128
59		3	57

У таблиці 1.2 представлені характеристики колій ст. Шлакової [8].

Таблиця 1.2 – Характеристики колій ст. Шлакова

Номер колії	Призначення	Місткість у вагонах	Довжина кор., м
1	Приймально-відправні	8	127
2		10	156
3		8	133
12	Навантажувальна	14	220
8	Вивантажувальні колії	15	227
9		15	229
13		21	318
14		17	260
15		21	326
23		22	340
4	Обгону локомотиву	3	46
5	Гараж колійних машин	2	42
6	Ремонту ковшів шлаковозів	8	130
7		8	130

У таблиці 1.3 представлені характеристики колій ст. Гранбасейн [7,8].

Таблиця 1.3 – Характеристики колій ст. Гранбасейн

Номер колії	Призначення	Місткість у вагонах	Довжина кор., м
1	Приймально-відправна	21	320
2	Навантажувальна, ходова	16	245

Кінець таблиці 1.3

Номер колії	Призначення	Місткість у вагонах	Довжина кор., м
3	Навантажувальна	15	225
4	Розвантажувальна (для шлаку)	15	230
5	Ходова	24	365
6	Виставочна	9	142
7	Навантажувально-розвантажувальні	32	490
9		28	425
8	Приймання поїздів зі станції Шлакової	6	90
10	Розвантажувальна	15	225
11	Виставочна	15	225
12	З'єднувальна	17	259
13		13	195
13а	Навантажувально-розвантажувальні, вагові	18	281
13б		2,5	44

1.4 Постановка завдань магістерської роботи

В роботі розглядається локальна система доставки граншлаку на прикладі споживача підприємства РРЕСУРС-БУД. Загальна задача дослідження – проаналізувати ефективність різних технологій навантаження граншлаку при використанні орендованих вагонів доставки.

Для цього потрібно розробити імітаційну модель, яка дозволить виконувати моделювання за такими схемами навантаження гранульованого шлаку металургійного комбінату до підприємства РЕСУРС-БУД (станція Петро Кривоніс):

- навантаження на гранбасейні;
- навантаження на ділянці зневоднення.

Навантаження на гранбасейні вологого шлаку має перевагу, через те, що немає потреби у проміжному транспортуванні його з гранбасейну на майданчик зневоднення у думпкарах місцевого парку.

Але, дана технологія потребує очікування зневоднення шлаку у завантажених напіввагонах, через що збільшується тривалість їх загального обороту.

Також в роботі пропонується врахувати можливість завантаження у зворотному напрямку вагонів металобрухтом від постачальників зі станції Біла Церква.

Підсумкова оцінка ефективності планується на основі економічних розрахунків.

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Дослідження статистичних характеристик процесу відвантаження граншлаку до РЕСУРС-БУД

Розглянемо вибірку даних інтервалів відвантаження вагонів до РЕСУРС-БУД з урахуванням методики [9]:

40, 36, 108, 34, 47, 13, 52, 125, 56, 109, 1, 65, 145, 99, 156, 28, 23, 109, 36, 41, 11, 34, 4, 9, 14, 23, 3, 32, 105, 25, 61, 24, 22, 80, 135, 4, 38, 24, 46, 24, 24, 13, 131, 37.

Характеристики вибірки інтервалів відвантаження до РЕСУРС-БУД:

- мінімальний — 1 година;
- максимальний — 156 годин;
- значень — 44 од.;
- середнє значення 51,05 години;
- інтервали — 6;
- розмір інтервалу — 26;
- стандартне відхилення 2,86 години.

На рисунку 2.1 представлені результати аналізу.

За даною діаграмою дані відповідають експоненціальному закону розподілу.

Але будемо використовувати усічений вигляд цього розподілу, обмежуючи його мінімальним — одна, та максимальним значенням — 156 годин.

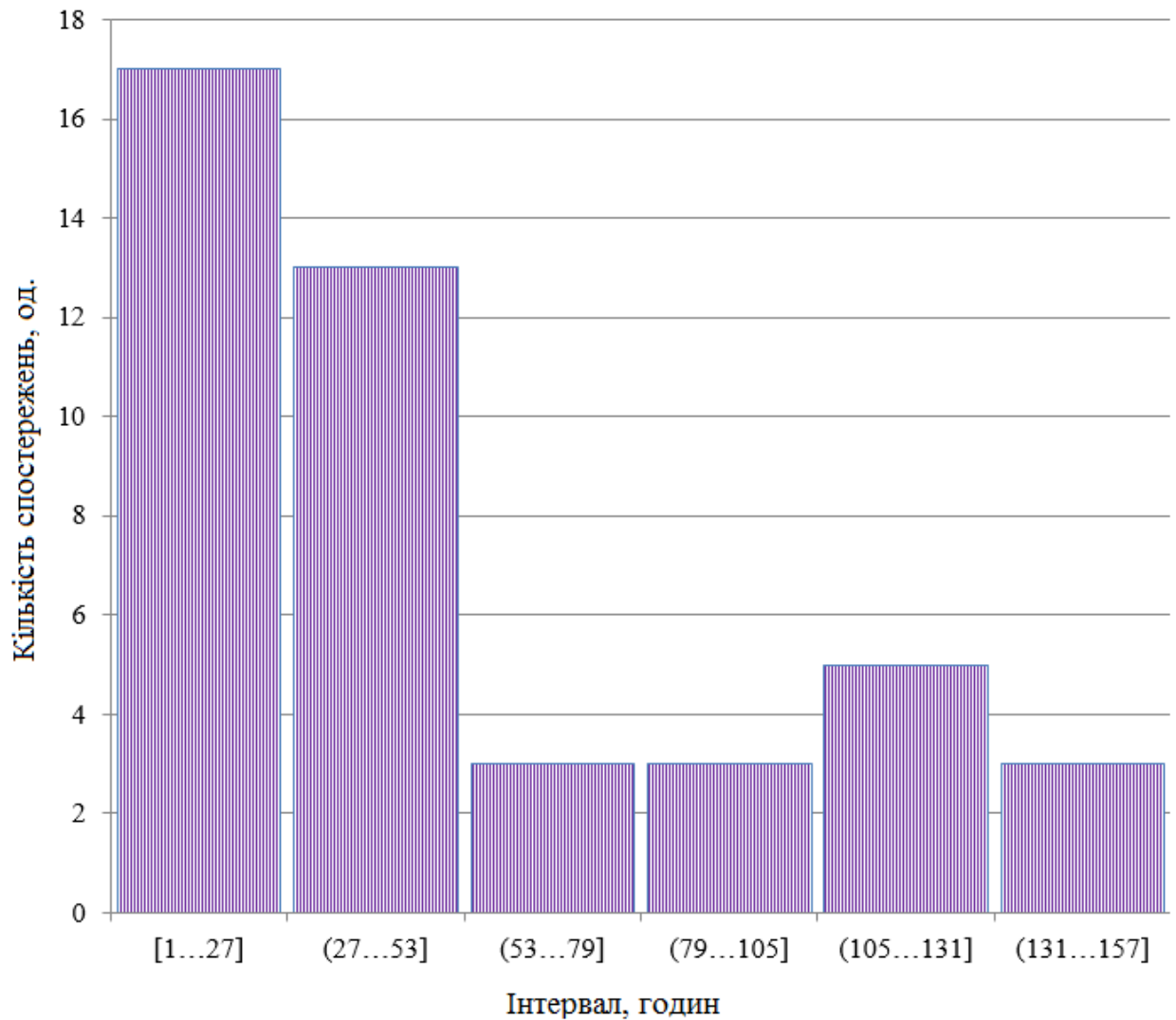


Рисунок 2.1 – Результати аналізу відвантаження граншлаку до РЕСУРС-БУД

Кількість вагонів у партіях призначенням до РЕСУРС-БУД також варіюється, вибірка також складається із 44 значень:

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

Характеристики вибірки значень кількості вагонів у партіях, що відвантажуються до РЕСУРС-БУД:

- мінімальне — 1 вагон;
- максимальне — 9 вагонів;

- значень – 44 од.;
- середнє значення 4,7 вагони;
- інтервали – 6;
- розмір інтервалу – 1,34 вагони;
- стандартне відхилення 2,41 вагони.

На рисунку 2.2 представлені результати аналізу кількості вагонів у партіях, що відвантажуються до РЕСУРС-БУД.

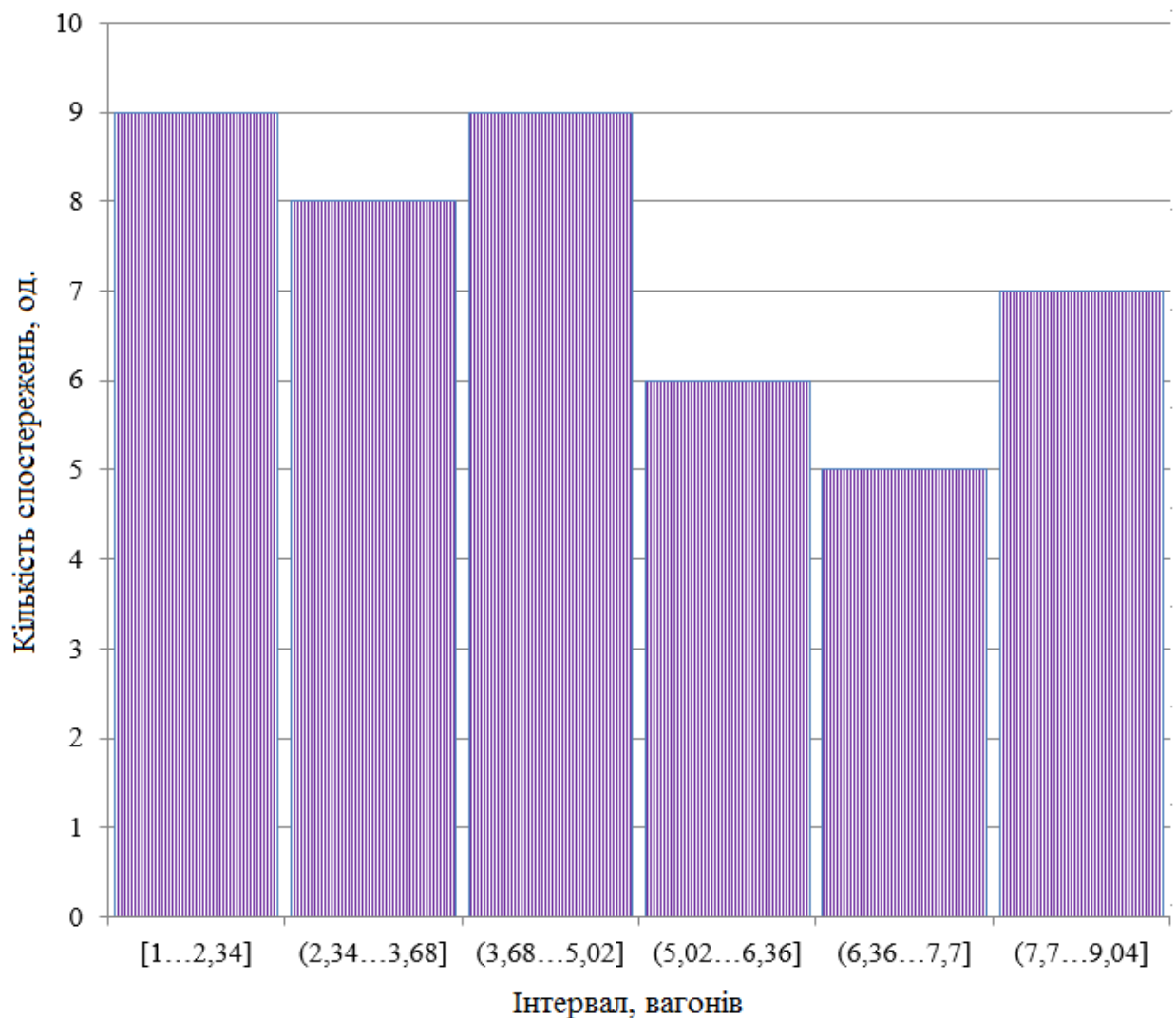


Рисунок 2.2 – Результати аналізу кількості вагонів у партіях, що відвантажуються до РЕСУРС-БУД

За діаграмою рисунку аналізу кількості вагонів у партіях, що відвантажуються до РЕСУРС-БУД, дані відповідають рівномірному закону розподілу.

2.2 Розробка моделі доставки граншлаку до підприємства РЕСУРС-БУД

На основі відомих сучасних підходів [10] створюємо імітаційну модель доставки гранульованого шлаку до підприємства РЕСУРС-БУД, яка буде враховувати реалізацію різних технологій навантаження – рисунок 2.3.

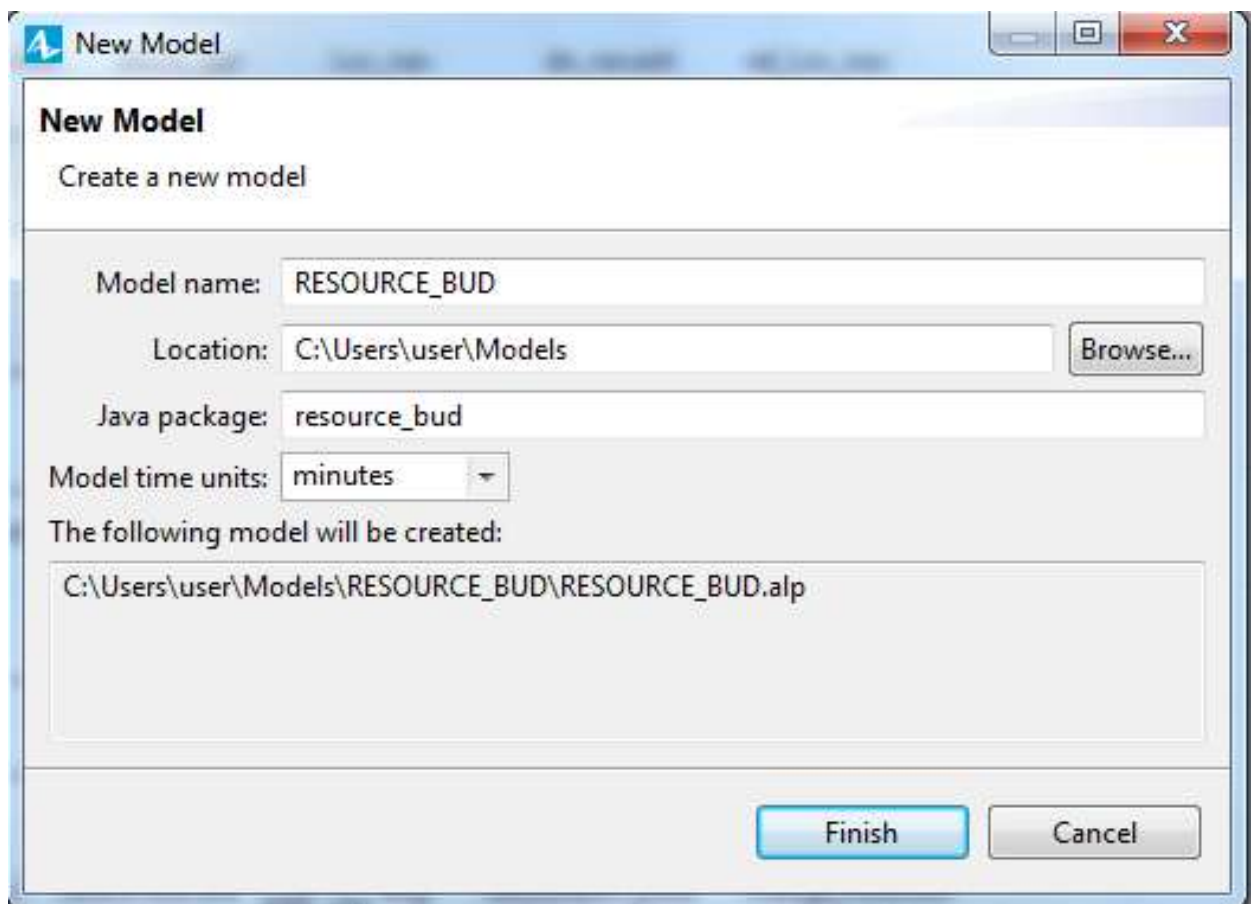


Рисунок 2.3 – Модель RESOURCE_BUD

Стартовий блок програми RESOURCE_BUD, показаний на рисунку 2.4 передбачає:

- генерацію замовлень на перевезення вагонів до РЕСУРС-БУД;
- умову обмеження періоду моделювання елементом `select_rob`;
- знищення «зайвих» замовлень елементом `sink`;
- чергу замовлень `queue_Zakaz`.

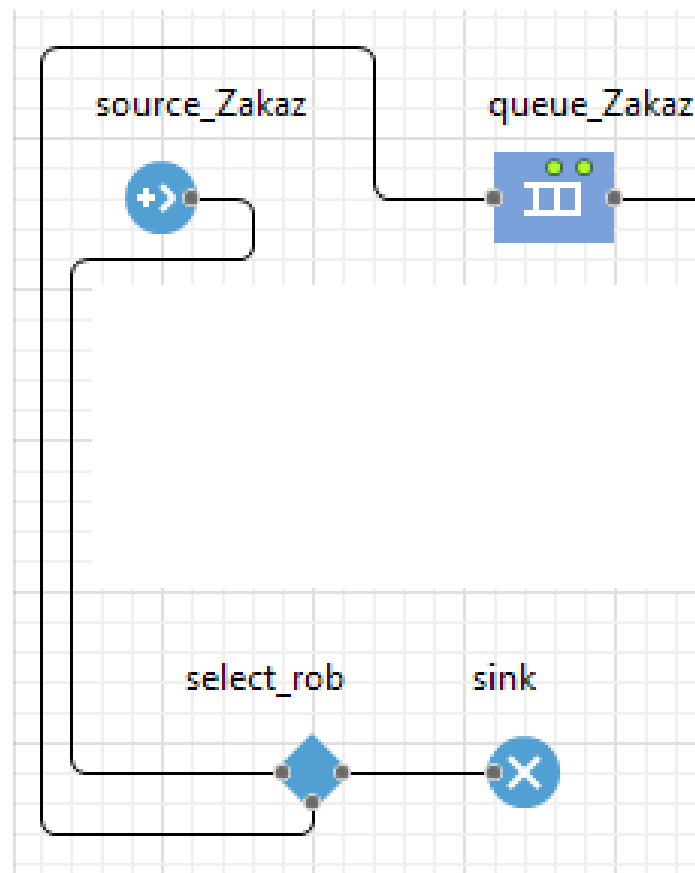


Рисунок 2.4 – Стартовий блок програми RESOURCE_BUD

Генерацію замовлень на перевезення вагонів до РЕСУРС-БУД здійснює елемент `source_Zakaz` – рисунок 2.5.

