

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Транспортний
(повне найменування факультету)

«Транспортні технології»
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

магістра
(ступінь вищої освіти)

на тему АНАЛІЗ ЕКОНОМІЧНИХ ТА ЕКОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ
РІЗНИХ ВАРІАНТІВ ОРГАНІЗАЦІЇ ДОСТАВКИ МЕТАЛОПРОКАТУ ДО
ЗАПОРІЗЬКОГО РІЧКОВОГО ПОРТУ

Виконала: студентка II курсу, групи T-822м

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

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

 Єлизавета КОМПАНИЕЦЬ
(прізвище та ініціали)

Керівник  Олена ОСТРОГЛЯД
(прізвище та ініціали)

Рецензент  Андрій ЩЕРБИНА
(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)

КОМПАНІЄЦЬ Єлизавети Миколаївни

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Аналіз економічних та екологічних показників різних варіантів організації доставки металопрокату до Запорізького річкового порту

керівник проєкту (роботи) ОСТРОГЛЯД Олена Олександрівна,

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «21» листопада 2023 року №450

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

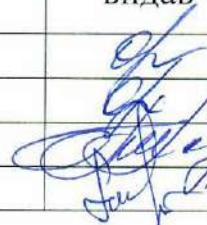
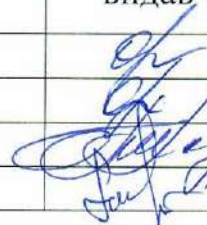
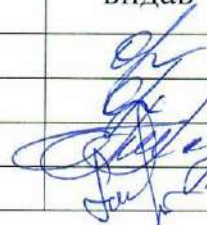
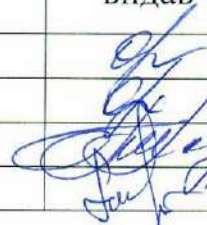
3. Вихідні дані до проєкту (роботи) існуючі транспортні зв'язки між ПАТ «Запоріжсталь» та річковим портом, характеристика транспортно-виробничої системи відправника, вантажопотоки металопрокату, існуюча схема доставки продукції в річковий порт

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналітична частина, 2. Основна частина, 2.1 Аналіз інтенсивності відправлення продукції з прокатних цехів призначенням до Запорізького порту, 2.2 Розробка моделі, 2.3 Експериментальні дослідження на моделі, 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 проекту (роботи)

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

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

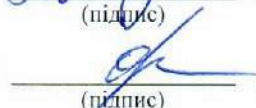
№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Аналітична частина	30.10.2023-06.11.2023	
2	Основна частина	07.11.2023-20.11.2023	
3	Економічна частина	21.11.2023-27.11.2023	
4	Охорона праці	28.11.2023-01.12.2023	
5	Оформлення МР, перевірка МР на плагіат,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

Студент(ка)


(підпис)

Слизова КОМПАНИЄЦЬ
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Керівник проекту (роботи)


(підпис)

Олена ОСТРОГЛЯД
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

ПЗ : 80 с., 8 табл., 40 рис., 5 дод., 15 джерел.

МЕТАЛОПРОДУКЦІЯ, БАГАТООБОРОТНИЙ ПІДДОН, ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ, ВАГОН, РІЧКОВИЙ ПОРТ, ЕКОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ

Об'єкт дослідження – процес доставки металургійної продукції ПАТ «Запоріжсталь» в Запорізький річний порт в умовах залучення різних видів транспорту.

Мета роботи – визначення раціонального варіанту доставки продукції металопрокату в умовах здійснення перевезень різними видами транспорту шляхом аналізу економічних та екологічних показників.

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

В даній роботі проведено аналіз процесу доставки металопродукції ПАТ «Запоріжсталь» до Запорізького річкового порту. Експериментальним шляхом проведення експериментів на розробленій імітаційній моделі було досліджено варіанти доставки металопродукції залізничним та автомобільним транспортом у різному процентному співвідношенні. На основі результатів моделювання виконано економічні розрахунки та запропоновано найбільш раціональний варіант перевезень з урахуванням екологічної складової.

ЗМІСТ

	с.
Завдання на проєкт	2
Реферат.....	4
Зміст	5
Вступ	7
1 Аналітична частина	9
1.1 Аналіз транспортних зав'язків комбінату «Запоріжсталь» та Запорізького річкового порту.....	9
1.1.1 Залізничні шляхи сполучення	9
1.1.2 Автомобільні шляхи сполучення.....	10
1.2 Характеристика транспортно-виробничої системи виробника.....	11
1.3 Характеристика річкового порту міста Запоріжжя	19
1.4 Постановка завдань роботи.....	22
2 Основна частина	24
2.1 Аналіз інтенсивності відправлення продукції з прокатних цехів призначенням до Запорізького порту	24
2.2 Розробка моделі.....	26
2.2.1 Визначення тривалості вивезення завантажених вагонів.....	31
2.2.2 Імітація процесу повернення багатооборотних піддонів з порту на підприємство.....	39
2.3 Експериментальні дослідження на моделі	45
3 Економічна частина	46
3.1 Визначення витрат на перевезення при поверненні піддонів автомобільним транспортом.....	49
3.2 Визначення витрат на перевезення при поверненні піддонів залізничним транспортом	51

3.3 Визначення загальної вартості перевезень з урахуванням екологічної складової.....	54
4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	61
4.1 Заходи з цивільного захисту.....	61
Висновки	63
Перелік посилань	65
Додаток А. Обсяги відправлень металопрокату автомобільним транспортом.....	67
Додаток Б. Схема причалів Запорізького річкового порту.....	69
Додаток В. Аналіз потенційних небезпек.....	70
Додаток Г. Заходи по забезпеченню безпеки.....	72
Додаток Д. Заходи з виробничої санітарії та гігієни праці.....	74

ВСТУП

Екологізація виробництва та зниження викидів CO₂ в атмосферу є важливим завданням для збереження навколишнього середовища і зменшення впливу на зміну клімату.