Відповідно до проведеного статистичного аналізу генерацію замовлень здійснюємо за експоненціальному закону:

$\text{exponential}(1,156,51.05,0)$.

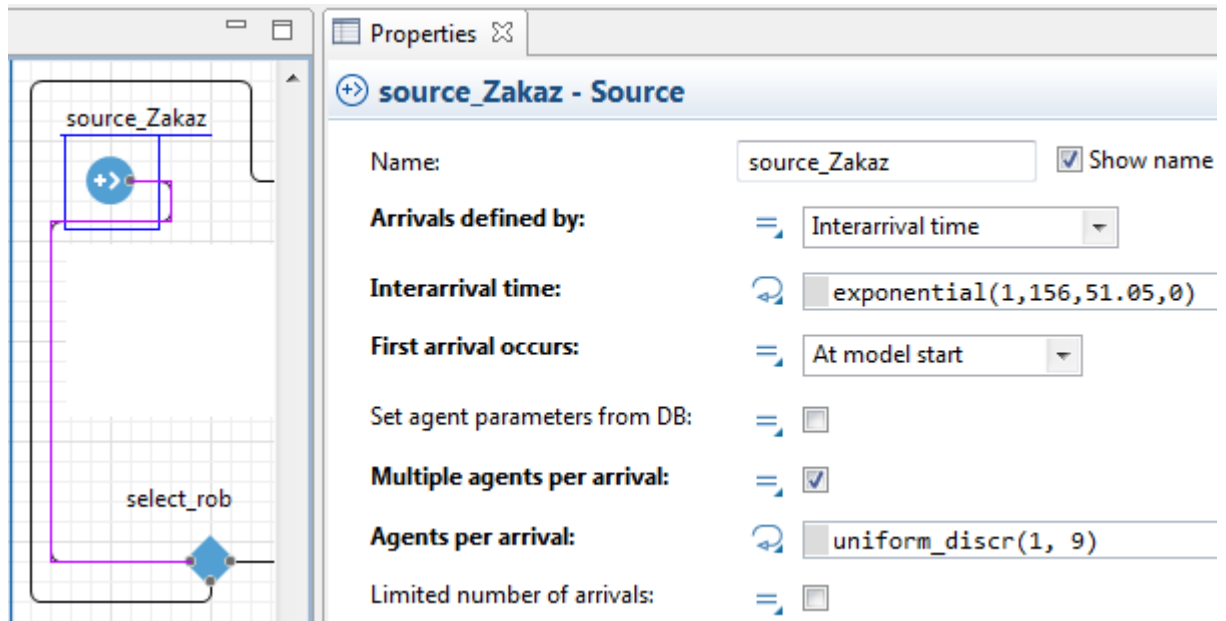


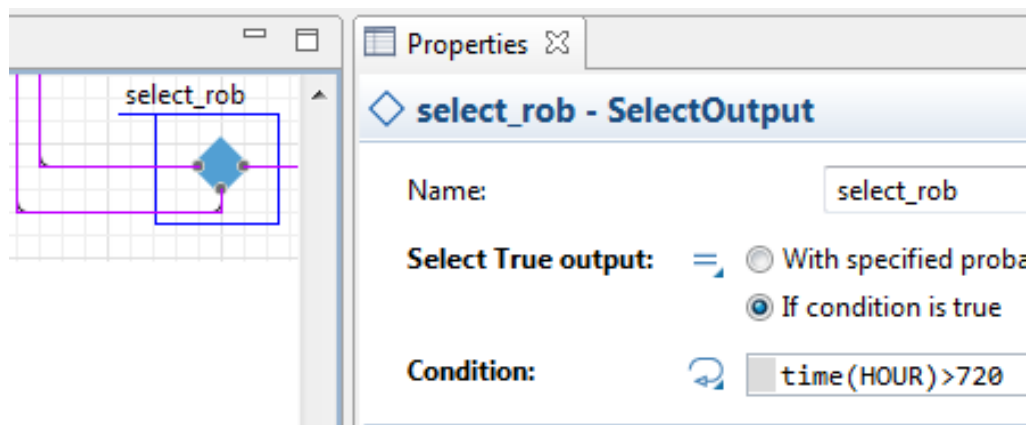
Рисунок 2.5 – Елемент source_Zakaz

Кількість замовлень визначаються виразом:

`uniform_discr(1, 9),`

тобто рівномірним законом розподілу.

Елемент `select_rob` спрямовує замовлення, обмежуючись періодом у один місяць – 720 годин, що показано на рисунку 2.6.



Елемент 2.6 – Елемент select_rob

Елемент `queue_Zakaz` накопичує замовлення для забезпечення їх обробки – рисунок 2.7.

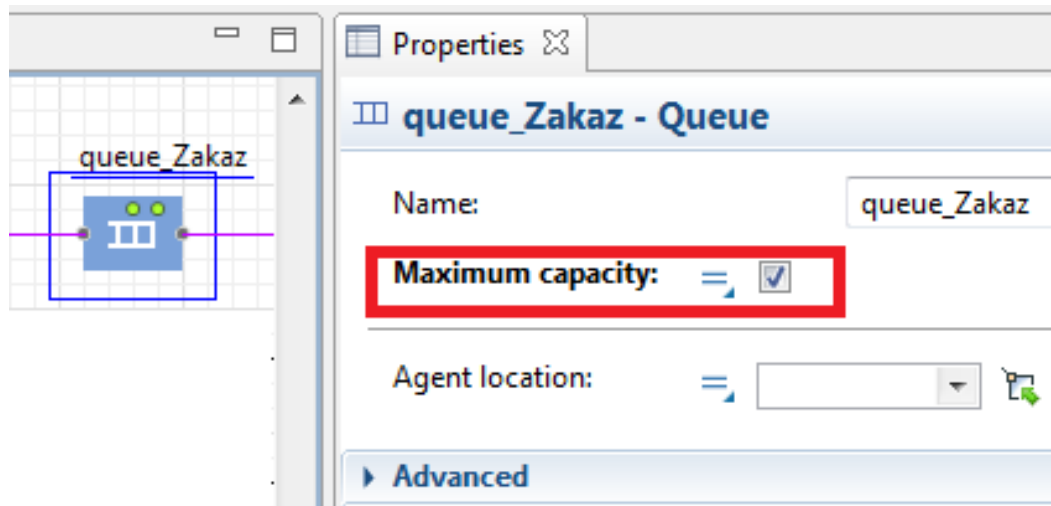


Рисунок 2.7 – Елемент `queue_Zakaz`

Елемент `sink` знищує «зайві» замовлення, при цьому забезпечується проходження усіх згенерованих замовлень, що показано на рисунку 2.8.

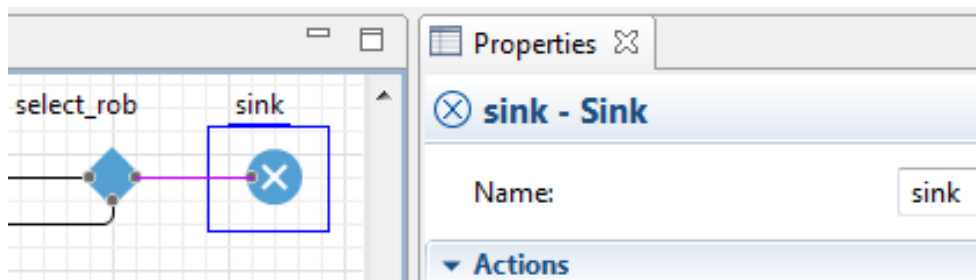


Рисунок 2.8 – Елемент `sink`

За описаним стартовим блоком слідує елемент `kran_or_eks`, який, в залежності від значення змінної `var_kran_or_eks`, спрямовує замовлення:

- за шляхом обробки замовлень із завантаженням вагонів на грнабасейні;
- з шляхом навантаження на ділянці зневоднення.

Даний елемент показаний на рисунку 2.9.

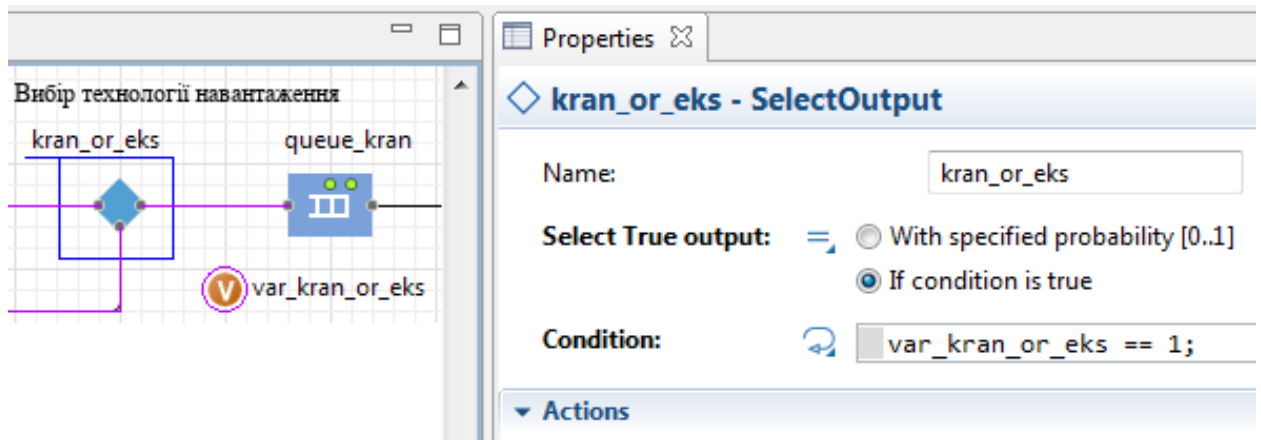


Рисунок 2.9 – Елемент kran_or_eks

Змінна `var_kran_or_eks` (рисунок 2.10) має відповідні значення, які встановлюються згідно плану дослідження:

- 1 – навантаження на гранбасейні;
- 2- навантаження на ділянці зневоднення.

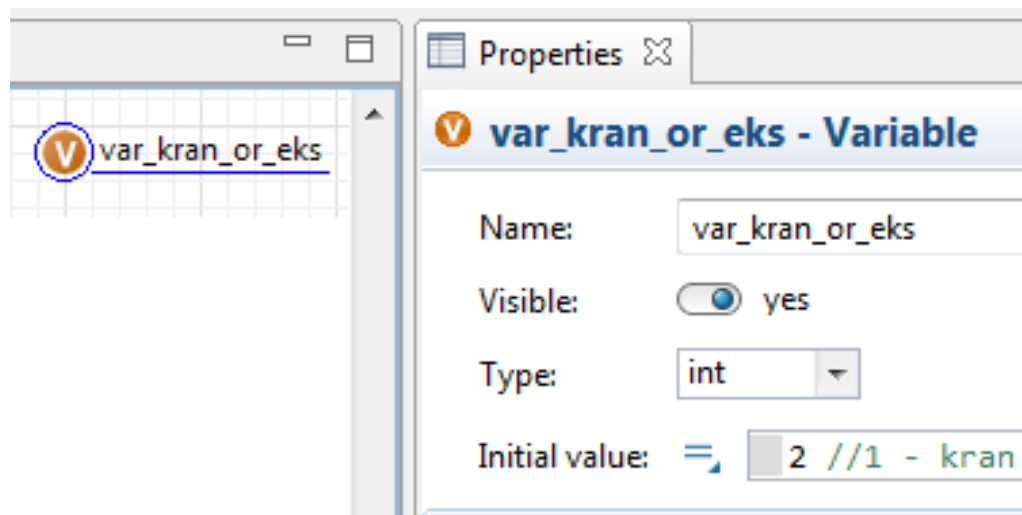


Рисунок 2.10 – Змінна `var_kran_or_eks`

2.3 Блок навантаження на гранбасейні

Блок навантаження на гранбасейні представлений на рисунку 2.11.

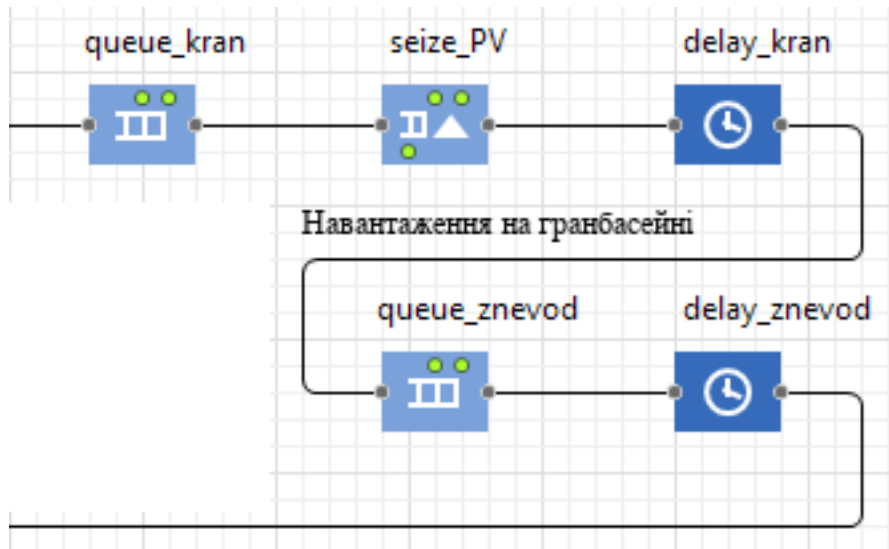


Рисунок 2.11 – Блок навантаження на гранбасейні

Перший елемент `queue_kran` утримує замовлення в очікуванні захоплення ресурсу – напіввагону елементом `seize_PV`, які показані на рисунках 2.12 та 2.13, відповідно.

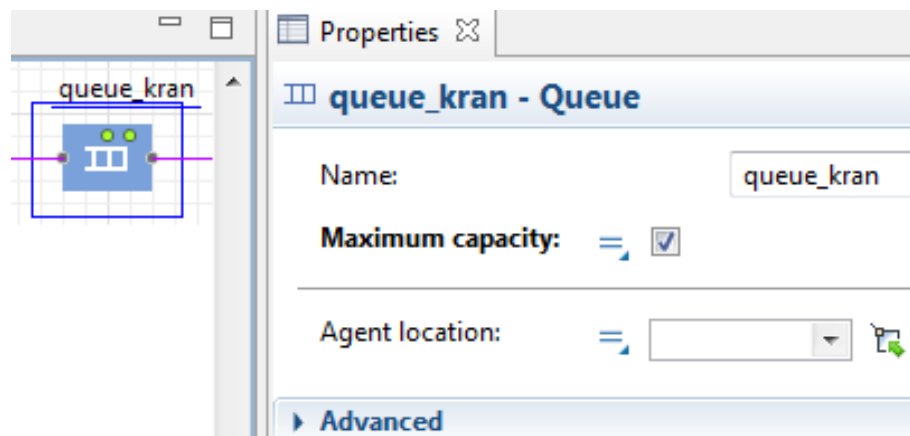


Рисунок 2.12 – Елемент `queue_kran`

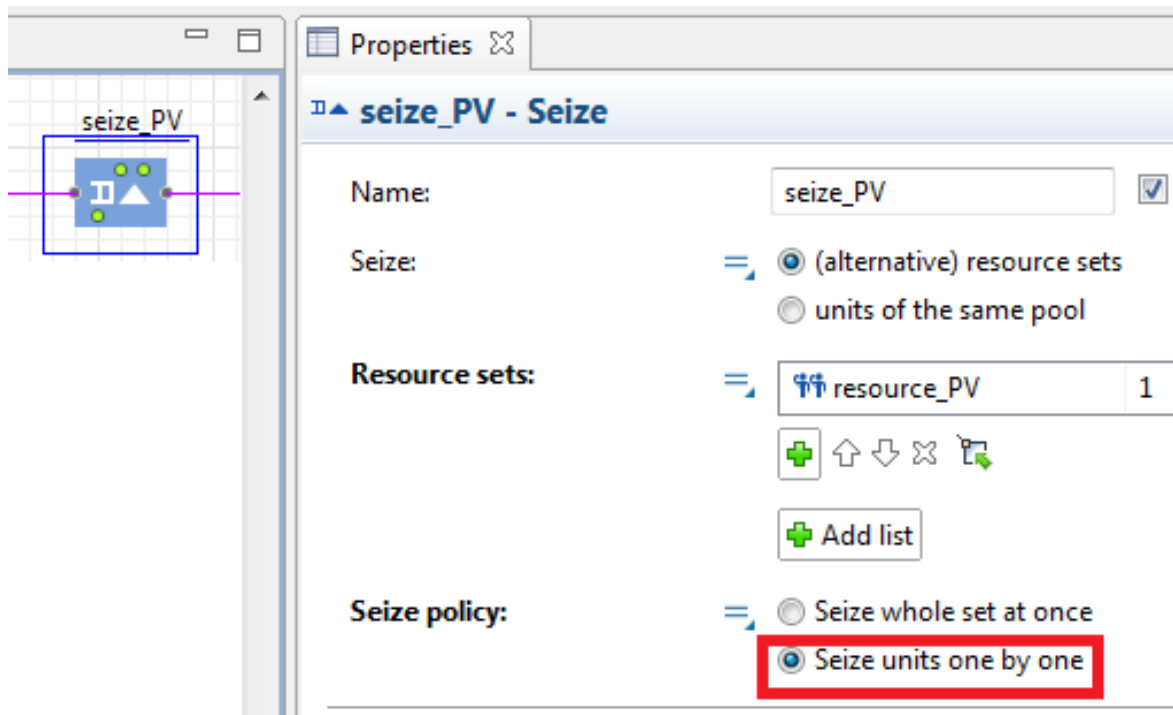


Рисунок 2.13 – Елемент seize_PV

Кожне замовлення захоплює один ресурс, що виділено на рисунку 2.13 червоним кольором.

На рисунку 2.14 показаний наступний елемент delay_kran, який затримує та імітує навантаження партії вагонів на гранбасейні.

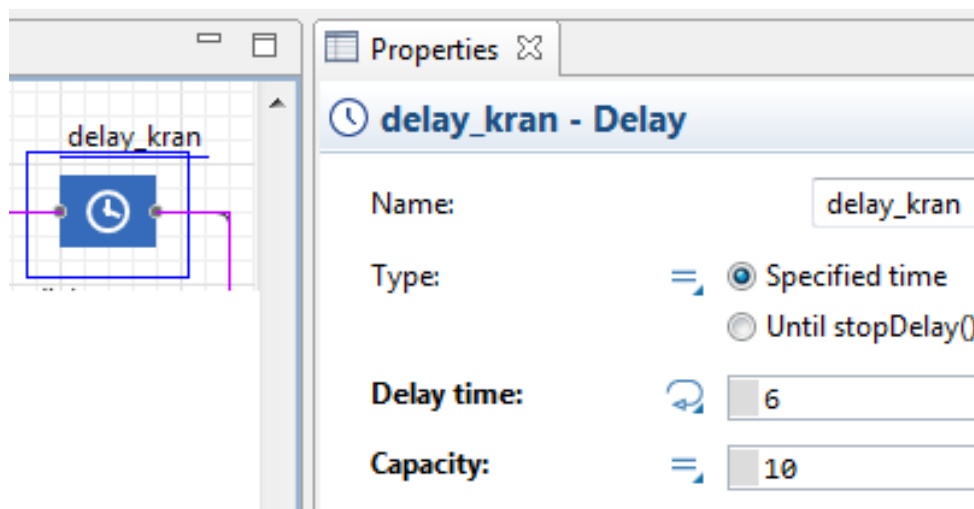


Рисунок 2.14 – Елемент delay_kran

Після цього, замовлення потрапляють до черги `queue_znevod` та елементу затримки `delay_znevod`, що імітують процес зневоднення шлаку, який знаходиться у вагонах.

Ці елементи показані на рисунках 2.15 та 2.16.

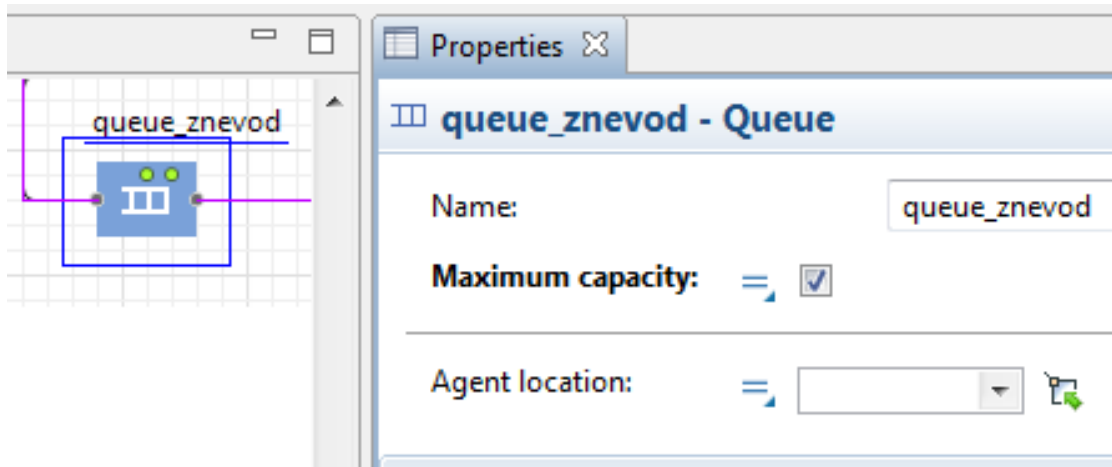


Рисунок 2.15 – Черга `queue_znevod`

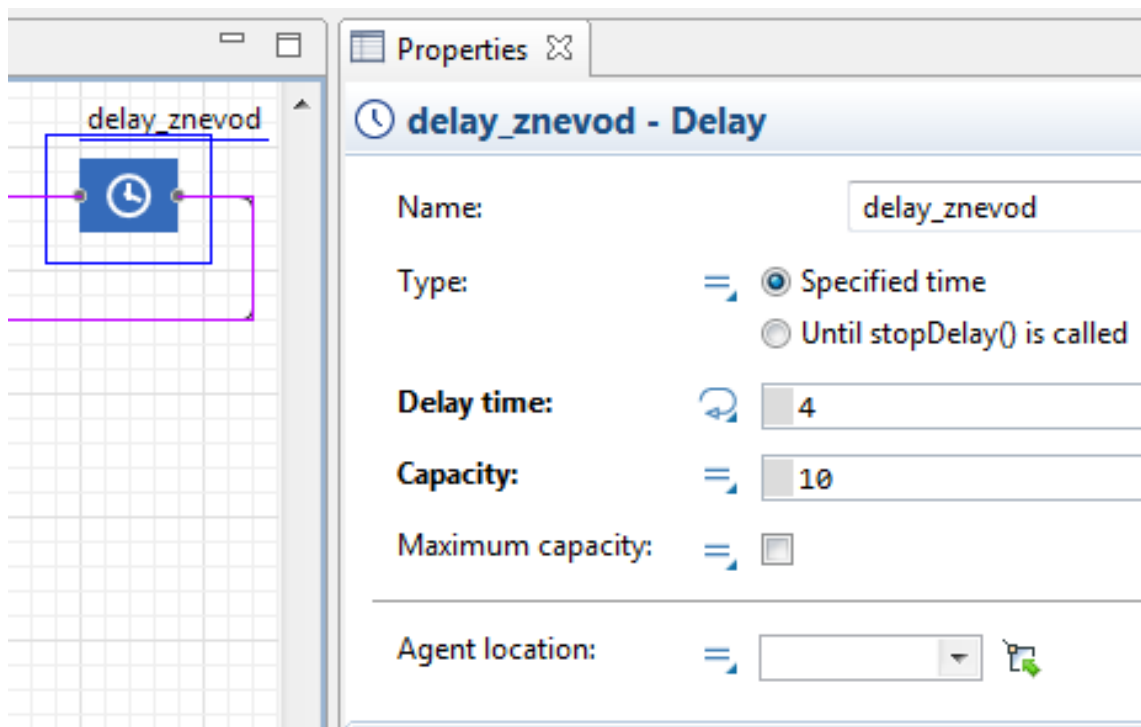


Рисунок 2.16 – Елемент `delay_znevod`

2.4 Блок навантаження на ділянці зневоднення

Блок навантаження на ділянці зневоднення представлений на рисунку 2.17.

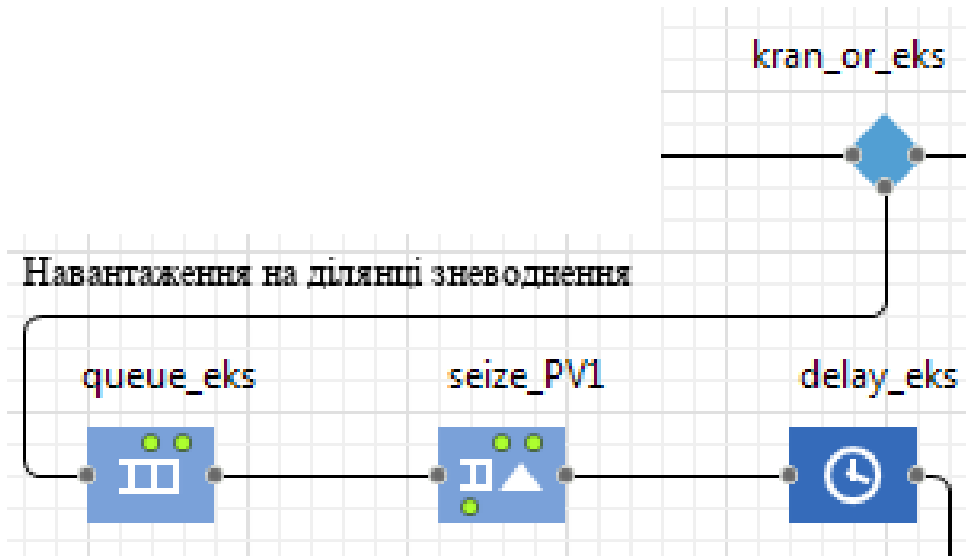


Рисунок 2.17 – Блок навантаження на ділянці зневоднення

Перший елемент блоку `queue_eks` (рисунок 2.18) утримує замовлення до захоплення елементом `seize_PV1` ресурсів – напіввагонів, він показаний на рисунку 2.19.

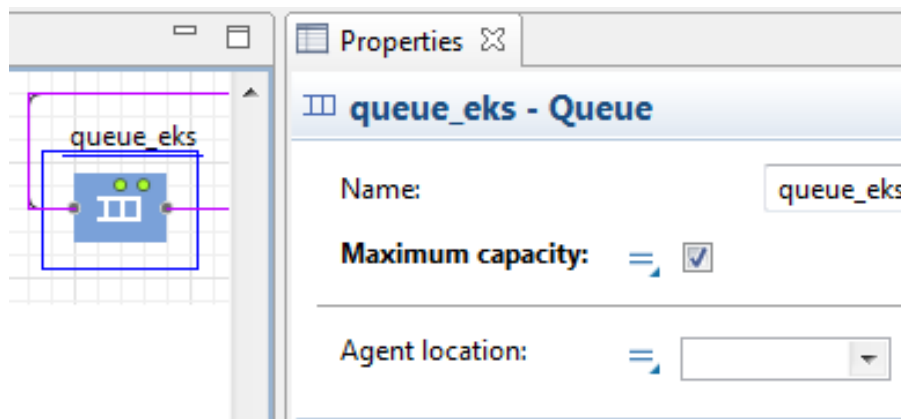


Рисунок 2.18 – Елемент `queue_eks`

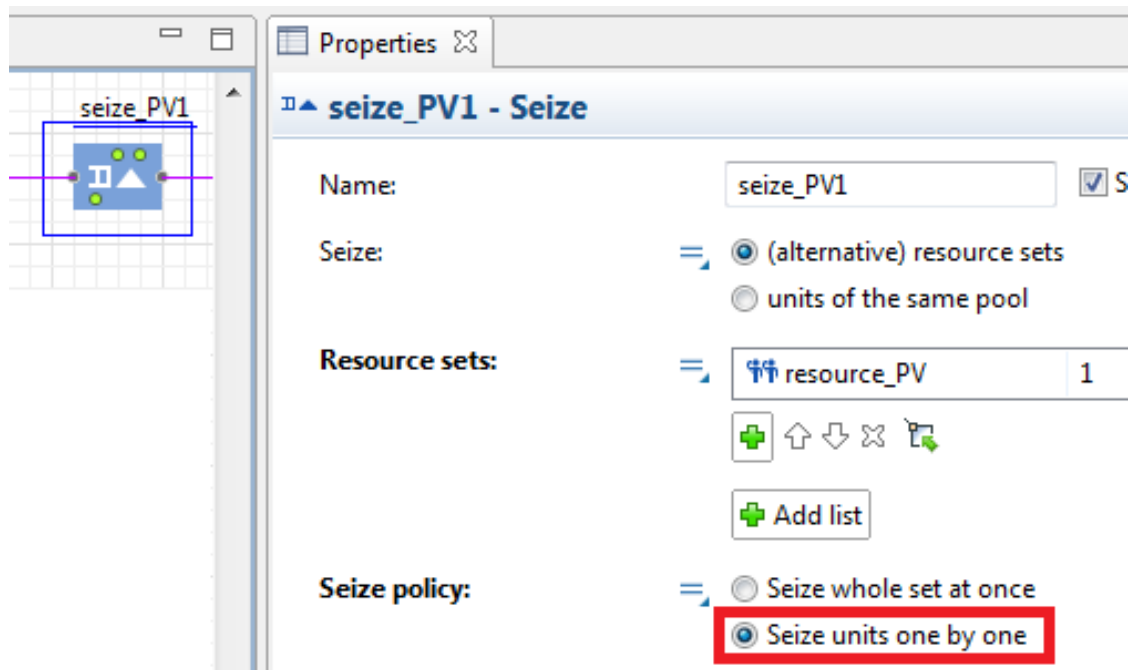


Рисунок 2.19 – Елемент seize_PV1

Кількість ресурсів (рисунок 2.20 – елемент resource_PV) встановлюється змінною var_Res_PV – рисунок 2.21.

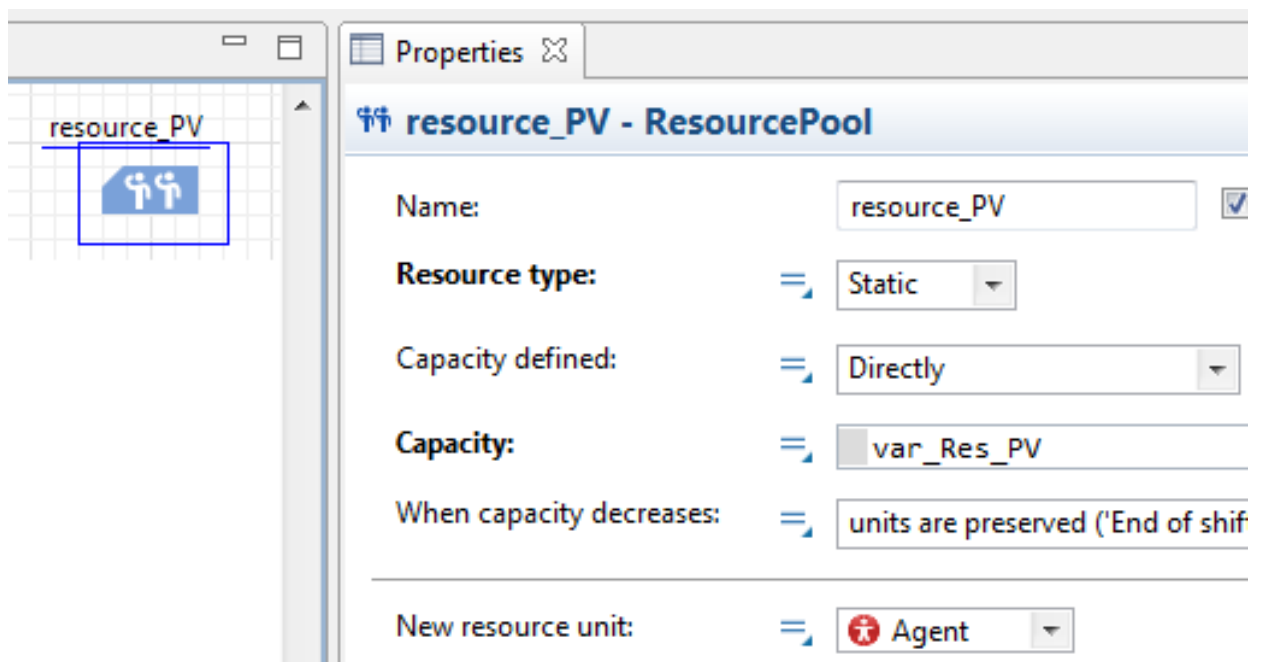


Рисунок 2.20 – Елемент resource_PV

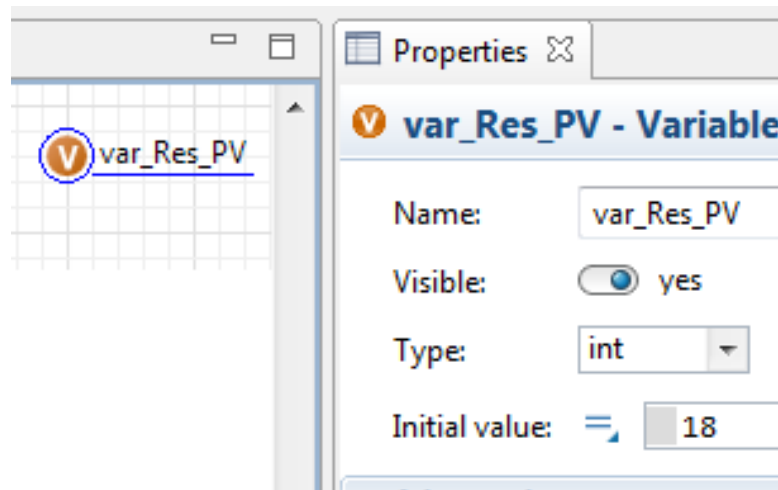


Рисунок 2.21 – Змінна var_Res_PV

Через цю змінну цілочисельного типу можна управляти програмою.

Надалі потоки замовлень як при навантаженні на гранбасейні, так і ділянці зневоднення, сходяться до блоку відправлення з під'їзної колії комбінату Запоріжсталь – рисунок 2.22.

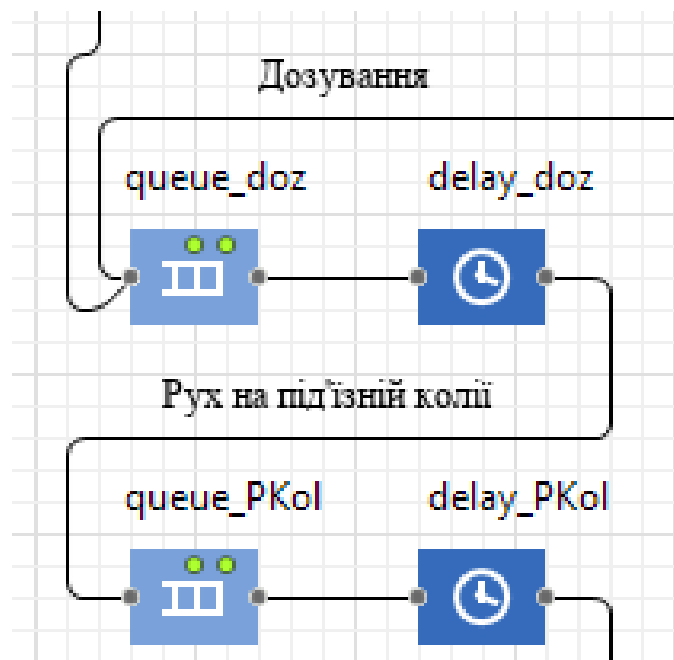


Рисунок 2.22 – Блок відправлення з під'їзної колії комбінату Запоріжсталь

2.5 Рух замовлень до РЕСУРС-БУД

Технологією подальшого просування вагонів є етап дозування, тобто зважування вагонів на вагах та відбір, або додавання вантажу до повної вантажопідйомності вагону (або максимально наближено до цього показника). Імітацію цього процесу здійснює черга `queue_doz` – рисунок 2.23 та елемент затримки `delay_doz` – рисунок 2.24.