В умовах повоєнного відновлення налагодження логістики з урахуванням екологічних показників стане важливим елементом сталого розвитку та відновлення економіки України. Після воєнних конфліктів, коли інфраструктура часто зазнає значних зруйнувань, ефективна та екологічно збалансована логістика може визначати успішність процесу відновлення.

Металургійний комбінат «Запоріжсталь» навіть в воєнних умовах залишається одним з найбільших металургійних комбінатів в Україні та світі, і є провідним підприємством в галузі чорної металургії. Підприємство спеціалізується на виробництві різних видів сталі, включаючи тонколистовий та гарячекатаний прокат.

Враховуючи законодавчі ініціативи, такі як закон "Про внутрішній водний транспорт", річковий порт Запоріжжя стає стратегічним вузлом для експорту металопродукції комбінату «Запоріжсталь».

Металопрокат, що становить ключовий сегмент виробничого сектора, потребує не тільки ефективного та економічного транспортування, але й мінімізації впливу на навколишнє середовище. Враховуючи ці фактори, дослідження різних варіантів організації доставки металопрокату до Запорізького річкового порту включає аналіз як економічних, так і екологічних показників.

Порівняння різних аспектів логістики та транспортування сприятиме розробці оптимальних стратегій, що задовольнятимуть потреби підприємств та споживачів, а також враховуватимуть екологічні аспекти сталого розвитку.

У даному дослідженні буде проведено аналіз різних варіантів доставки металопрокату до Запорізького річкового порту, звертаючи увагу на їхні витрати, ефективність та вплив на довкілля.

Результати цього дослідження можуть служити основою для прийняття обґрунтованих рішень у виборі транспортного рішення для вивезення металопрокату, що сприятиме оптимізації логістичних процесів та зменшенню впливу на довкілля.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Аналіз транспортних зав'язків комбінату «Запоріжсталь» та Запорізького річкового порту

1.1.1 Залізничні шляхи сполучення

Комбінат «Запоріжсталь» має примикання до станції Запоріжжя-Ліве, маршрут доставки прокату до Запорізького річкового порту проходить по станціях:

- Запоріжжя-Ліве;
- Запоріжжя 2;
- Імені Анатолія Алімова (раніше – Запоріжжя Мале);
- Порт Велике Запоріжжя.

Схема маршруту руху залізничними шляхами сполучення показана червоною лінією на рисунку 1.1.

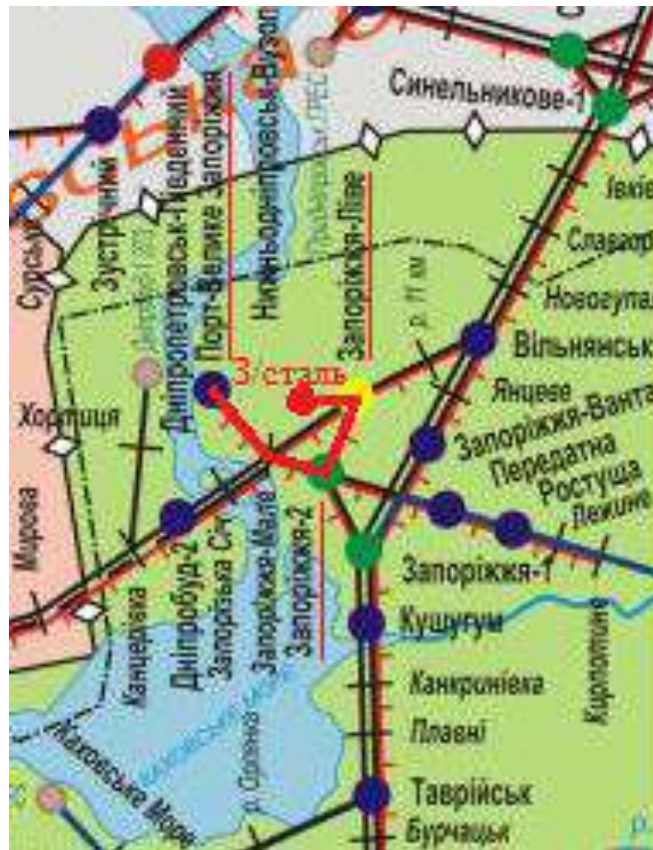


Рисунок 1.1 – Схема маршруту руху залізничними шляхами сполучення

Відстань перевезення становить 21 км. Станція Запоріжжя-Ліве є станцією відправлення, на станції Запоріжжя 2 виконуються операції з обробки поїзду з прибуття, сортування, накопичення та формування составу до станції Порт Велике Запоріжжя, яка є станцією призначення; станція Імені Анатолія Алімова є транзитною.

Формування та передача поїздів з комбінату Запоріжсталь здійснюється на промисловій станції Східна, состави надходять до парку «А» станції Запоріжжя-Ліве.

1.1.2 Автомобільні шляхи сполучення

Мережа шляхів міста Запоріжжя дозволяє розглянути три маршрути доставки металопрокату автомобільним транспортом (показано на рисунку 1.2).