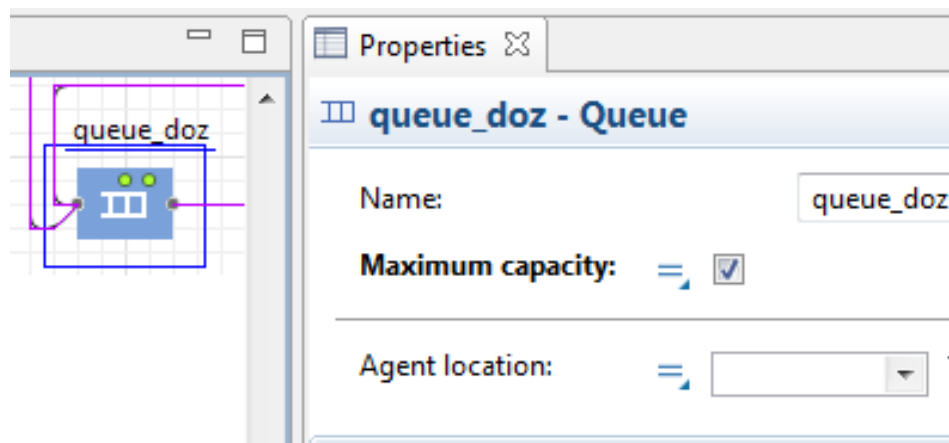


Рисунок 2.23 – Черга `queue_doz`

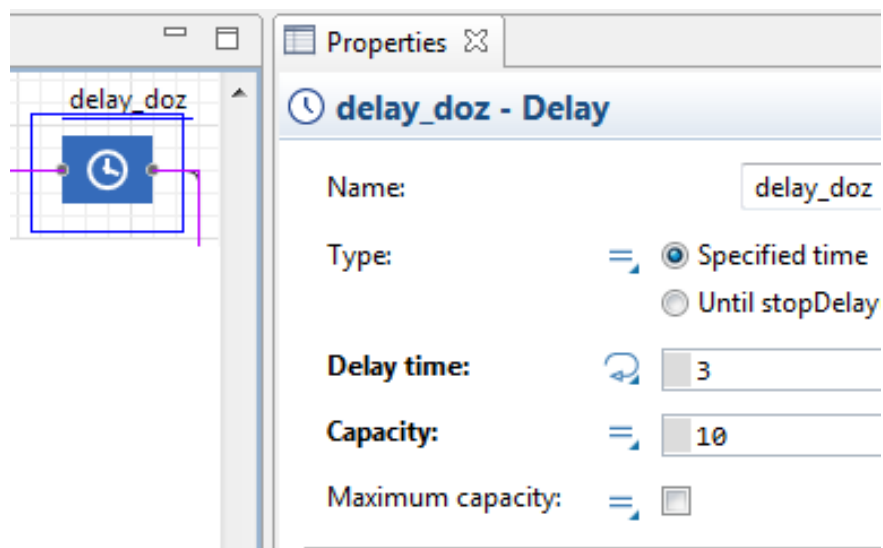


Рисунок 2.24 – Елемент `delay_doz`

Елемент `queue_PKol` здійснює накопичення (рисунок 2.25), а елемент `delay_PKol` (рисунок 2.26) – затримку вагонів, імітуючи рух вагонів по під'їзній колії за рівномірним законом розподілу:

`uniform(2,6)`,

від двох до 6 годин.

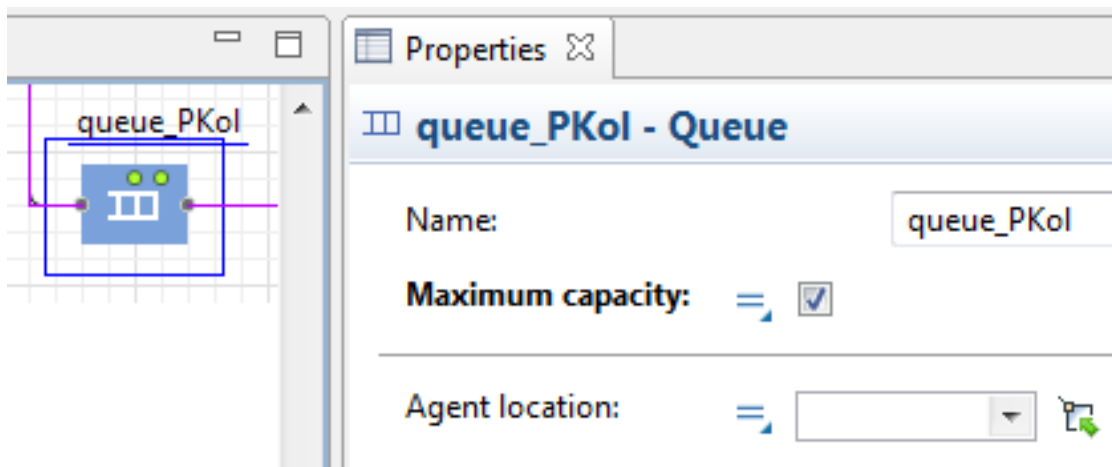


Рисунок 2.25 – Елемент `queue_PKol`

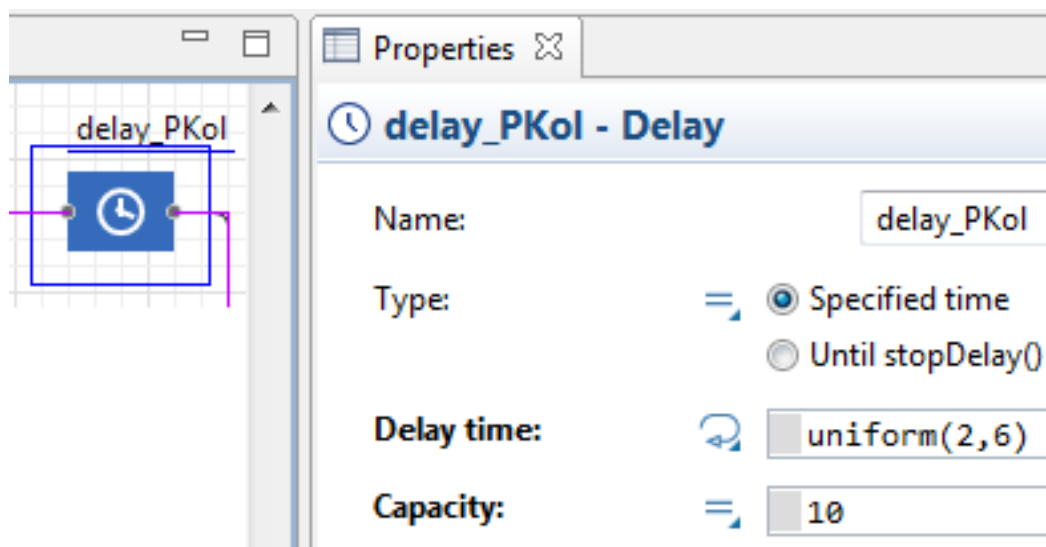


Рисунок 2.26 – Елемент `delay_PKol`

Безпосередньо, доставка імітується елементами черги queue_Spozhibv та затримки delay_Spozhibv – рисунок 2.27.

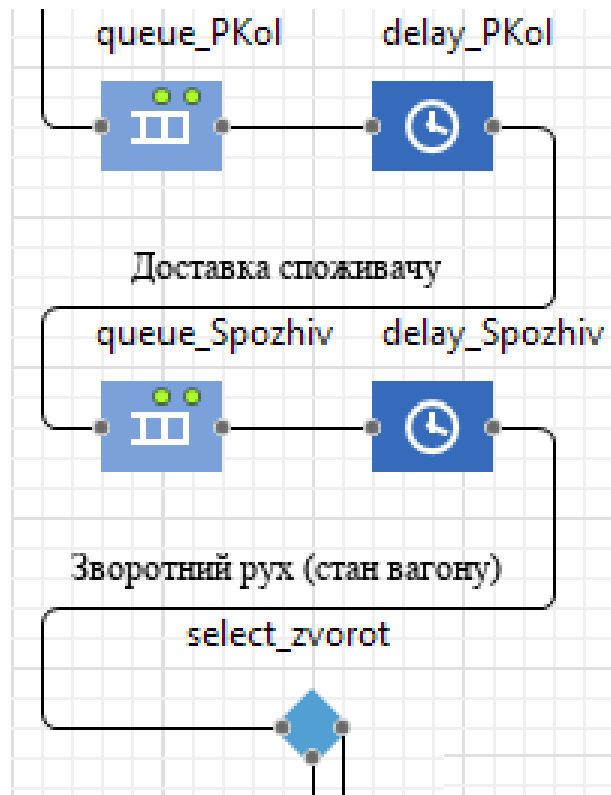


Рисунок 2.27 – Блок доставки

Елемент черги queue_Spozhibv показаний на рисунку 2.28.

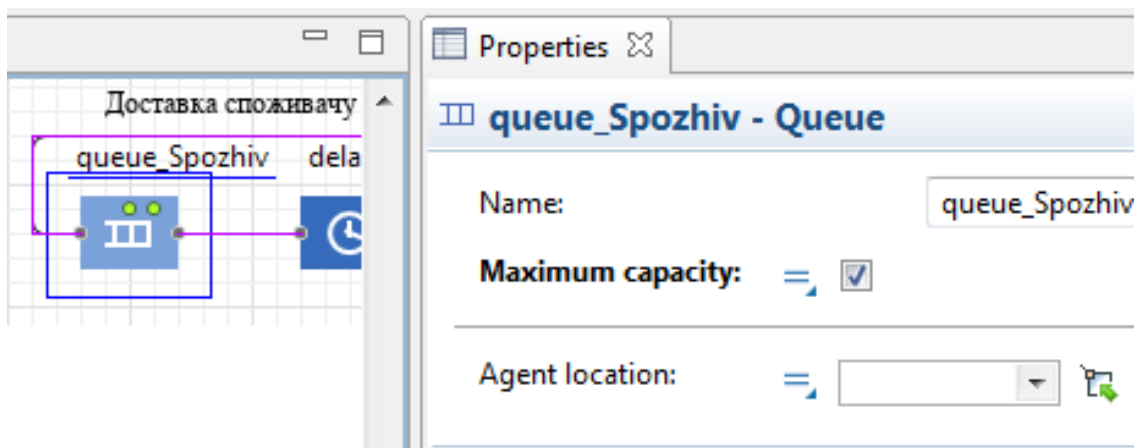


Рисунок 2.28 – Елемент queue_Spozhibv

Елемент затримки delay_Spozhhiv показаний на рисунку 2.29.

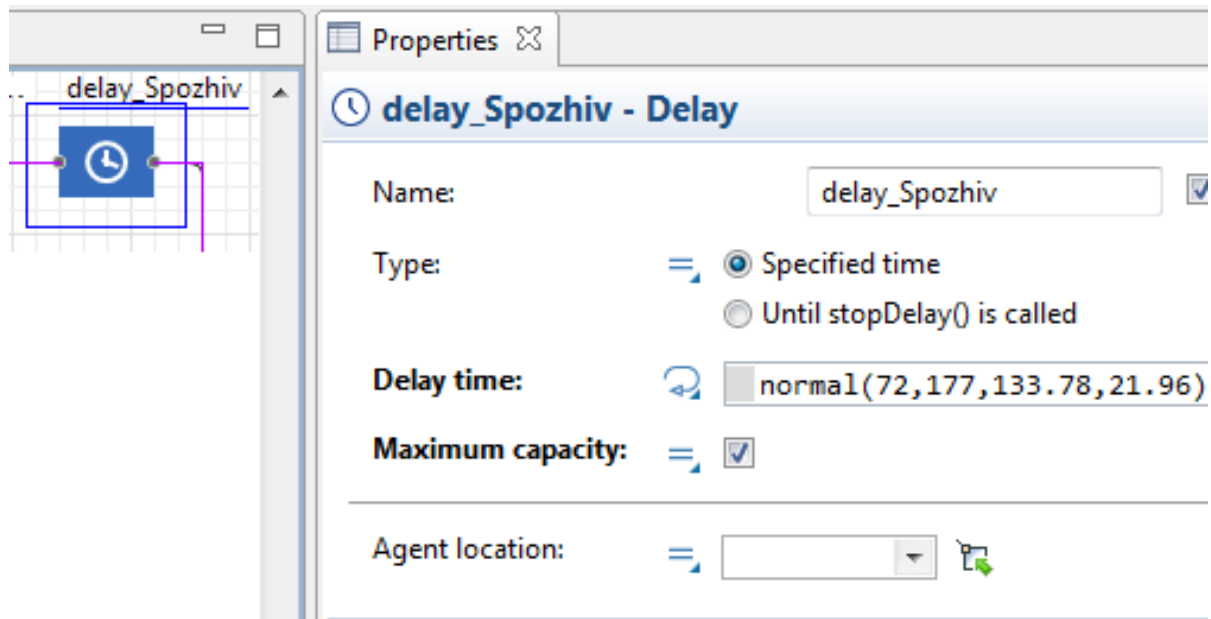


Рисунок 2.29 – Елемент delay_Spozhhiv

Тривалість затримки з доставки до споживача РЕСУРС-БУД визначена за допомогою статистичного аналізу даних.

Проаналізуємо вибірку тривалості часу доставки:

175, 145, 137, 136, 145, 151, 129, 150, 137, 171, 120, 105, 120, 163, 150, 138, 146, 150, 175, 124, 135, 120, 102, 124, 124, 72, 124, 150, 145, 147, 107, 145, 123, 120, 177, 107, 150, 160, 102, 115, 138, 124, 146, 113, 95, 137, 120, 146, 120.

Характеристики вибірки інтервалів часу доставки вагонів до РЕСУРС-БУД:

- мінімальний — 72 години;
- максимальний — 177 годин;
- значень — 49 од.;
- середнє значення 133,78 години;

- інтервали – 7;
- розмір інтервалу – 15 годин;
- стандартне відхилення 21,96 годин.

На рисунку 2.30 наведена діаграма щільності розподілу інтервалів часу доставки вагонів до РЕСУРС-БУД.

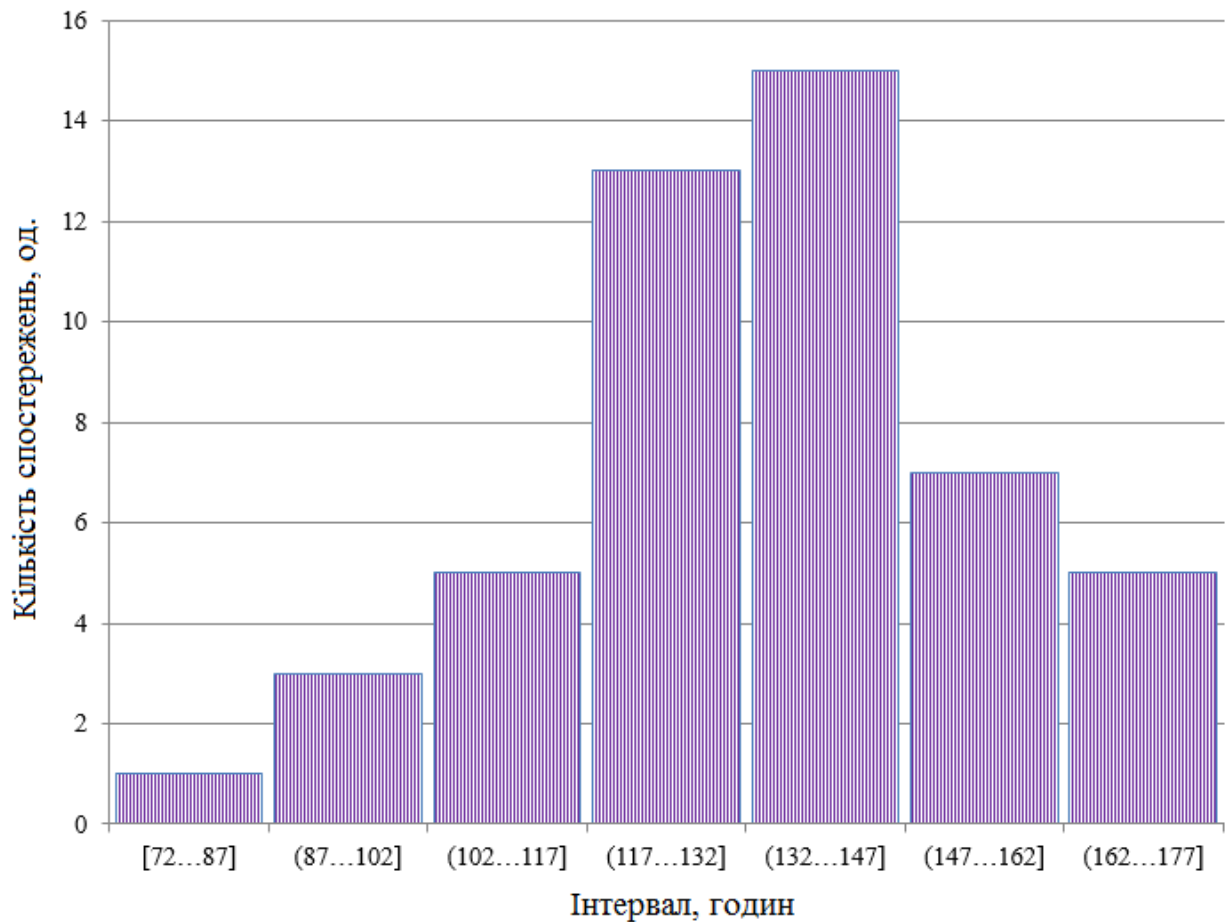


Рисунок 2.30 – Діаграма щільності розподілу інтервалів часу доставки вагонів до РЕСУРС-БУД.

Відповідно до даної діаграми за нормальним законом задаються параметри затримки вагонів:

$\text{normal}(72,177,133.78,21.96)$.

Рух у зворотному напрямку можливий за двома варіантами:

- вагони завантажуються металобрухтом по станції Біла Церква;
- вагони повертаються у порожньому стані.

Вибір обумовлюється в залежності від наявності вільних вагонів для навантаження граншлаку та регулюється елементом `select_zvorot` (рисунок 2.31) в залежності від значення змінної `var_zvorot` – рисунок 2.32.

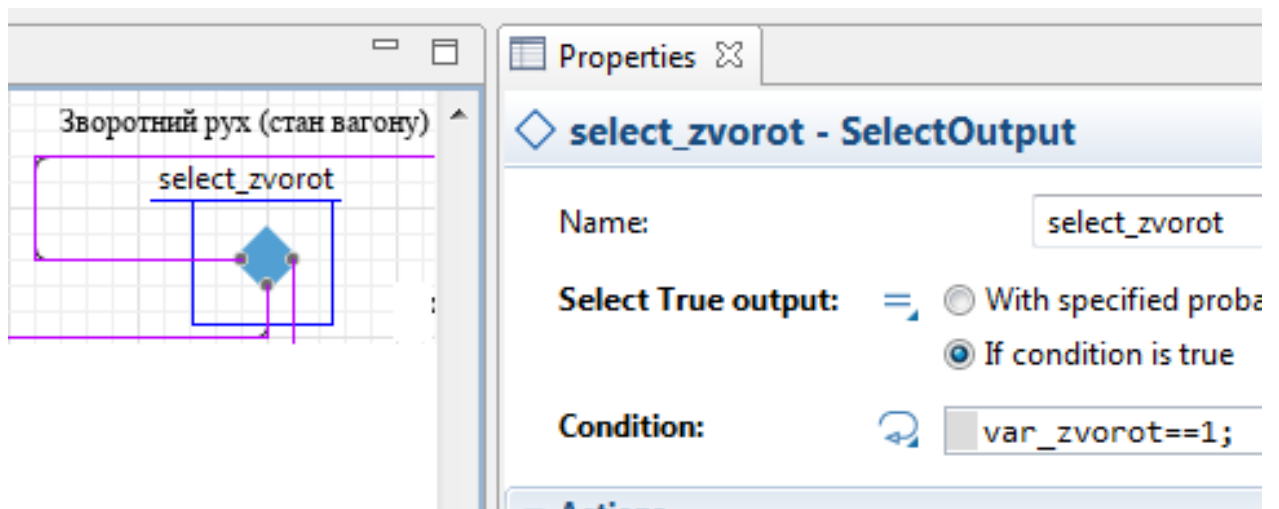


Рисунок 2.31 – Елемент `select_zvorot`

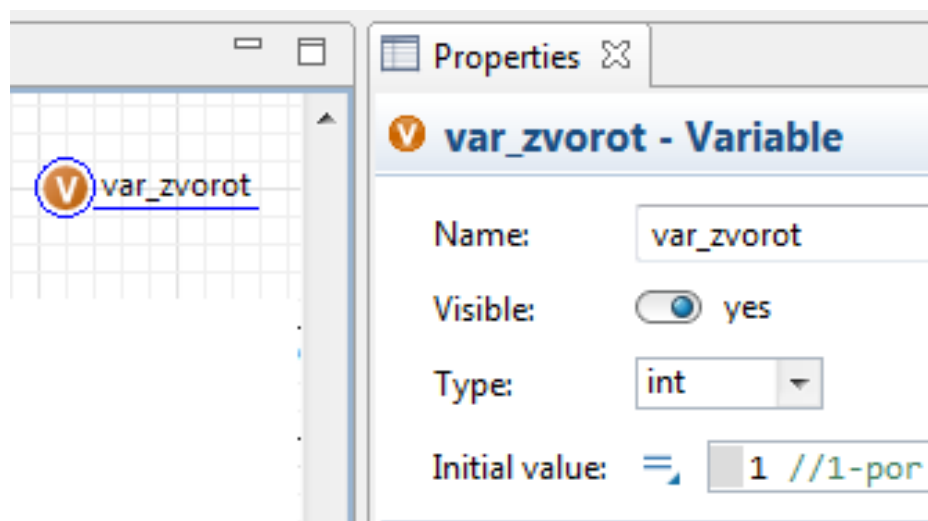


Рисунок 2.32 – Змінна `var_zvorot`

2.6 Зворотній рух вагонів у завантаженому стані

Блок зворотного руху вагонів у завантаженому стані (вантаж – металобрухт зі станції Біла Церква) показаний на рисунку 2.33.

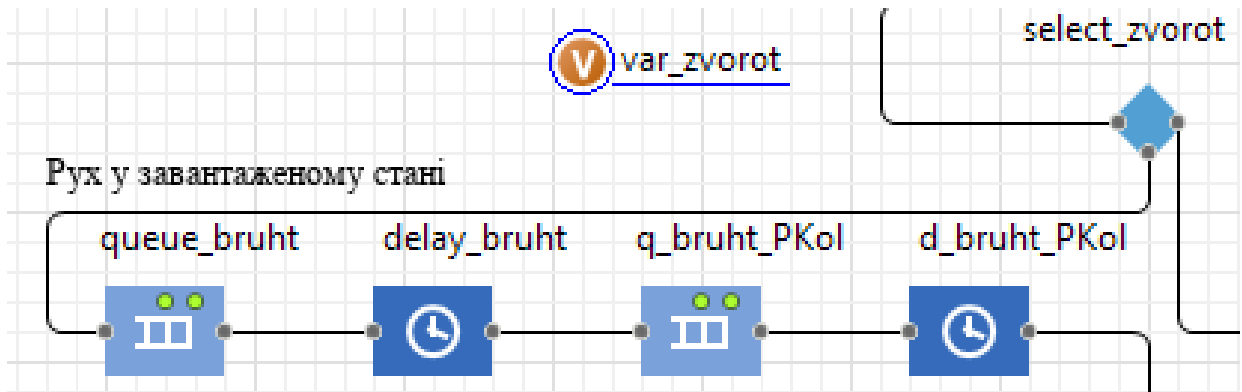


Рисунок 2.33 – Блок зворотного руху вагонів у завантаженому стані

У елементі `queue_bruht` (рисунок 2.34) здійснюється зберігання замовлень перед затримкою елементом `delay_bruht`, що забезпечує імітацію доставки вагонів на комбінат зі станції Біла Церква.

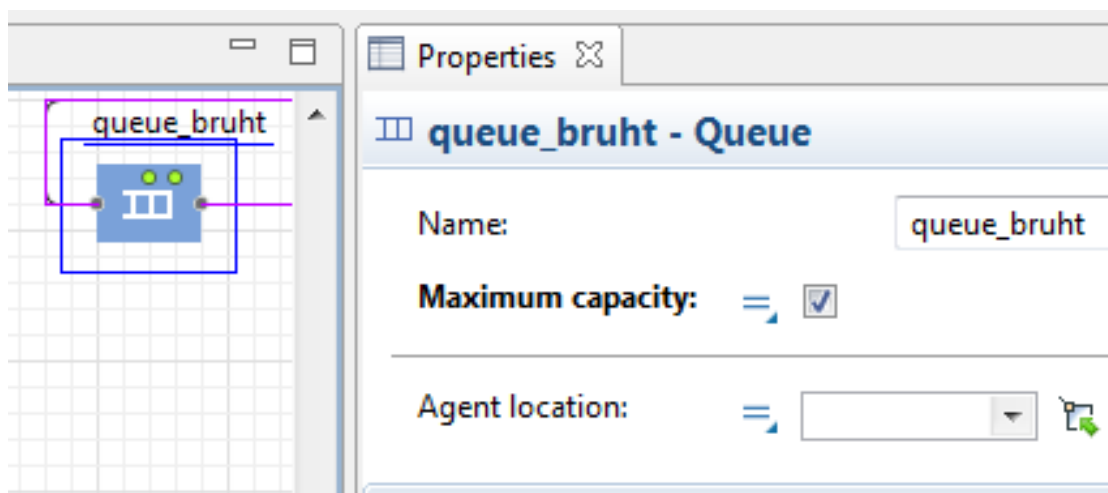


Рисунок 2.34 – Елемент `queue_bruht`

Час затримки визначимо шляхом обробки відповідної вибірки тривалості руху зі станції Біла Церква:

131, 155, 115, 118, 86, 109, 99, 112, 132, 113, 132, 131, 148, 124, 131, 109, 132, 109, 137, 136, 159, 97, 95, 113, 66, 136, 117, 136, 133, 109, 124, 136, 123, 123, 113, 109, 113, 88, 103, 161, 154, 97, 136, 85, 125, 125, 90, 109, 113.

На рисунку 2.35 показана діаграма щільності розподілу даної випадкової величини.

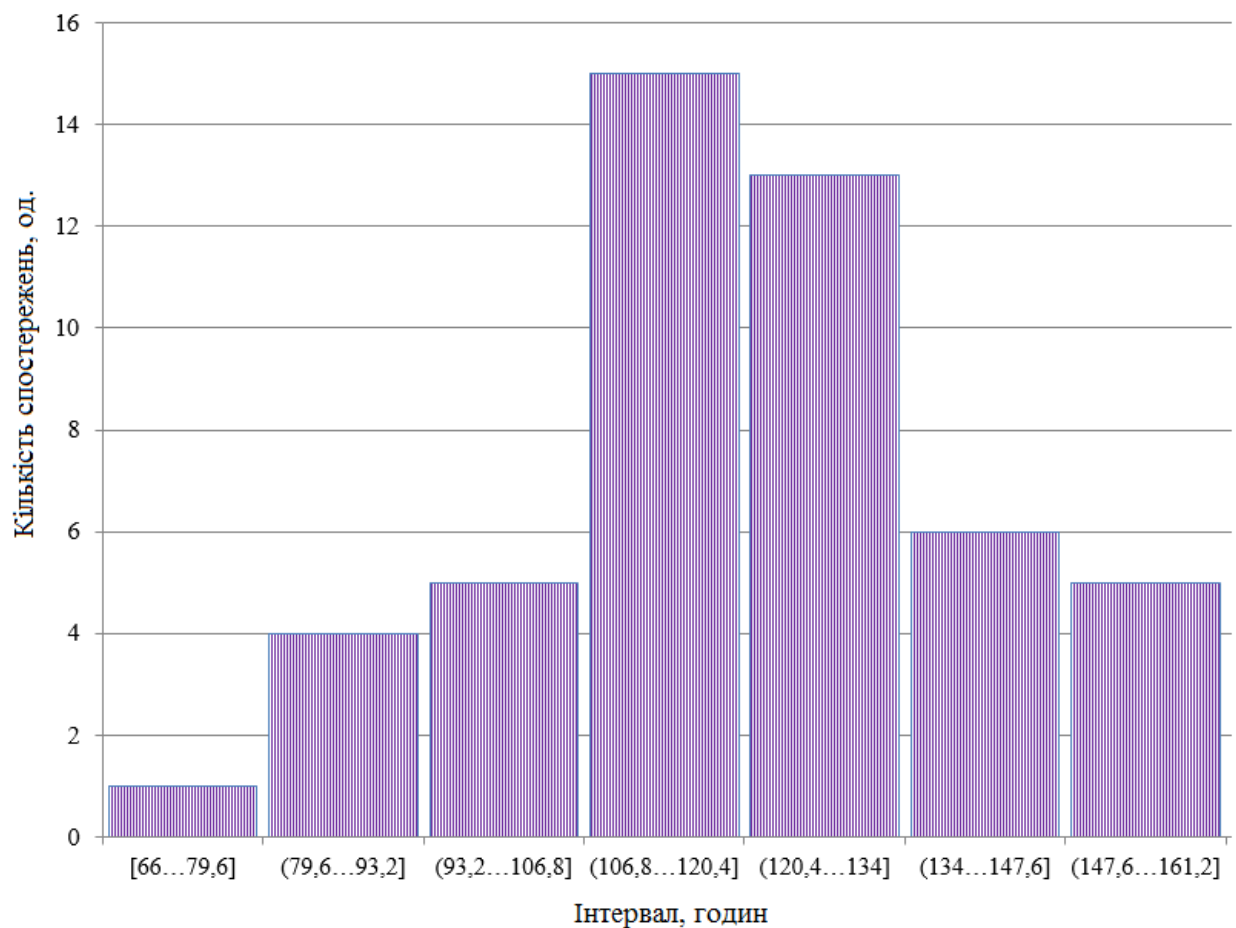


Рисунок 2.35 – Діаграма щільності розподілу вибірки тривалості руху зі станції Біла Церква

Характеристики вибірки інтервалів часу доставки вагонів з Білої Церкви у завантаженому стані:

- мінімальний – 66 годин;
- максимальний – 161 годин;
- значень – 49 од.;
- середнє значення 119,33 години;
- інтервали – 7;
- розмір інтервалу – 13,6 годин;
- стандартне відхилення 20,25 годин.

Використовуємо відповідну функцію генерації значень часу затримки у елементі delay_bruht – рисунок 2.36 – за нормальним законом:

`normal(66,161,119.33,20.25).`

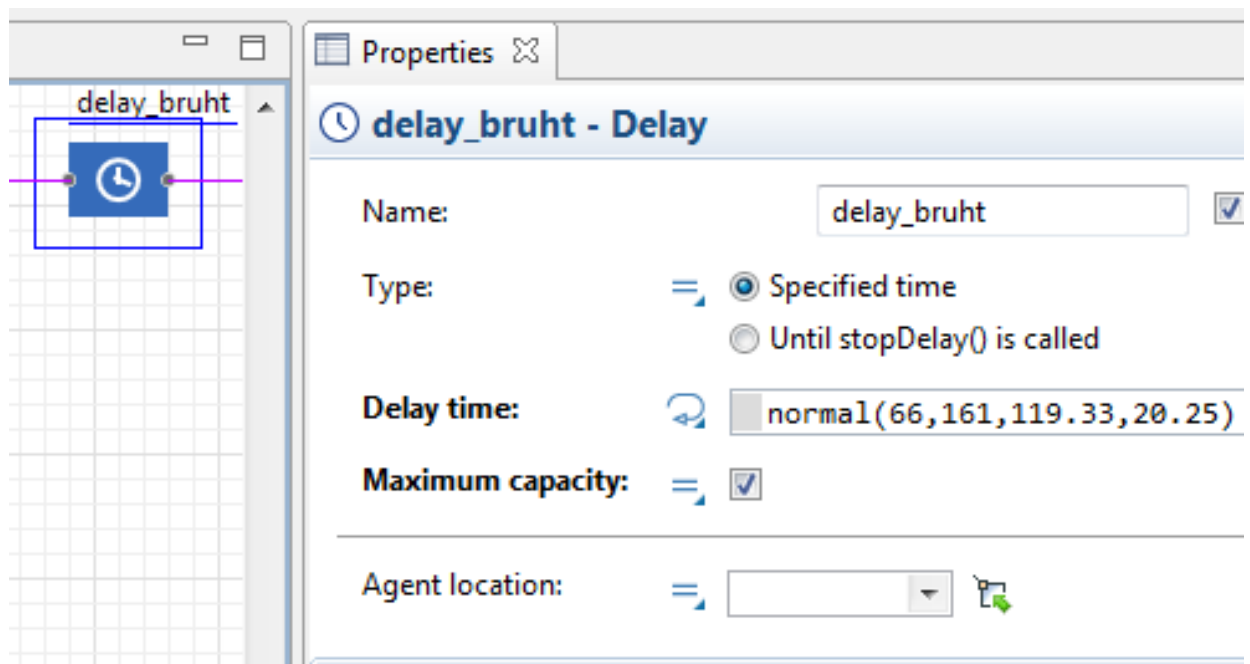


Рисунок 2.36 – Елемент delay_bruht

Далі – перебування у черзі q_bruht_PKol (рисунок 2.37) та затримка, що імітує процес доставки та вивантаження металобрухту на станції Шихта – елемент d_bruht_PKol – рисунок 2.38.

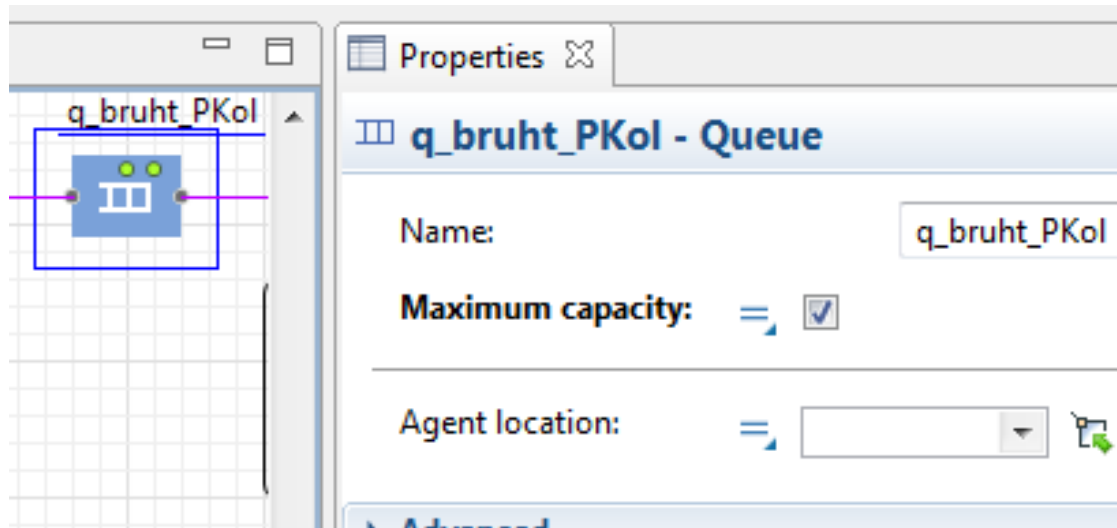


Рисунок 2.37 – Черга q_bruht_PKol

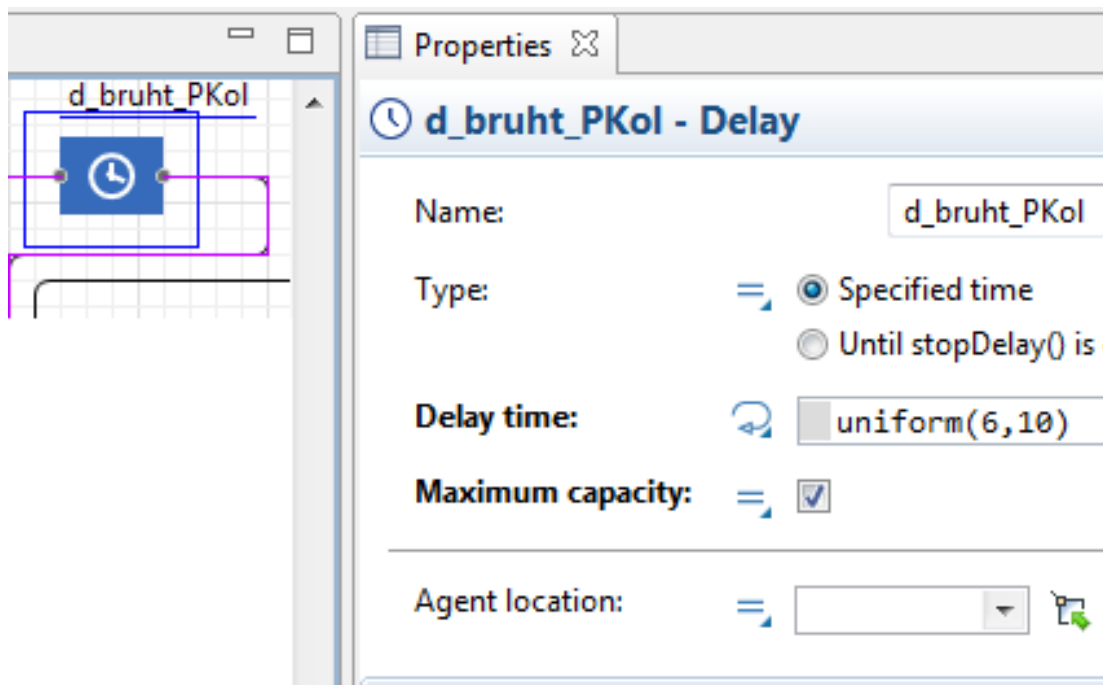


Рисунок 2.38 – Елемент d_bruht_PKol

2.7 Зворотній рух вагонів у порожньому стані

Розглянемо ланцюг доставки вагонів у порожньому стані, у випадку, якщо робочого парку не вистачає для доставки граншлаку та є потреби прискорення обороту напіввагонів.