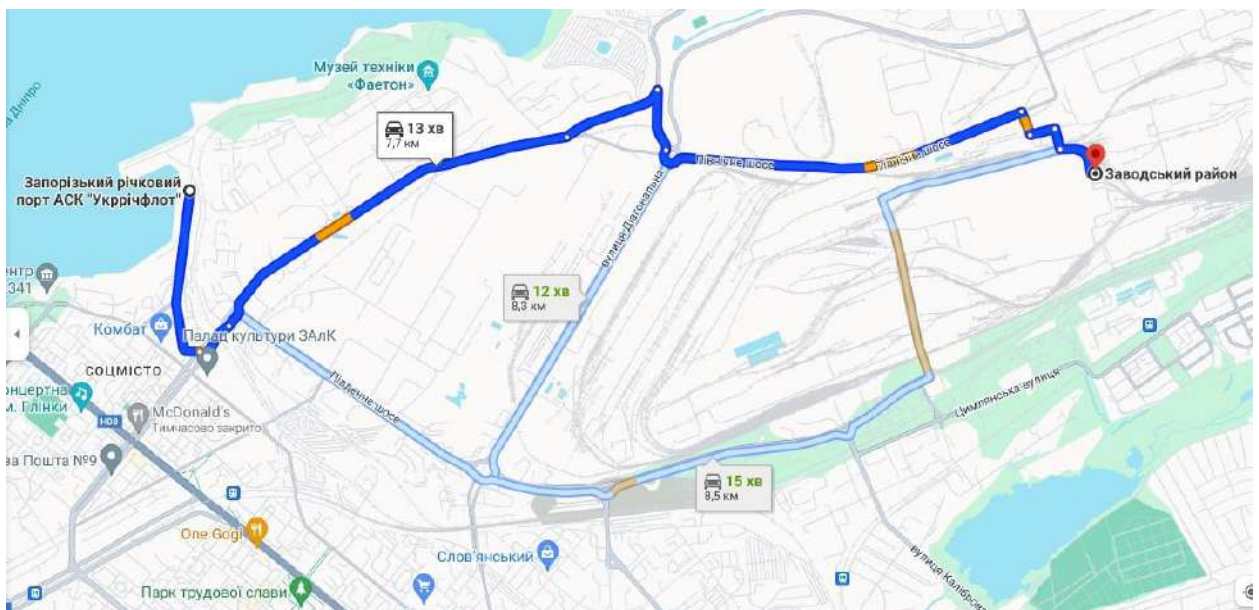


Рисунок 1.2 – Маршрути доставки металопрокату автомобільним транспортом

Перший – з виїздом через північну прохідну комбінату та рухом по Північному шосе, проспекту Металургів та вулиці Портовій.

Другий – з виїздом через південну прохідну підприємства та рухом по Південному шосе, проспекту Металургів та вулиці Портовій.

Третій є комбінацією двох попередніх з переходом між Північним та Південним шосе через вулицю Діагональну.

Відстань по маршрутах руху становить близько 8 км.

1.2 Характеристика транспортно-виробничої системи виробника

Для аналізованого підприємства, як і для аналогічних комбінатів з повним металургійним циклом характерним є використання доменного способу виготовлення чавуну [1]. Цей спосіб за технологічним процесом передбачає безперервність циклів випуску продукції. На всіх наступних ланках переробки це також позначається необхідністю наявності більших переробних спроможностей. Крім того, безперервністю характеризується також виготовлення агломерату – етап, що передує виплавці чавуну.

В даний час виплавку чавуну здійснюють печі 2,3,4 – всі, окрім печі №5, яка потребує ремонту та модернізації [2].

Мартенівський цех (заплановане будівництво конвертера так і не було реалізоване) додає до рідкого чавуну шихту (металобрухт, вапняк та ін. матеріали) та розливає у виливниці, встановлені на візки составів мульд готову сталь.

Після етапу охолодження, необхідного для зняття виливниць, злитки встановлюються у спеціальні колодці для нагрівання до температури, яка дозволяє наступному підрозділу – обтискному цеху – виконувати первинну

прокатку і виготовлення слябів, які є проміжним продуктом, але який вже може бути реалізованим певним споживачам.

Надалі сляби потрапляють до цеху гарячої прокатки - ЦГПТЛ, після виконання технологічних процесів отримуються розпечені рулони сталевих полоси, яка вже в такому вигляді, або нарізана на аркуші та складена у пачки, може зацікавити ряд споживачів.

Найбільш вартісним та якісним металевий прокат становиться в розташованому поруч з ЦГПТЛ цеху холодної прокатки – ЦХП-1. Тільки тут метал є очищеним від окалини, поверхневий шар додатково обробляється шляхом дрсирювання. Тож продукція потребує більш «делікатного» поводження при транспортуванні та складуванні і, звичайно, - пакуванні.

На рисунку 1.3 показаний склад холоднокатаного прокату.



Рисунок 1.3 – Склад холоднокатаного прокату

Як видно на рисунку, на відміну від попереднього цеху – ЦГПТЛ, прокат не ставиться на складі на торці рулонів, оскільки це може призвести до пошкодження кромки металу.

Спеціально облаштовані позиції для розташування рулонів (позначено на рисунку білою лінією) унеможливають самовільний їх рух, не дозволяючи перекинутись через свою циліндричну форму.

Аналогічним чином обладнуються візки на залізничному ході з електричним приводом, на яких рулони переміщуються всередині цеха при виконанні технологічних операцій та навантаження (рисунк 1.4).



Рисунок 1.4 – Візок для внутрішньоцехового переміщення рулонів

Для виконання вантажних операцій використовуються мостові електричні крани (в/п 20 тонн), одним з найпоширеніших вантажозахоплювальних пристроїв є скоба (рисунок 1.5), в проміжку між скобою та гаком вантажопідйомного крану встановлюються високоточні тензOMETричні ваги (рисунок 1.6).



Рисунок 1.5 – Скоба для виконання вантажних робіт

Скоба повинна займати в середині рулону не менш, ніж три чверті його довжини.

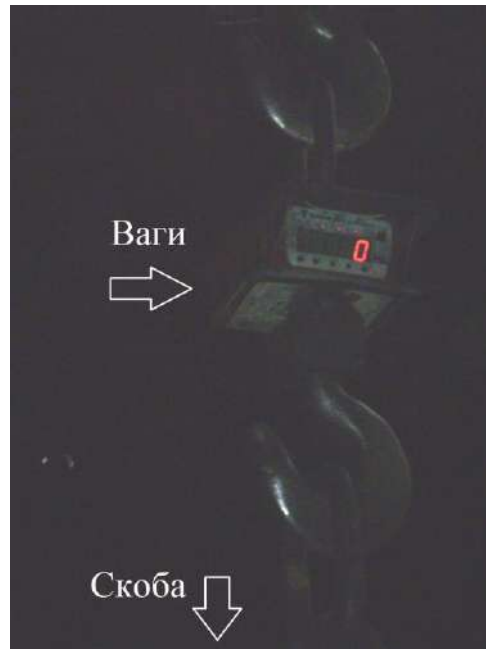


Рисунок 1.6 – Кранові ваги

В перервах між використанням, вантажозахоплюючі пристрої зберігаються на території цеху на спеціальних стендах, які забезпечують стійкість та унеможливають падіння цих пристроїв.

Безпосередньо склад готової продукції ЦХП-1 обслуговують чотири вантажопідйомні крани, а на забезпеченні основного фронту навантаження – 31 тупіка – задіяно три крани.

Також відвантаження готової продукції у вигляді гнутого профілю та гарячекатаного прокату здійснюють ЦППТЛ та його відділення гнутого профілю; незначний обсяг відвантажується ЦХП-3.

Характеристика всіх вантажних фронтів навантаження металопродукату [3] представлена у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Характеристика фронтів навантаження прокату

Цех	Колія навантаження	Розмір фронту, ваг.	Кількість кранів, од.	Вантажо-підйомність кранів, т	Максимальна переробна спроможність, ваг/добу
ЦГПТЛ	17	7	1	20	30
ЦГПТЛ	18	4	1	30	25
ЦГПТЛ	19	4	1	20	25
ЦГПТЛ	20	4	1	15	25
ЦГПТЛ	21	7	1	20	30
ЦГПТЛ	103	6	1	10	20
ЦГПТЛ	104	8	1	10	20
ЦГПТЛ	105	5	1	10	18
ЦХП-1	31	22	3	20	52
ЦХП-3	92	4	1	15	17

Тенденції збільшеного попиту на рулони великої ваги на світовому ринку потребують удосконалення засобів перевезення, для забезпечення безпеки, на підлогу вагонів та автомобілів укладаються спеціальні багатооборотні піддони (рисунок 1.7), які після здійснення доставки продукції до пункту призначення повертаються на склади прокатних цехів.



Рисунок 1.7 – Типовий піддон для перевезення рулонного металопрокату
ЦХП-1

Завдяки системи закріплення рулонів спеціальними упорами, які прикріплені гнучкими металевими тросами до конструкції піддону та закріплюються у отворах в залежності від довжини рулону, здійснюється економія деревини для кріплення вантажу.

Загальний вигляд завантаженого вагону показано на рисунку 1.8.