Цей ланцюг представлений на рисунку 2.39.

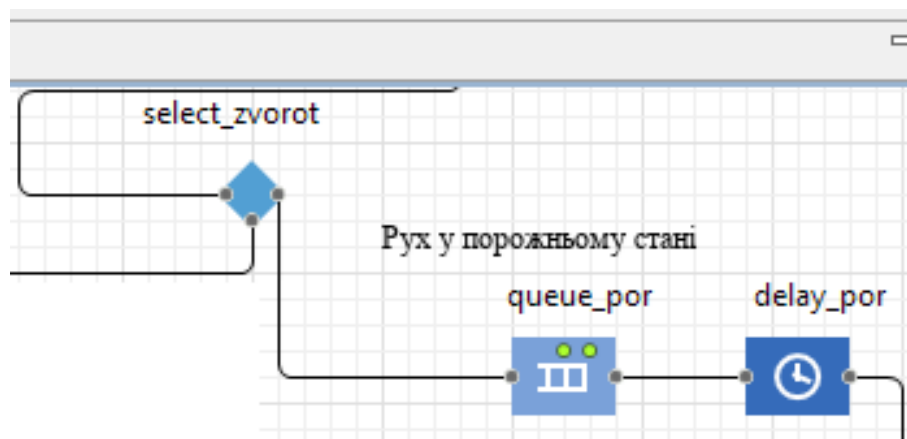


Рисунок 2.39 – Ланцюг доставки вагонів у порожньому стані

Замовлення перебувають у черзі `queue_por` (рисунок 2.40) перед затримкою, що імітує процес доставки порожніх вагонів на під'їзну колію комбінату – елемент `delay_por` – рисунок 2.41.

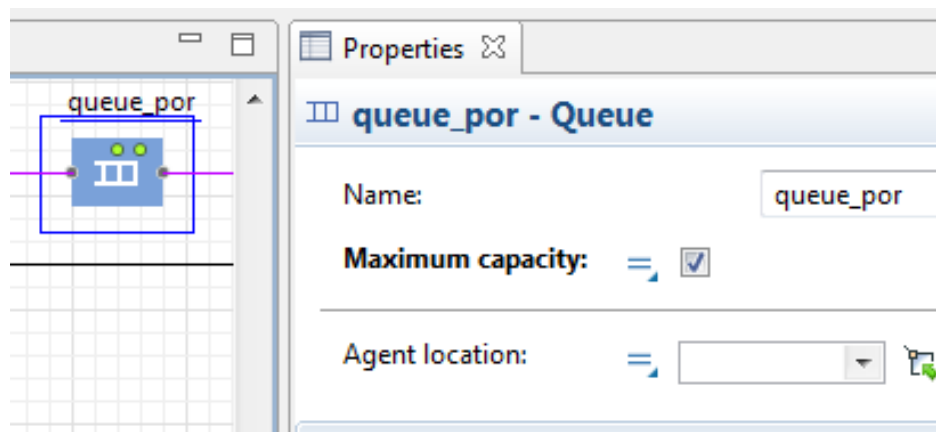


Рисунок 2.40 – Черга `queue_por`

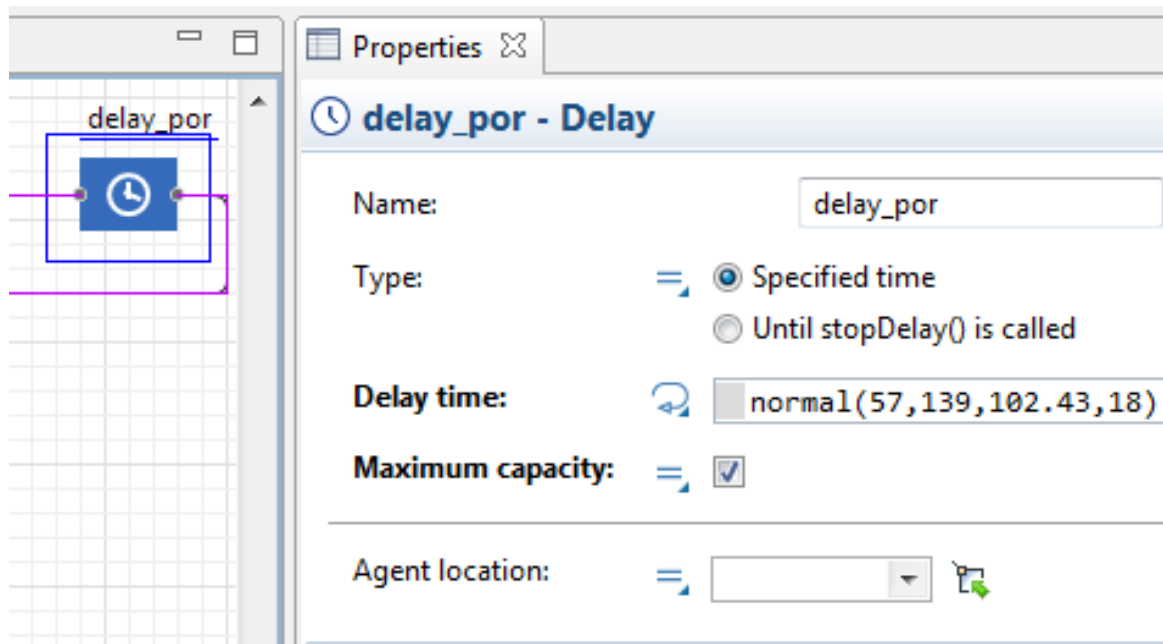


Рисунок 2.41 – Елемент delay_por

Тривалість затримки визначена на основі статаналізу вибірки інтервалів часу доставки вагонів з РЕСУРС-БУД у порожньому стані:

75, 98, 108, 115, 114, 114, 78, 118, 115, 108, 118, 118, 94, 114, 98, 118, 88, 94, 84, 139, 97, 74, 128, 134, 101, 109, 98, 89, 94, 133, 118, 77, 98, 98, 119, 94, 57, 107, 57, 84, 115, 108, 89, 94, 106, 116, 114, 94, 109.

Характеристики вибірки інтервалів часу доставки вагонів з РЕСУРС-БУД у порожньому стані:

- мінімальний – 57 годин;
- максимальний – 139 годин;
- значень – 49 од.;
- середнє значення 102,43 години;
- інтервали – 7;
- розмір інтервалу – 11,8 годин;
- стандартне відхилення 18 годин.

На рисунку 2.42 показана діаграма щільності розподілу випадкової величини інтервалів часу доставки вагонів з РЕСУРС-БУД у порожньому стані.

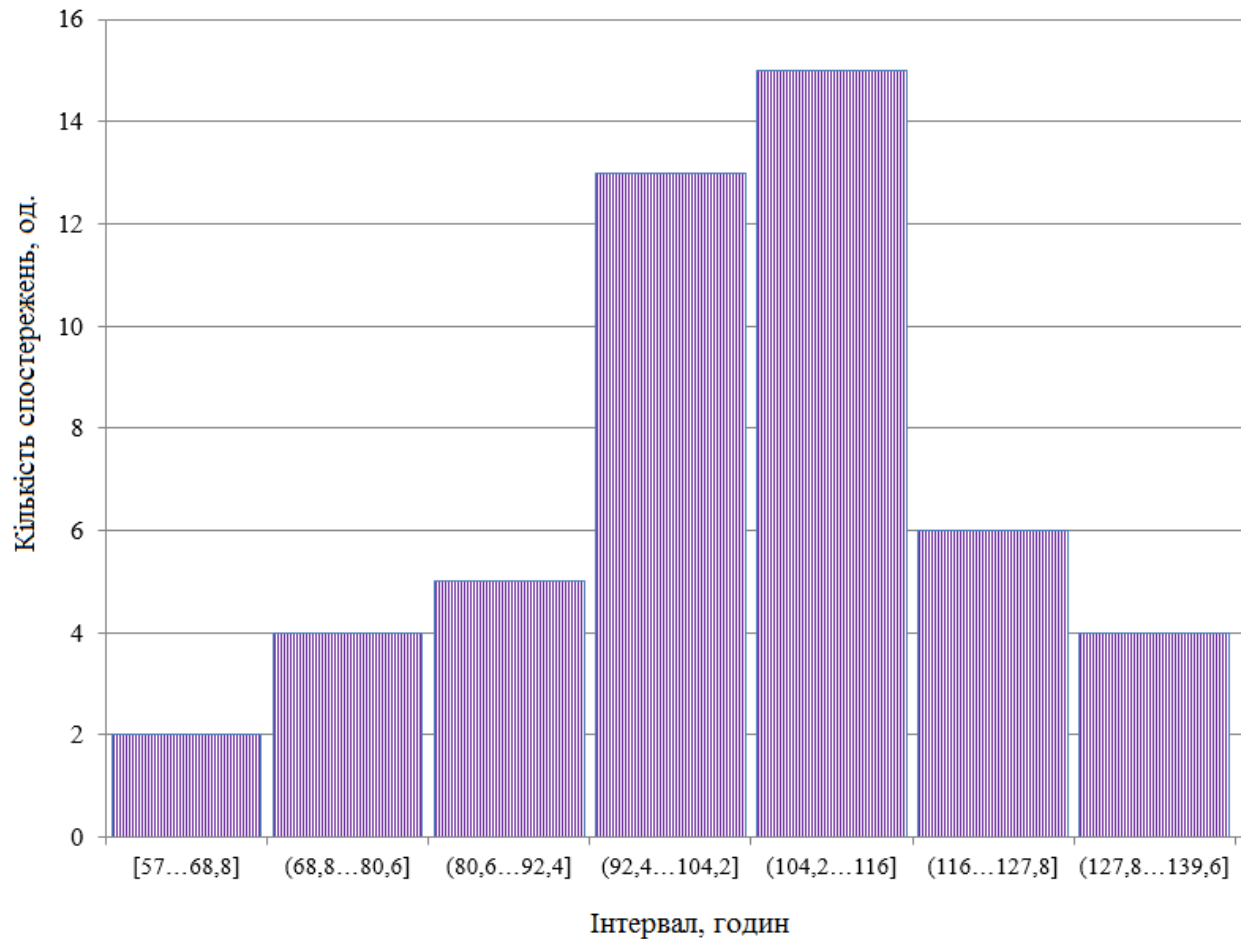


Рисунок 2.42 – Діаграма щільності розподілу випадкової величини інтервалів часу доставки вагонів з РЕСУРС-БУД у порожньому стані

Відповідні параметри нормального розподілу зазначені у елементі затримки `delay_por`:

`normal(57,139,102.43,18).`

Завершальна частина програми RESOURCE_BUD показана на рисунку 2.43.

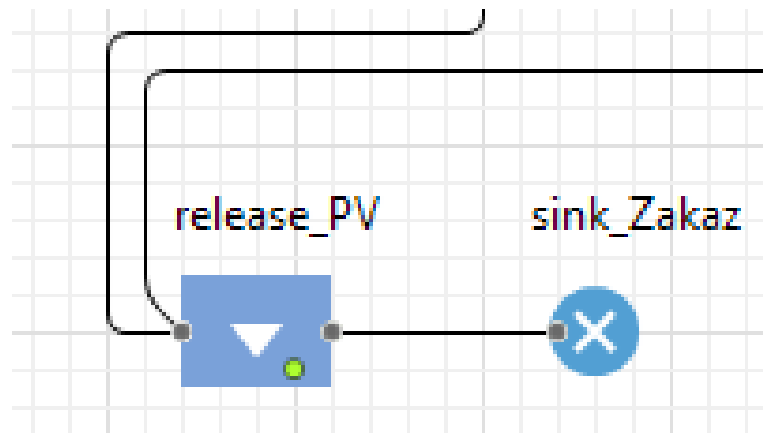


Рисунок 2.43 – Завершальна частина програми RESOURCE_BUD

Елемент release_PV звільнює раніше захоплені ресурси – піввагони, що показано на рисунку 2.44.

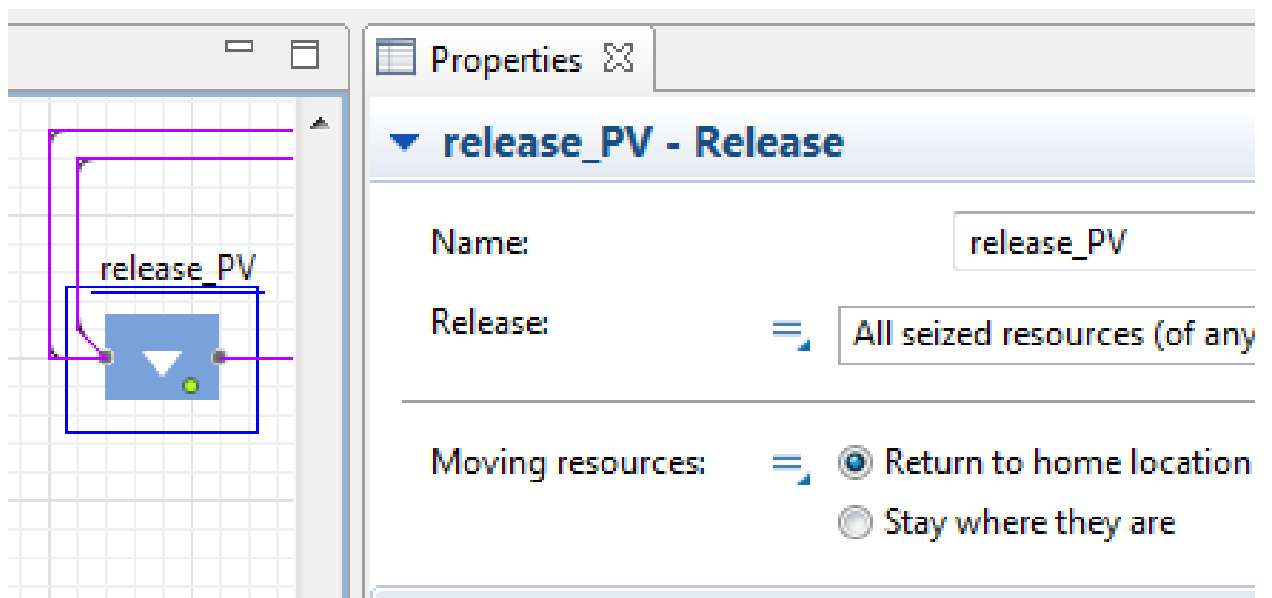


Рисунок 2.44 – Елемент release_PV

Елемент sink_Zakaz знищує замовлення – рисунок 2.45.

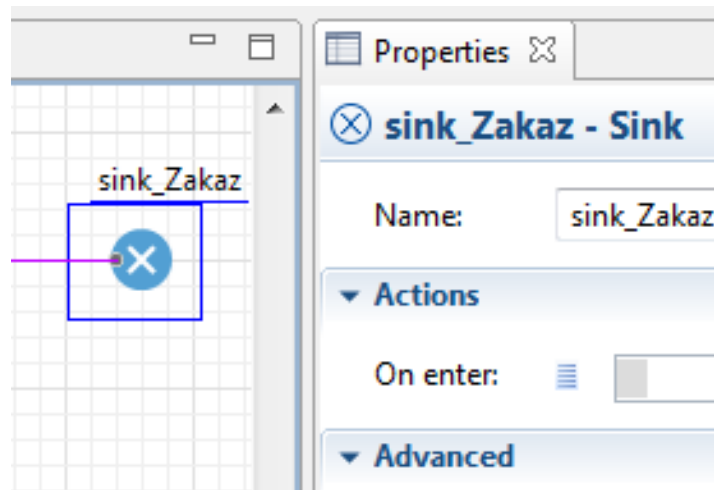


Рисунок 2.45 – Елемент sink_Zakaz

Елемент управління подійно-циклічного типу event_Resource показаний на рисунку 2.46.

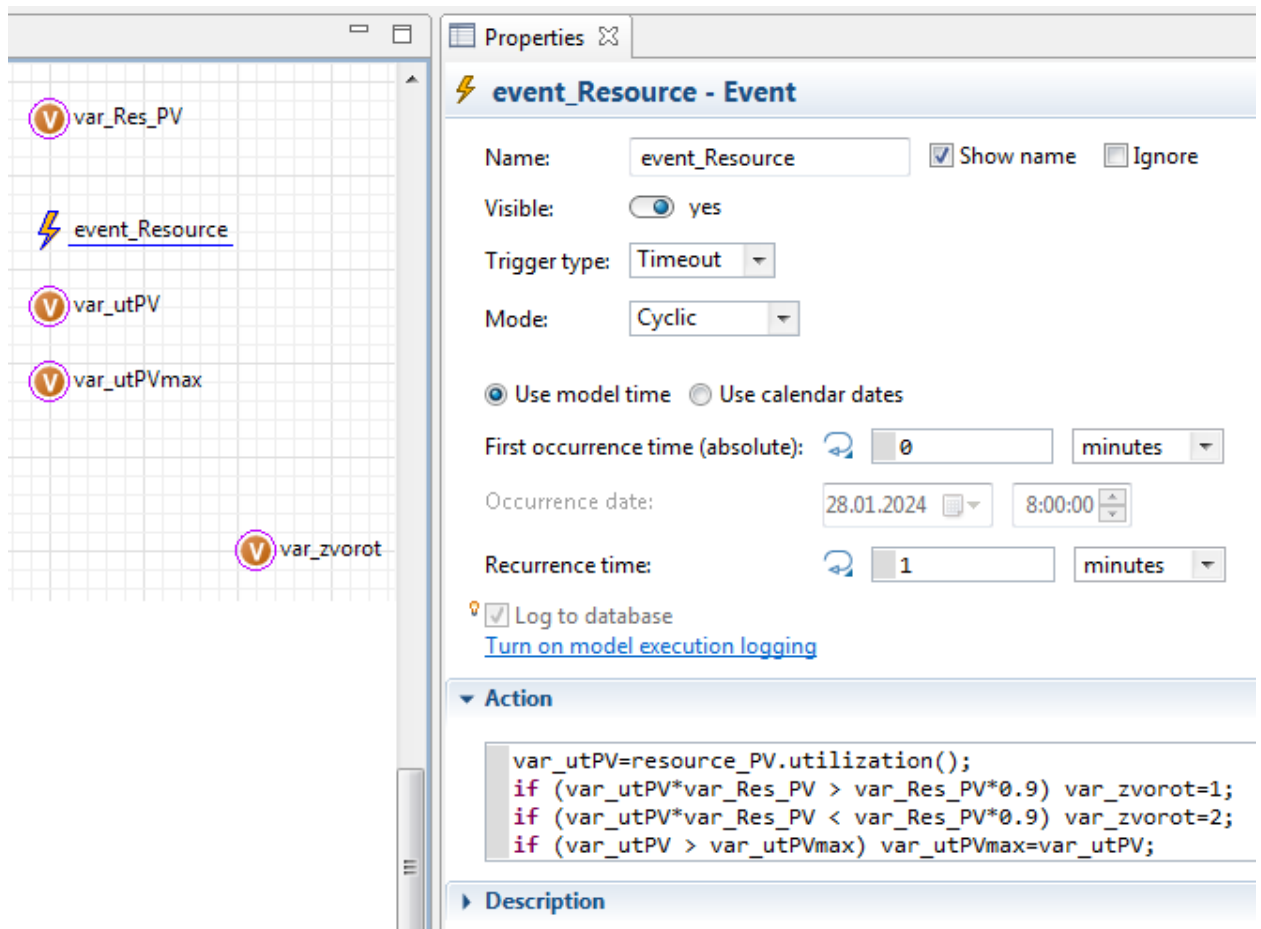


Рисунок 2.46 – Елемент управління event_Resource

Даний елемент event_Resource щохвилини роботи програми ініціює блок умов:

```
var_utPV=resource_PV.utilization();
if (var_utPV*var_Res_PV > var_Res_PV*0.9) var_zvorot=1;
if (var_utPV*var_Res_PV < var_Res_PV*0.9) var_zvorot=2;
if (var_utPV > var_utPVmax) var_utPVmax=var_utPV;
```

який використовує змінні:

- var_utPV – завдяки функції utilization() отримує дані щодо ступеню поточного використання ресурсів resource_PV (коефіцієнт у діапазоні від 0 до 1);

- var_zvorot – у випадку використання ресурсів з показником 0,9 (тобто на 90%) присвоюється значення, яке відповідає умові руху вагонів у зворотному напрямку з РЕСУРС-БУД у порожньому стані, щоб прискорити їх повернення;

- var_utPVmax – фіксує максимальне значення var_utPV – ступеню використання ресурсів.