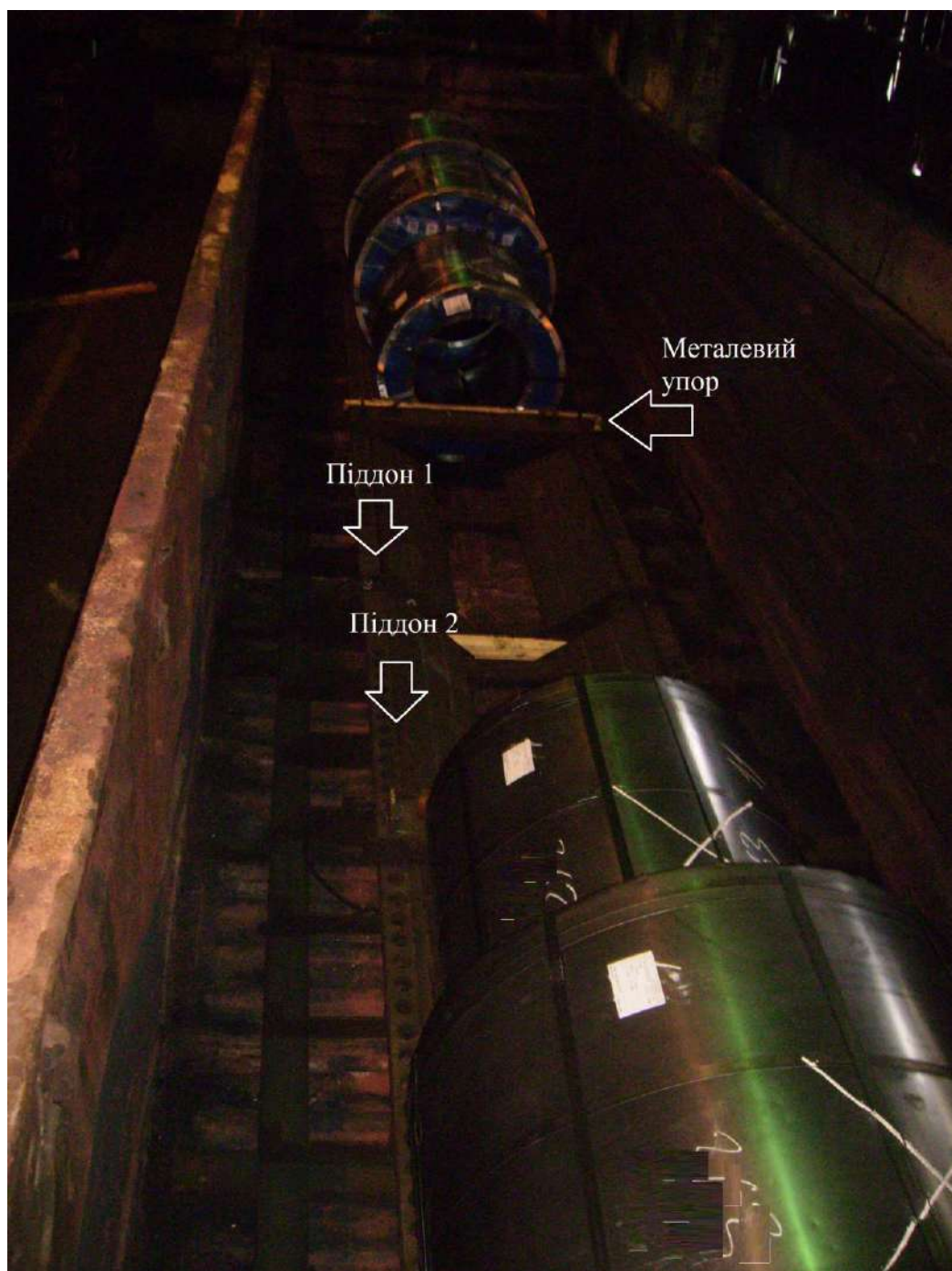


Рисунок 1.8 – Загальний вигляд завантаженого вагону прокатом збільшеної ваги

Більша частка продукції споживалась зарубіжними споживачами. Доставка здійснювалась, переважно, у змішаному залізнично-водному сполученні.

Але у передвоєнний період приблизно третина продукції відвантажувалась через Запорізький річковий порт, доставка до порту здійснювалась великовантажним автомобільним транспортом. У додатку А наведені статистичні дані з обсягів відправлень прокату автомобілями.

1.3 Характеристика річкового порту міста Запоріжжя

Запорізький річковий порт [4] відноситься до плеяди річкових портів річки Дніпро, розташований у центральній частині України (рисунок 1.9).



Рисунок 1.9 – Порти, розташовані на річці Дніпро

До руйнування греблі Каховської ГЕС глибини від Запорізького річкового порту до Чорного моря становили близько 4 метрів, що обумовлювало його перевагу перед портами, розташованими вище за течією, де глибини зменшуються до 3 метрів, що обмежує вантажопідйомність суден та знижує економічну ефективність транспортування вантажів водним транспортом.

Порт в місті Запоріжжя має два вантажних райони, перший з них – більш розвинений та потужний і розташований поруч із комбінатом Запоріжсталь.

До широкомасштабного вторгнення в Україну переробка металопродукції саме набула найбільшого значення для порту. Для виконання вантажних операцій використовувались порталні крани та кілька центральних причалів з 13, які є в порту [7]. Схема причалів Запорізького річкового порту наведена у додатку Б.

На рисунку 1.10 показний процес навантаження судна у Запорізькому річковому порту.



Рисунок 1.10 – Процес навантаження судна у Запорізькому річковому порту

Для виконання вантажних операцій використовуються вантажозахоплюючі органи у вигляді скоб та кліщі (для гарячекатаного прокату, якій розміщений на складі порту у положенні «на торець» - рисунок 1.11).



Рисунок 1.11 – Вантажні операції із гарячекатаним прокатом в порту міста
Запоріжжя

Обсяги відправлення металу Запоріжсталі через даний порт становили:

- 2019 рік – 905 тисяч тонн;
- 2020 рік – 867 тисяч тонн;

хоча, наприклад, у 2016 році обсяг постачань через порт становив лише 540 тис. тонн.

Логістику комбінату «Запоріжсталь» забезпечує компанія Метінвест-Шіппінг, яка визнавалась експедитором року в українському рейтингу України серед сотень представників.

У 2021 році близько 65 % вантажів Запорізький річковий порт відправляв до Туреччини, з цієї ж країни отримував до 100% від усіх імпорتنих вантажів [6].

Хоча, підприємство має досвід постачань також до:

- Греції;
- Болгарії;
- Македонії;
- Румунії;
- Сербії;
- Албанії;
- Італії та ін.

Потужність перевалки вантажів в Запорізькому порті є найбільшою серед портів р. Дніпро – до 5,9 млн тонн на рік [7].

1.4 Постановка завдань роботи

В ході аналітичної частини встановлено останні передвоєнні тенденції в логістиці доставки готової металопродукції ПАТ «Запоріжсталь» на експорт, а саме:

- більш активне використання Запорізького річкового порту (його першого району) через прийняття закону «Про внутрішній водний транспорт», який зменшив витрати на проходження судами мостів та шлюзів;

- через меншу довжину шляху прямування автомобільного транспорту, ніж залізничного, саме він використовувався для доставки продукції у порт.

Враховуючи, що автомобільний вантажний транспорт вважається найменш екологічним для перевезення, в роботі пропонується створити імітаційну модель, на якій проаналізувати економічну та екологічну ефективність різних варіантів доставки металопродукції із умовою використання річкового порту.

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Аналіз інтенсивності відправлення продукції з прокатних цехів призначенням до Запорізького порту

Проаналізуємо дані інтервалів часу між завантаженням партій вантажу у прокатних цехах, а саме вибірку (години):

4; 1,5; 2,5; 0,33; 2,17; 2,83; 3,5; 1; 0,33; 1,83; 0,33; 2,5; 1,25; 2,25; 0,75; 0,25; 1,17; 0,25; 0,17; 1,42; 1,25; 0,25; 1; 2; 5,33; 1,42; 1,67; 1; 0,5; 2; 0,67; 1,33; 0,67; 1,33; 1,17; 0,33; 1,67; 1,83; 1; 2; 1; 0,33; 0,42; 0,25; 4,08; 0,42; 0,5; 2,17; 2,17; 0,17; 1,83; 0,33; 1; 0,5; 1; 0,5; 2; 1; 0,5; 1,5; 2; 3; 1,17; 1,83; 1,5; 0,83; 1; 1,67; 1,83; 2,83; 0,33; 2,83; 2; 0,67; 0,5; 0,83; 1,5; 0,83; 1,67; 2; 0,33; 1; 0,33; 1,5; 0,75; 2,42; 0,33; 1,83; 0,5; 0,67; 0,33; 1,58; 1,42; 2,2; 1; 0,5; 2,5; 0,5; 2; 1,5.