Змінна var_zvorot є цілочисельного типу. Змінні var_utPV та var_utPVmax – типу double (рисунок 2.47).

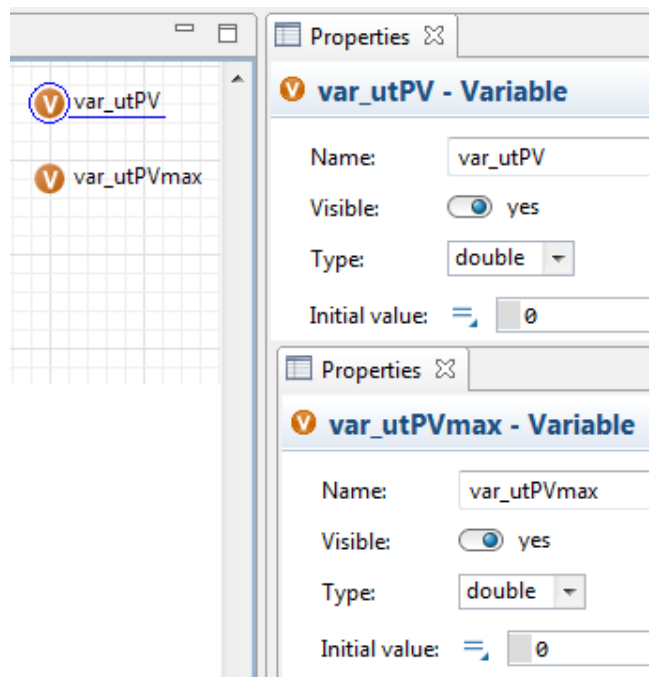


Рисунок 2.47 – Змінні var_utPV та var_utPVmax

Загальний вигляд програми RESOURCE_BUD показаний на рисунку 2.48.

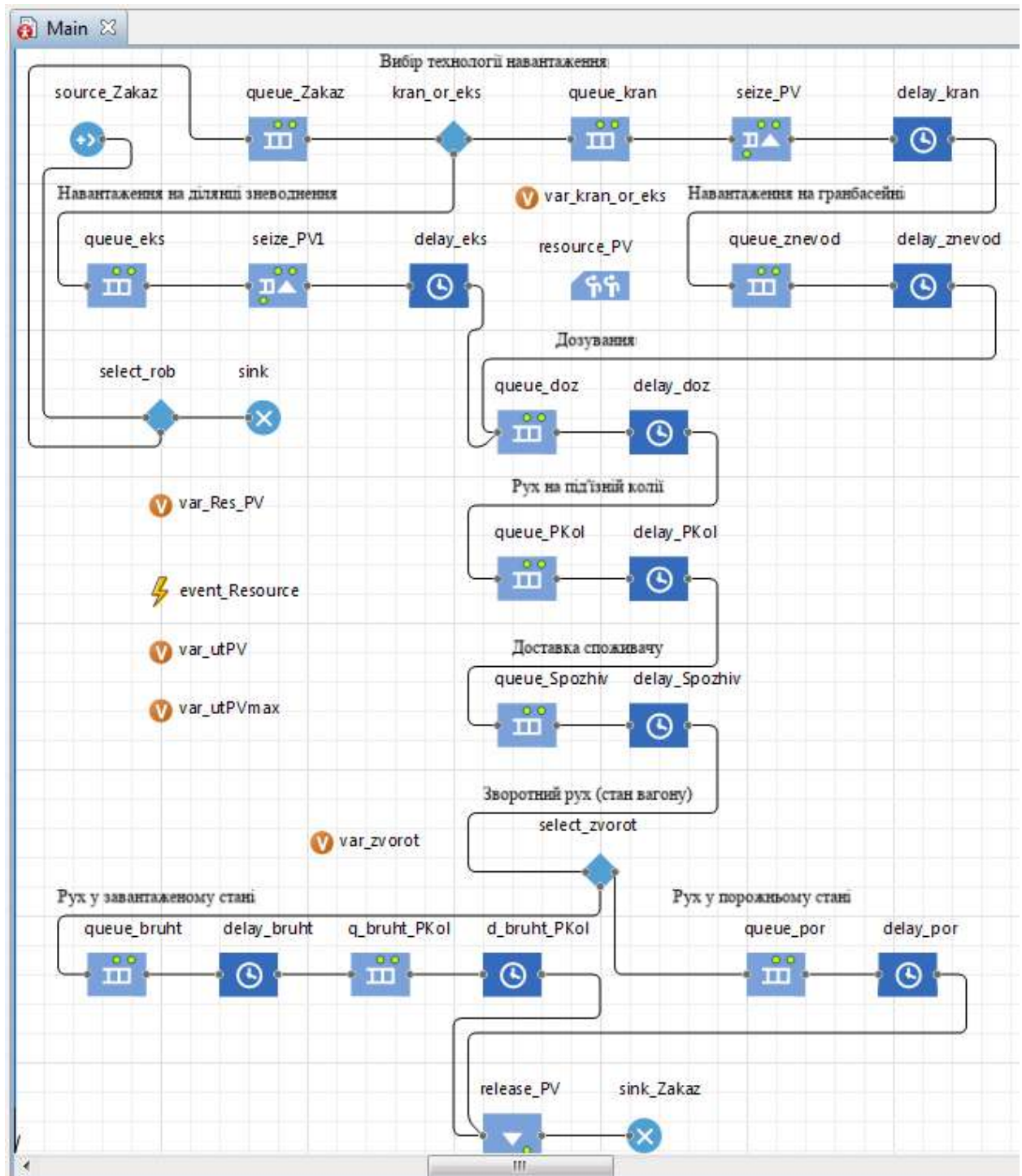


Рисунок 2.48 – Загальний вигляд програми RESOURCE_BUD

2.8 Експерименти на моделі RESOURCE_BUD

Після калібрування моделі, були проведені експерименти зі зміною наступних параметрів:

- схема роботи:
 - навантаження на гранбасейні;
 - навантаження на ділянці зневоднення;
- робочій парк вагонів:
 - 15 вагонів;
 - 18 вагонів;
 - 20 вагонів.

Були отримані наступні результати – таблиця 2.1.

Таблиця 2.1 – Результати моделювання на програмі RESOURCE_BUD

Схема роботи	Парк вагонів, од.	Кількість завантажених вагонів у зворотному напрямку, од.	Кількість порожніх вагонів у зворотному напрямку, од.	Середній відсоток використання вагонів, %	Максимальний відсоток використання вагонів, %
Навантаження на гранбасейні	15	40	36	0,8	0,94
	18	64	12	0,66	0,91
	20	74	2	0,75	0,9

Кінець таблиці 2.1

Схема роботи	Парк вагонів, од.	Кількість завантажених вагонів у зворотному напрямку, од.	Кількість порожніх вагонів у зворотному напрямку, од.	Середній відсоток використання вагонів, %	Максимальний відсоток використання вагонів, %
Навантаження на ділянці зневоднення	15	44	32	0,75	0,92
	18	69	7	0,58	0,87
	20	76	0	0,7	0,89

Виконаємо подальшу економічну оцінку варіантів роботи відповідно до параметрів поставлених експериментів.

3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Формування результатів моделювання на програмі RESOURCE_BUD для економічного аналізу

В роботі була розроблена імітаційна модель RESOURCE_BUD для оцінки ефективності різних схем навантаження гранульованого шлаку металургійного комбінату до підприємства РЕСУРС-БУД (станція Петро Кривоніс):

- навантаження на гранбасейні;
- навантаження на ділянці зневоднення.

Навантаження на гранбасейні вологого шлаку не потребує проміжного транспортування його з гранбасейну на майданчик зневоднення у думпках місцевого парку, проте потребує очікування зневоднення шлаку у завантажених напіввагонах. Через це збільшується тривалість їх обороту.

В роботі аналізується використання орендованих вагонів та, після економічного аналізу, планується встановити раціональну кількість робочого парку піввагонів.

Експерименти проводились для парків розміром:

- 15 вагонів;
- 18 вагонів;
- 20 вагонів.

При цьому, враховувалась можливість завантаження у зворотному напрямку вагонів металобрухтом на станції Біла Церква, якщо кількість задіяних вагонів в роботі (за оперативними даними програми) не перевищувала 90% від їх загальної чисельності. У протилежному випадку, вагони повертались у порожньому стані, щоб прискорити їх оборот задля виконання плану перевезення граншлаку.

У таблиці 3.1 наведені характеристики варіантів робіт.

Таблиця 3.1 – Характеристики варіантів робіт, за рік

Варіант роботи	Схема роботи	Парк вагонів, од.	Кількість завантажених вагонів у зворотному напрямку, од.	Кількість порожніх вагонів у зворотному напрямку, од.
1	Навантаження на гранбасейні	15	480	432
2		18	768	144
3		20	888	24
4	Навантаження на ділянці зневоднення	15	528	384
5		18	828	84
6		20	912	0

3.2 Аналіз варіантів доставки граншлаку до підприємства РЕСУРС-БУД

На основі [11-13] витрати на доставку граншлаку $V_{\text{ресб}_i}$ до підприємства РЕСУРС-БУД визначимо за формулою:

$$V_{\text{ресб}_i} = V_{\text{орен}_i} - V_{\text{тарзав}_i} + V_{\text{тарпор}_i} + V_{\text{думп}_i}, \quad (3.1)$$

де $V_{орен_i}$ – витрати на оренду вагонів, грн;

$V_{тарзав_i}$ – економія на тарифі та орендній платі при доставці вагонів у завантаженому металобрухтом стані зі станції Біла Церква, грн. Фактично в рамках дослідження вагони повертаються безоплатно, крім того, передбачається повернення орендної плати за час використання вагонів в процесі повернення;

$V_{тарпор_i}$ – витрати на тариф при доставці порожніх вагонів від РЕСУРС-БУД, грн;

$V_{думп_i}$ – витрати при доставці граншлаку до ділянки зневоднення, грн.

Безпосередньо витрати на перевезення граншлаку до РУСЕРС-БУД не враховуються, оскільки вони є однаковими за усіма варіантами.

Витрати $V_{орен_i}$ визначаємо за виразом:

$$V_{орен_i} = 365 K_{орен_i} C_{доб_орен}, \quad (3.2)$$

де $K_{орен_i}$ – кількість орендованих вагонів за i -м варіантом доставки граншлаку до РУСЕРС-БУД, од.;

$C_{доб_орен}$ – вартість оренди, грн/добу (365 – у виразі (3.2) – кількість діб у році). $C_{доб_орен} = 1300$ грн/добу.

Економію $V_{тарзав_i}$ визначимо за виразом:

$$V_{тарзав_i} = K_{тарзав_i} T_{зав} C_{доб_орен}, \quad (3.3)$$

де $K_{тарзав_i}$ – кількість вагонів, що повернулись із металобрухтом, од.;

$T_{зав}$ – час використання вагонів на цьому перевезенні, діб.

$T_{зав}$ складається з середнього часу руху та часу перебування на комбінаті Запоріжсталь до моменту вивантаження $T_{зав} = 119,33 + 8 = 127,33$ год. = 5,3 доби.

Витрати $V_{\text{тарпор}_i}$ визначаємо за виразом:

$$V_{\text{тарпор}_i} = K_{\text{тарпор}_i} C_{\text{тарпор}}, \quad (3.4)$$

де $K_{\text{тарпор}_i}$ – кількість вагонів, що повернулись порожніми, од.;

$C_{\text{тарпор}}$ – вартість тарифу за перевезення порожнього вагону зі станції Петро Кривоніс (РЕСУРС-БУД), грн. $C_{\text{тарпор}} = 6155$ грн.

Витрати $V_{\text{думп}_i}$ визначимо за виразом:

$$V_{\text{думп}_i} = K_{\text{думп}} (C_{\text{нврз}} + C_{\text{пердумп}} + C_{\text{кдумп}}), \quad (3.5)$$

де $K_{\text{думп}}$ – кількість перевезених думпкарів до ділянки зневоднення за рік,
 $K_{\text{думп}} = 912$ од.;

$C_{\text{нврз}}$ – вартість навантаження та розвантаження одного думпкару,
 $C_{\text{нврз}} = 1446,4$ грн;

$C_{\text{пердумп}}$ – вартість перевезення одного думпкару, $C_{\text{пердумп}} = 204,2$ грн;

$C_{\text{кдумп}}$ – вартість користування (у середньому) одним думпкаром, $C_{\text{кдумп}} = 238,72$ грн.

Виконаємо розрахунку за варіантами доставки.

3.3 Перший варіант

Витрати $V_{\text{орен}_1}$ за (3.2):

$$V_{\text{орен}_1} = 365 \cdot 15 \cdot 1300 = 7117500 \text{ грн.}$$

Виконаємо розрахунок економії $V_{\text{тарзав}_1}$ по орендній платі при доставці вагонів у завантаженому металобрухтом стані (3.3):

$$V_{\text{тарзав}_1} = 480 \cdot 5,3 \cdot 1300 = 3307200 \text{ грн.}$$

Виконаємо розрахунок витрат $V_{\text{тарпор}_1}$ на тариф за повернення порожніх вагонів за (3.4):

$$V_{\text{тарпор}_1} = 432 \cdot 6155 = 2658960 \text{ грн.}$$

Виконаємо розрахунок витрат $V_{\text{думп}_1}$ при доставці граншлаку до ділянки зневоднення за формулою (3.5):

$$V_{\text{думп}_1} = 0 (1446,4 + 204,2 + 238,72) = 0 \text{ грн.}$$

Загалом витрати $V_{\text{ресб}_1}$ становлять:

$$\begin{aligned} V_{\text{ресб}_1} &= 7117500 - 3307200 + 2658960 + 0 = 6469260 \text{ грн} = \\ &= 6,47 \text{ млн грн.} \end{aligned}$$

3.4 Другий варіант

Витрати $V_{\text{орен}_2}$ за (3.2):

$$V_{\text{орен}_2} = 365 \cdot 18 \cdot 1300 = 8541000 \text{ грн.}$$

Виконаємо розрахунок економії $V_{\text{тарзав}_2}$ по орендній платі при доставці вагонів у завантаженому металобрухтом стані (3.3):

$$V_{\text{тарзав}_2} = 768 \cdot 5,3 \cdot 1300 = 5291520 \text{ грн.}$$

Виконаємо розрахунок витрат $V_{\text{тарпор}_2}$ на тариф за повернення порожніх вагонів за (3.4):

$$V_{\text{тарпор}_2} = 144 \cdot 6155 = 886320 \text{ грн.}$$

Виконаємо розрахунок витрат $V_{\text{думп}_2}$ при доставці граншлаку до ділянки зневоднення за формулою (3.5):

$$V_{\text{думп}_2} = 0 (1446,4 + 204,2 + 238,72) = 0 \text{ грн.}$$

Загалом витрати $V_{\text{ресб}_2}$ становлять:

$$\begin{aligned} V_{\text{ресб}_2} &= 8541000 - 5291520 + 886320 + 0 = 4135800 \text{ грн} = \\ &= 4,14 \text{ млн грн.} \end{aligned}$$

3.5 Третій варіант

Витрати $V_{\text{орен}_3}$ за (3.2):

$$V_{\text{орен}_3} = 365 \cdot 20 \cdot 1300 = 9490000 \text{ грн.}$$

Виконаємо розрахунок економії $V_{\text{тарзав}_3}$ по орендній платі при доставці вагонів у завантаженому металобрухтом стані (3.3):

$$V_{\text{тарзав}_3} = 888 \cdot 5,3 \cdot 1300 = 6118320 \text{ грн.}$$

Виконаємо розрахунок витрат $V_{\text{тарпор}_3}$ на тариф за повернення порожніх вагонів за (3.4):

$$V_{\text{тарпор}_3} = 24 \cdot 6155 = 147720 \text{ грн.}$$

Виконаємо розрахунок витрат $V_{\text{думп}_3}$ при доставці граншлаку до ділянки зневоднення за формулою (3.5):

$$V_{\text{думп}_3} = 0 (1446,4 + 204,2 + 238,72) = 0 \text{ грн.}$$

Загалом витрати $V_{\text{ресб}_3}$ становлять:

$$\begin{aligned} V_{\text{ресб}_3} &= 9490000 - 6118320 + 147720 + 0 = 3519400 \text{ грн} = \\ &= 3,52 \text{ млн грн.} \end{aligned}$$