Формуємо варіаційний ряд:

0,17; 0,17; 0,25; 0,25; 0,25; 0,25; 0,33; 0,33; 0,33; 0,33; 0,33; 0,33; 0,33; 0,33; 0,33; 0,33; 0,42; 0,42; 0,5; 0,5; 0,5; 0,5; 0,5; 0,5; 0,5; 0,5; 0,5; 0,5; 0,67; 0,67; 0,67; 0,67; 0,75; 0,75; 0,83; 0,83; 0,83; 1; 1; 1; 1; 1; 1; 1; 1; 1; 1; 1,17; 1,17; 1,17; 1,25; 1,25; 1,33; 1,33; 1,42; 1,42; 1,42; 1,5; 1,5; 1,5; 1,5; 1,5; 1,5; 1,5; 1,58; 1,67; 1,67; 1,67; 1,67; 1,83; 1,83; 1,83; 1,83; 1,83; 1,83; 2; 2; 2; 2; 2; 2; 2; 2; 2,17; 2,17; 2,17; 2,2; 2,25; 2,42; 2,5; 2,5; 2,5; 2,83; 2,83; 2,83; 3; 3,5; 4; 4,08; 5,33.

Головні характеристики ряду, необхідні для графічного аналізу щільності розподілу [8]:

- мінімум 0,17 год.;
- максимум 5,33 год.;
- значень 100 од.;
- середнє знач. 1,34 год.;
- інтервалів груп. 8 од.;

- інтервал груп. 0,65 год.;
- станд. відхилення 0,96 год.

У таблиці 2.1 наведено результати обробки даних, які використовуємо у якості вихідних даних для побудови графіку щільності розподілу.

Таблиця 2.1 – Кількість значень по інтервалах групування

№ інтервалу	Інтервал, год.	Кількість значень, од.
1	[0,17...0,82]	34
2	(0,82...1,47]	24
3	(1,47...2,12]	25
4	(2,12...2,77]	9
5	(2,77...3,42]	4
6	(3,42...4,07]	2
7	(4,07...4,72]	1
8	(4,72...5,37]	1

На рисунку 2.1 наведено діаграму щільності розподілу аналізованих даних.

Форма стовпчикової діаграми відповідає теоретичному експоненціальному розподілу випадкової величини.

Це буде використано в параметрах при генерації потоку продукції в імітаційній моделі.

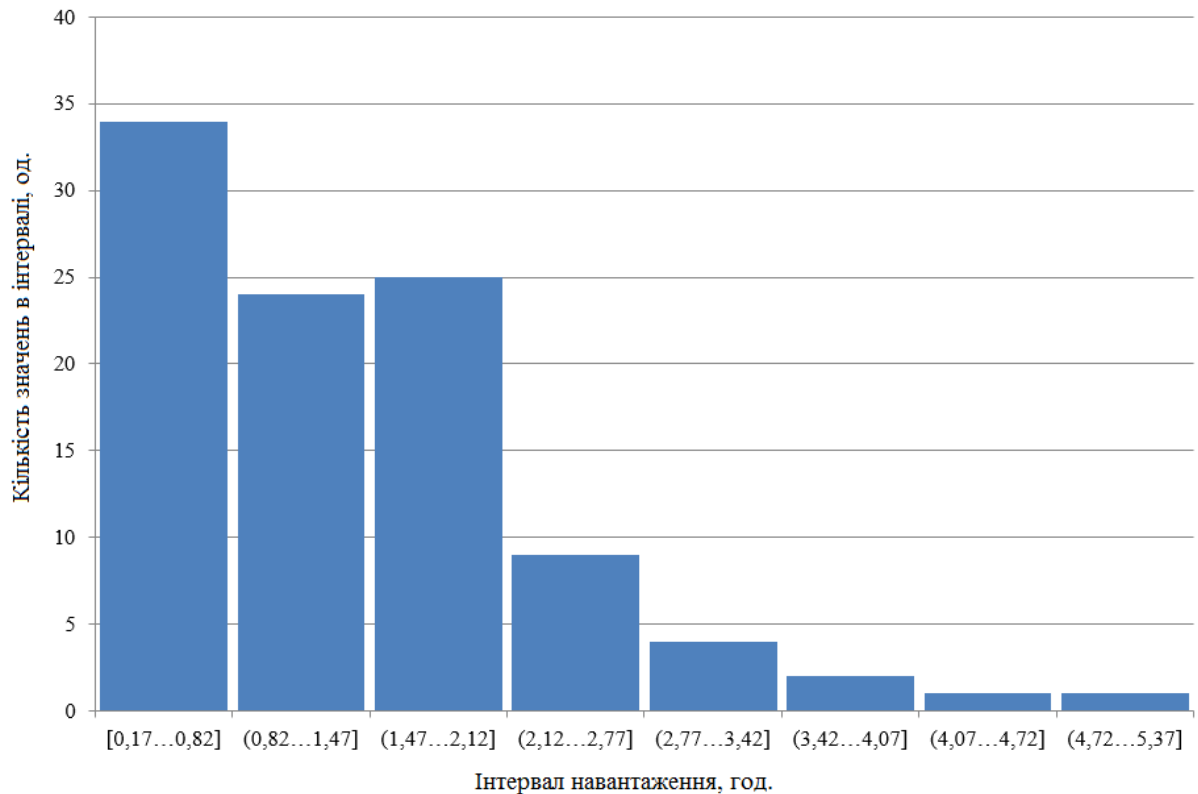


Рисунок 2.1 – Аналіз випадкової величини інтервалів навантаження продукції

2.2 Розробка моделі

Першим етапом моделі є генерація замовлень – партій вантажу, які надходять через встановлені інтервали часу у логістичну систему.

Середній інтервал надходжень встановлено у попередньому підрозділі, він складає 1,34 години.

Обсяг приймаємо у кількості партій, кожна з яких відповідає місткості автотранспортного засобу та загальна вага забезпечує орієнтовний обсяг постачань (відповідно до довоєнного періоду) у розмірі 850 – 950 тисяч тонн продукції щорічно.

Маємо значення – 4 партії по 34 т.

Орієнтовний обсяг поставок на рік становитиме:

$$24 \text{ год./добу} / 1,34 \text{ год.} \cdot 4 \text{ партії} \cdot 34 \text{ т/парт.} \cdot 365 \text{ діб/рік} = 889 \text{ тис. т/рік},$$

що цілком відповідає плану.

На рисунку 2.2 показаний початковий елемент Potik_produk, де задано відповідні параметри, що позначено червоною рамкою.

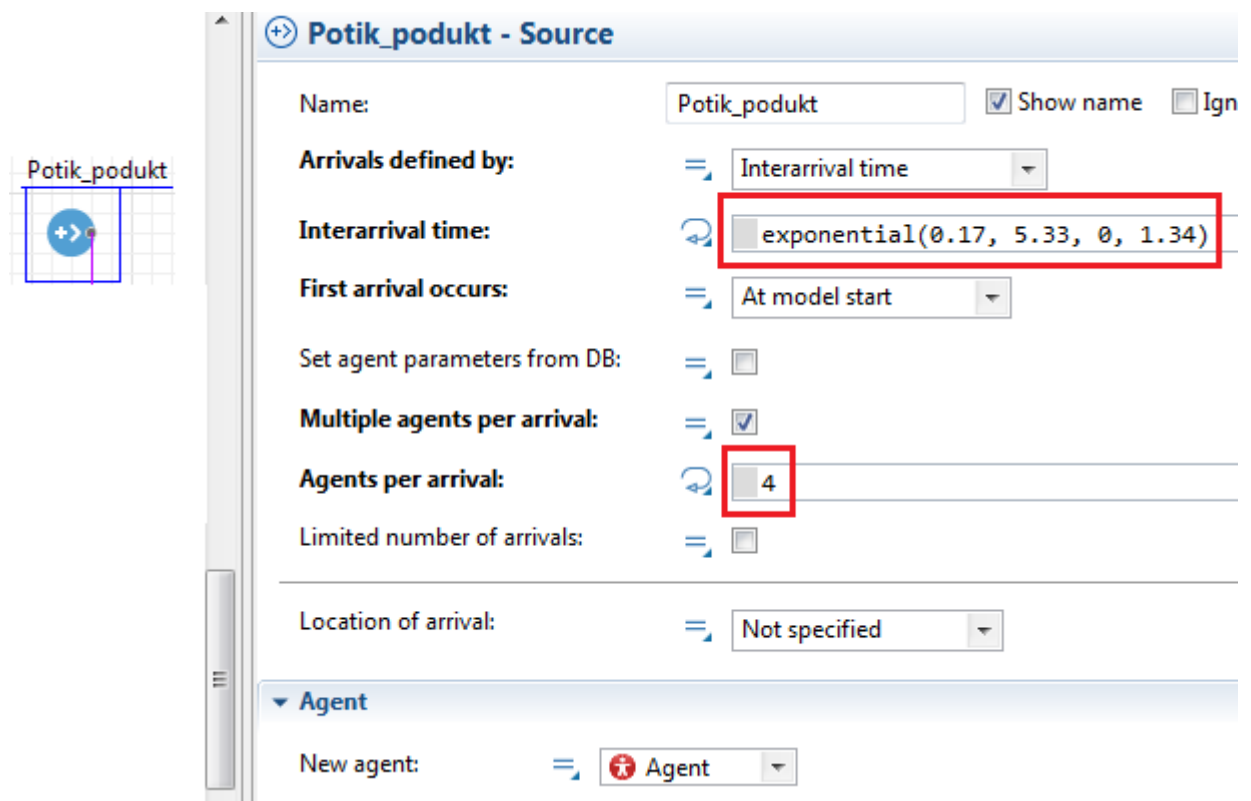


Рисунок 2.2 – Елемент Potik_produk

Оскільки в навчальній версії програмного продукту не передбачена можливість зупинки програми у встановлений час, додаємо блок з двох елементів (рисунок 2.3), які по завершенню встановленого періоду моделювання – 1 місяць, накопичують та не пропускають замовлення до інших елементів їх обробки.