3.6 Четвертий варіант

Витрати $V_{\text{орен}_4}$ за (3.2):

$$V_{\text{орен}_4} = 365 \cdot 15 \cdot 1300 = 7117500 \text{ грн.}$$

Виконаємо розрахунок економії $V_{\text{тарзав}_4}$ по орендній платі при доставці вагонів у завантаженому металобрухтом стані (3.3):

$$V_{\text{тарзав}_4} = 528 \cdot 5,3 \cdot 1300 = 3637920 \text{ грн.}$$

Виконаємо розрахунок витрат $V_{\text{тарпор}_4}$ на тариф за повернення порожніх вагонів за (3.4):

$$V_{\text{тарпор}_4} = 384 \cdot 6155 = 2363520 \text{ грн.}$$

Виконаємо розрахунок витрат $V_{\text{думп}_4}$ при доставці граншлаку до ділянки зневоднення за формулою (3.5):

$$V_{\text{думп}_4} = 912 (1446,4 + 204,2 + 238,72) = 1723059,84 \text{ грн.}$$

Загалом витрати $V_{\text{ресб}_4}$ становлять:

$$\begin{aligned} V_{\text{ресб}_4} &= 7117500 - 3637920 + 2363520 + 1723059,84 = 7566159,84 \text{ грн} = \\ &= 7,57 \text{ млн грн.} \end{aligned}$$

3.7 П'ятий варіант

Витрати $V_{\text{орен}_5}$ за (3.2):

$$V_{\text{орен}_5} = 365 \cdot 18 \cdot 1300 = 8541000 \text{ грн.}$$

Виконаємо розрахунок економії $V_{\text{тарзав}_5}$ по орендній платі при доставці вагонів у завантаженому металобрухтом стані (3.3):

$$V_{\text{тарзав}_5} = 828 \cdot 5,3 \cdot 1300 = 5704920 \text{ грн.}$$

Виконаємо розрахунок витрат $V_{\text{тарпор}_5}$ на тариф за повернення порожніх вагонів за (3.4):

$$V_{\text{тарпор}_5} = 84 \cdot 6155 = 517020 \text{ грн.}$$

Виконаємо розрахунок витрат $V_{\text{думп}_5}$ при доставці граншлаку до ділянки зневоднення за формулою (3.5):

$$V_{\text{думп}_5} = 912 (1446,4 + 204,2 + 238,72) = 1723059,84 \text{ грн.}$$

Загалом витрати $V_{\text{ресб}_5}$ становлять:

$$\begin{aligned} V_{\text{ресб}_5} &= 8541000 - 5704920 + 517020 + 1723059,84 = 5076159,84 \text{ грн} = \\ &= 5,08 \text{ млн грн.} \end{aligned}$$

3.8 Шостий варіант

Витрати $V_{\text{орен}_6}$ за (3.2):

$$V_{\text{орен}_6} = 365 \cdot 20 \cdot 1300 = 9490000 \text{ грн.}$$

Виконаємо розрахунок економії $V_{\text{тарзав}_6}$ по орендній платі при доставці вагонів у завантаженому металобрухтом стані (3.3):

$$V_{\text{тарзав}_6} = 912 \cdot 5,3 \cdot 1300 = 6283680 \text{ грн.}$$

Виконаємо розрахунок витрат $V_{\text{тарпор}_6}$ на тариф за повернення порожніх вагонів за (3.4):

$$V_{\text{тарпор}_6} = 0 \cdot 6155 = 0 \text{ грн.}$$

Виконаємо розрахунок витрат $V_{\text{думп}_6}$ при доставці граншлаку до ділянки зневоднення за формулою (3.5):

$$V_{\text{думп}_6} = 912 (1446,4 + 204,2 + 238,72) = 1723059,84 \text{ грн.}$$

Загалом витрати $V_{\text{ресб}_6}$ становлять:

$$\begin{aligned} V_{\text{ресб}_6} &= 9490000 - 6283680 + 0 + 1723059,84 = 4929379,84 \text{ грн} = \\ &= 4,93 \text{ млн грн.} \end{aligned}$$

3.9 Аналіз економічних розрахунків

Результати обчислень вартості доставки граншлаку до РЕСУРС-БУД за варіантами показані у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Результати обчислень вартості доставки граншлаку до
РЕСУРС-БУД, за рік

№ з/п	Показник	Варіант 1	Варіант 2	Варіант 3
1	Витрати на оренду вагонів, грн	7117500	8541000	9490000
2	Економія на орендній платі при поверненні вагонів у завантаженому стані, грн	3307200	5291520	6118320
3	Витрати на тариф при доставці порожніх вагонів, грн.	2658960	886320	147720
4	Витрати при доставці граншлаку до ділянки зневоднення, грн.	0	0	0
5	Загальні витрати, грн.	6469260	4135800	3519400

Кінець таблиці 3.2

№ з/п	Показник	Варіант 4	Варіант 5	Варіант 6
1	Витрати на оренду вагонів, грн	7117500	8541000	9490000
2	Економія на орендній платі при поверненні вагонів у завантаженому стані, грн	3637920	5704920	6283680
3	Витрати на тариф при доставці порожніх вагонів, грн.	2363520	517020	0
4	Витрати при доставці граншлаку до ділянки зневоднення, грн.	1723059,84	1723059,84	1723059,84
5	Загальні витрати, грн.	7566159,84	5076159,84	4929379,84

Варіант 3 при навантаженні вагонів на гранбасейні та використанням 20 вагонів на перевезеннях граншлаку є більш економічно ефективним.

У порівнянні з базовим 6 варіантом, економія витрат становить:

$$4929379,84 - 3519400 = 1409979,84 \text{ грн.}$$

Тож економічний ефект від проєктного рішення становить 1,4 млн грн.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В розділі дипломної роботи «Організація доставки гранульованого шлаку металургійного комбінату «Запоріжсталь» до підприємства «Ресурс Буд» проводиться аналіз потенційних небезпек, які можуть підстерігати дослідника під час збору статистичних даних та розроблені заходи по їх усуненню [14-18].

Шлак, з якого виробляють граншлак, є побічним продуктом доменної плавки. Гранульований доменний шлак получують з рідкого гарячого доменного шлаку швидким охолодженням водою.

Використовується при виробництві цементу як активна мінеральна добавка. Крім того, з граншлаку виробляють молотий гранульований шлак, який використовується для виробництва бетону.

На основі аналізу транспортної системи доставки гранульованого шлаку, яка розглядається в проекті, виявлені наступні небезпечні та шкідливі фактори, здатні привести до травм та нанести збитків навколишньому середовищу.

В додатку А до дипломного проекту показаний аналіз потенційних небезпек, що може вплинути на дослідника. В додатку Б розроблені заходи по усуненню цих небезпек.

В додатку В показані розрахунки показників шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу, на робочому місці дослідника при роботі на персональному комп'ютері (ПК).

В підрозділі з охорони праці розглянуті питання з цивільного захисту.

4.1 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях

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

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

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

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

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

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

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

Укриттю підлягають:

- працівники найбільшої працюючої зміни суб'єктів господарювання, віднесених до відповідних категорій цивільного захисту та розташованих у зонах можливих значних руйнувань населених пунктів, які продовжують свою діяльність в особливий період;

- персонал атомних електростанцій, інших ядерних установок і працівники суб'єктів господарювання, які забезпечують функціонування таких станцій (установок);

- працівники найбільшої працюючої зміни суб'єктів господарювання, віднесених до категорії особливої важливості цивільного захисту та розташованих за межами зон можливих значних руйнувань населених пунктів, а також працівники чергового персоналу суб'єктів господарювання, які забезпечують життєдіяльність міст, віднесених до відповідних груп цивільного захисту;

- хворі, медичний та обслуговуючий персонал закладів охорони здоров'я, які не підлягають евакуації або не можуть бути евакуйовані у безпечне місце;

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

ВИСНОВКИ

В умовах військового стану, коли значна частка металургійних підприємств опинились на окупованих територіях, а для виробництва будівельних робіт залишилась потреба у гранульованому шлаку, зокрема для виробництва цементу та різних будівельних сумішей, тематика доставки даного матеріалу на прикладі одного з підприємств-споживачів є достатньо актуальною.

В роботі була розроблена імітаційна модель, яка дозволяє отримувати технічні показники різних схем навантаження гранульованого шлаку металургійного комбінату за варіантами:

- навантаження на гранбасейні;
- навантаження на ділянці зневоднення.

Навантаження на гранбасейні вологого шлаку не потребує проміжного транспортування його з гранбасейну на майданчик зневоднення у саморозвантажувальному составі – думпкарах місцевого парку, але вимагає очікування зневоднення шлаку у завантажених напіввагонах, що збільшує тривалість їх обороту.

В роботі аналізується використання орендованих вагонів та, після економічного аналізу, на основі отриманих технічних показників, є можливість встановити раціональну кількість робочого парку піввагонів.

При виконанні експериментів також враховувалась можливість завантаження у зворотному напрямку вагонів, якщо кількість задіяних напіввагонів в роботі (оперативно) не перевищувала 90% від їх загальної паркової чисельності.

Інакше – вагони повертались у порожньому стані, щоб прискорити їх оборот задля виконання плану перевезення граншлаку.

В результаті аналізу шести варіантів організації перевезень, найбільш ефективним встановлено варіант №3 при навантаженні вагонів на гранбасейні та використанні 20 вагонів на доставці граншлаку.

Економічний ефект від проєктного рішення становить 1,4 млн грн.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Інтерактивна карта-схема. URL : <https://swrailway.gov.ua/timetable/eltrain/railmap/> (дата звернення: 13.09.2023).
2. Ukrzalizyaka. URL : <http://uzz.org.ua/post/124> (дата звернення: 13.09.2023).
3. ПАТ «Запоріжсталь». Шлак доменний гранульований. URL : <https://zaporizhstal.com/diyalnist/produkciya/neosnovna/> (дата звернення: 15.09.2023).
4. Шлаки доменні гранульовані. URL : https://www.plasma.com.ua/chemistry/chemistry/metallurgical_granulated_slags.html (дата звернення: 15.09.2023).
5. Офіційний сайт ПАТ «Запоріжсталь»: «Про підприємство». URL : <https://zaporizhstal.com/> (дата звернення: 15.09.2023).
6. GMK CENTER : «Запоріжсталь». URL : <https://gmk.center/ua/manufacturer/zaporizhstal/> (дата звернення: 01.10.2023).
7. ЄТП станції примикання Запоріжжя-Ліве та під'їзної колії ПАТ металургійний комбінат «Запоріжсталь». – Запоріжжя: ПАТ «Запоріжсталь», 2021. – 180 с.
8. 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.
9. Лашчених О.А. Імовірнісні і статистико-експериментальні методи аналізу транспортних процесів і систем / О.А.Лашчених, О.Ф.Кузькін, С.В.Грицай. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2011. – 420 с.

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

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

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

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

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

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

16. ДСанПіН 3.3.2.007-98. Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин. [Чинний від 1998-12-10]. К. : МОЗ України, 1998. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=2445>. (Державні санітарні правила та норми).

17. 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

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

ДОДАТОК А

АНАЛІЗ ПОТЕНЦІЙНИХ НЕБЕЗПЕК

Встановлені наступні небезпеки:

- при навантаженні вагонів можливе зсипання гранульованого шлаку на дослідника, внаслідок знаходження його в небезпечній зоні, що призведе до травмування;
- можливість наїзду залізничного составу на дослідника, який знаходиться близько біля рухомого складу та веде спостереження за транспортно-технологічним процесом при подаванні вагонів на фронт навантаження - вивантаження, що призведе до травмування;
- для доставки вантажників до вагонів, застосовується пересувна платформа. В випадку несправності електрообладнання на пересувній платформі, можливе ураження дослідника електричним струмом внаслідок відсутності заземлення платформи;
- під час підймання (спускання) дослідника до (з) естакади для спостерігання заходом вантажних робіт в цеху, можливе його падіння внаслідок несправності поручнів, сходинок або через особисту неувагу дослідника, що призведе до травмування;
- при роботі в холодний період, можливе переохолодження дослідника. В теплу пору - перегрів. Все це призводить до хвороби;
- з-за кантування думпкарів не по фронту вивантаження, можливе попадання гранульованого шлаку на дослідника та інших працівників з-за недостатнього освітлення в темну пору, що може призвести до травмування робітників та дослідника;
- при розвантаженні думпкарів, можливий шкідливий вплив пилу від залишків гранульованого шлаку на організм дослідника й робітників, що шкідливо впливає на дихальні шляхи робітників;

- виникнення пожежі на локомотиві з-за короткого замикання електропроводки та через відповідне її перегрівання, може привезти до загибелі робітників. Можливість виникнення пожежі через недотримання Правил з пожежної безпеки.
- при обробці статистичних даних на комп'ютері можливе виникнення важкості та напруженості праці, та можуть діяти інші фактори санітарно-гігієнічного характеру (освітлення, мікроклімат, шум та інші).

ДОДАТОК Б

ЗАХОДИ ПО ЗАБЕЗПЕЧЕННЮ БЕЗПЕКИ

Для запобігання травмування шлаком або грейфером крана, при вантажних роботах експлуатація та контроль за справним станом конструкції крану здійснюється згідно НПАОП 0.00-5.06-94 «Типова інструкція для осіб, відповідальних за безпечне проведення робіт з переміщення вантажу кранами». Робота грейферних кранів допускаються лише за умови відсутності в зоні їх дій людей.

Для запобігання травмування дослідника під час підймання (спускання) на (з) естакади цеху необхідно дотримуватися вимог згідно НПАОП 0.00-1.15-07 «Правила охорони праці під час виконання робіт на висоті». Забезпечити міцність, стійкість огорожень, риштувань, настилів.

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

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

Для виключення випадків ураження електричним струмом при несправності електрообладнання пересувної платформи для доставки вантажників до вагонів (для відкриття люків), які розвантажуються,

передбачити заземлення відповідно НПАОП 40.1-1.07-01 «Правила експлуатації електрозахисних засобів».

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

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

ДОДАТОК В

ОЦІНКА РІВНЯ УМОВ, ВАЖКОСТІ ТА НАПРУЖЕНОСТІ ПРАЦІ

Оцінку рівня умов, важкості та напруженості праці за бальною шкалою розглянемо на прикладі оцінки факторів виробничого середовища для дослідника лабораторії обладнаної ПК.

У відповідності до вихідних даних, які заміряються в лабораторії, вносимо наявні фактори умов праці та виробничого середовища, що впливають на працівника в процесі трудової діяльності, їх фактичне значення та час дії до стовпчиків 1, 2, 3, таблиці «Результати оцінювання за бальною шкалою».

Відповідно до додатків методичних вказівок [15], 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 1б.

З цих же додатків [15], відповідно до категорії робіт 1б, розряду зорових робіт Б-2 та виявлених показників умов та напруженості праці, визначаємо ГДК (ГДР) виявлених факторів і показників та вносимо їх значення до стовпчика 4, таблиці В.1 «Результати оцінювання за бальною шкалою».

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».

Таблиця В.1 – Результати оцінювання за бальною шкалою

Фактор (показник)	Виміряні показники $P_{вим}$	Час дії $год.(хв.)$	ГДК, ГДР, показники, $P_{доп}$	$X_{визн}$, бали	Клас умов праці	X_i , бали
1	2	3	4	5	6	7
Мікроклімат за ТНС-індексом, $t, ^\circ C$	28,3	8	22,9-25,8	4	3.4	4
Освітленість приміщення E , лк	250	8	300	—	3.1	1
Розряд і підрозряд зорових робіт, $З_{ор}$	Б-1	—	—	—	—	—
Рівень шуму L , дБА	102	5	60	—	3.3	1,88
Загальні енергозатрати організму, Bt	240	8	290	0,83	3.3	3
Стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук)	55000	8	40000	1,38		
Тривалість зосередження уваги (в % від часу зміни)	83	8	75	1,11		
Тривалість робочого дня, год.	8	8	8	0,15		

Для гігієнічної оцінки мікроклімату використовуємо ТНС-індекс, додаток Б [15]. Розрахунковий коефіцієнт $X_{визн}$ при оцінка мікроклімату визначаємо в балах, за формулою 7.1:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Визначаємо клас та ступінь шкідливості умов праці для кожного з виявлених факторів і показників та вносимо їх значення до стовпчика 6, таблиці «Результати оцінювання за бальною шкалою»:

- для мікроклімату, відповідно до значення розрахункового коефіцієнта $X_{визн} = 4$, з таблиці 7.2 [15] – 3 клас, 4 ступінь (3.4);
- при оцінці освітленості робочої зони приміщення, клас та ступінь шкідливості умов праці визначаємо у відповідності до $P_{вим} = 250$ лк, за додатками Г та табл. Г.1 [15] – 3 клас, 1 ступінь (3.1);
- для гігієнічної оцінки рівня шуму, клас та ступінь шкідливості умов праці визначаємо у відповідності до виміряного значення рівня шуму $P_{вим} = 102$ дБА, за додатками Д та табл. Д.1 [15] – 3 клас, 3 ступінь (3.3);
- клас і ступінь важкості та напруженості праці визначаємо як суму розрахованих балів усіх показників $X_{визн}$ за формулою 7.3 [15]:

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

З таблиці 7.3 [15] за значенням суми розрахованих балів показників $X_{сум} = 3,46$ – 3 клас, 3 ступінь (3.3);

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

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

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

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

- для оцінки впливу шуму, виходимо з того, що його рівень відповідає 3 класу, 3 ступеню умов праці та діє протягом 8 годин, тому значення X_i визначаємо за формулою 7.4 [15]:

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

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

Для визначення конкретного розміру доплати, умови праці оцінюємо по сумі значень X_i , за формулою 7.5 [15]:

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

Розмір доплати за умовами праці визначаємо в залежності від їх фактичного стану – $X_{факт} = 9,88$, на підставі Типового положення «Про оцінку умов праці на робочих місцях і порядок застосування галузевих переліків робіт, на яких можуть установлюватися доплати робітникам за умови праці», з таблиці 7.4 [15]. Розмір доплати до тарифної ставки (окладу) – 20 %.

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

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

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

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

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

- рівень шуму в робочій зоні дослідника – 60 дБА;

- загальні енергозатрати організму, до 175 Вт;

- стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук), до 20000;

- тривалість зосередження уваги (в % від часу зміни), до 50%;

- тривалість робочого дня, 6 або 7 год.

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

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

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

4. Якщо, з об'єктивних причин, вищезазначені заходи неможливо виконати, необхідно забезпечити доплати до тарифної ставки (окладу) за особливо шкідливі та особливо важкі умови праці, відповідно до таблиці 7.4 [15], у розмірі 20%.