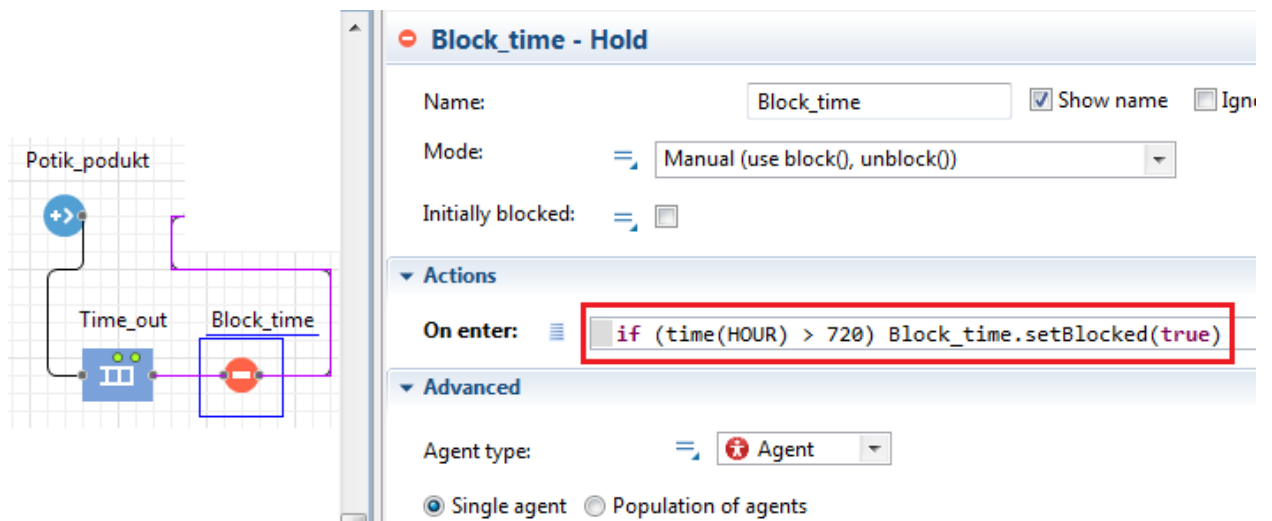


Рисунок 2.3 – Блок зупинки програми

Умову зупинки процесу проходження замовлень позначено на рисунку:

`if (time(HOUR) > 720) Block_time.setBlocked(true),`

де функція `time(HOUR)` повертає значення годин роботи моделі, 720 – кількість годин у місяці.

В об'єкті `Time_out` типу «черга» встановлюємо параметр «Максимальна місткість» (рисунок 2.4).

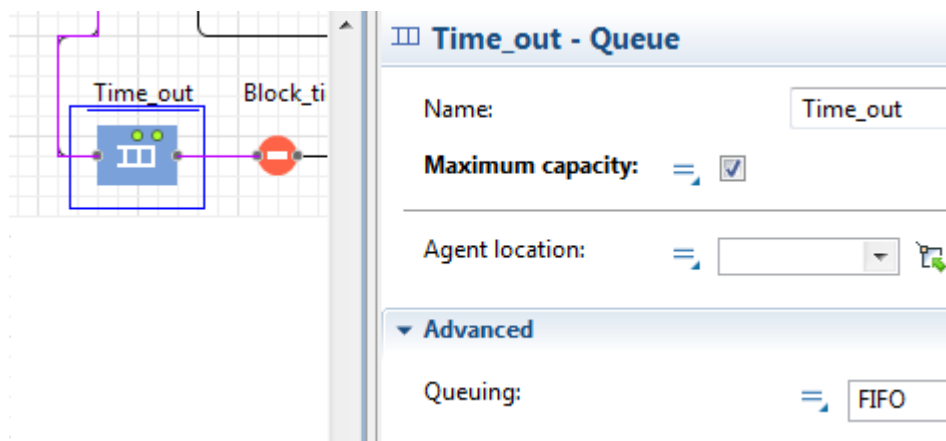


Рисунок 2.4 - Об'єкт Time_out

Такий само параметр задаємо у наступному об'єкті Sklad_produkт (рисунок 2.5), що імітує роботу ділянки відвантаження складу готової продукції.

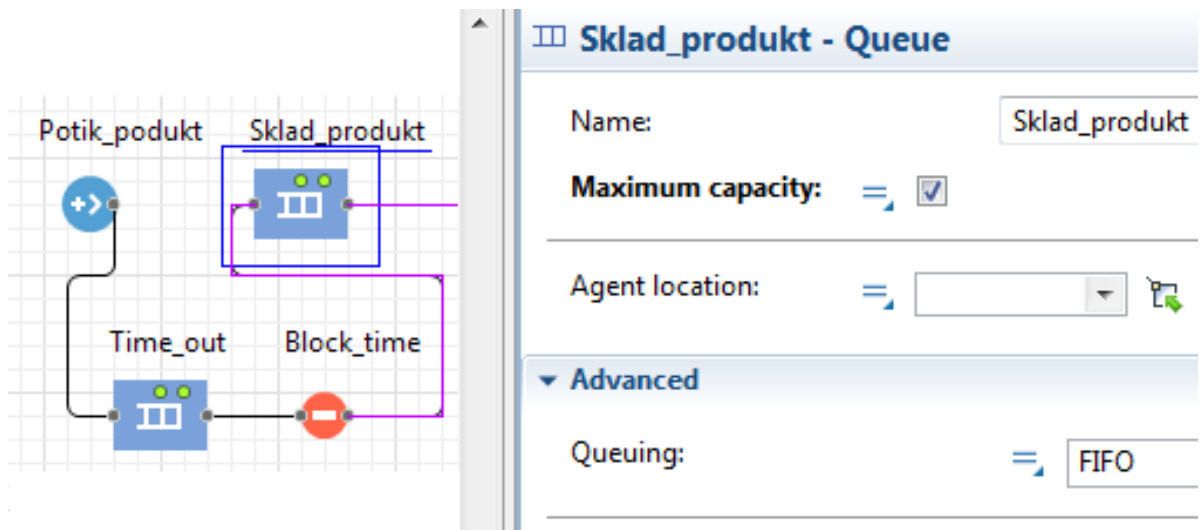


Рисунок 2.5 – Об'єкт Sklad_produkт

Надалі замовлення надходять до елементу управління Auto_abo_ZT, який розподіляє їх по гілках обслуговування автомобільним або залізничним транспортом (рисунок 2.6).

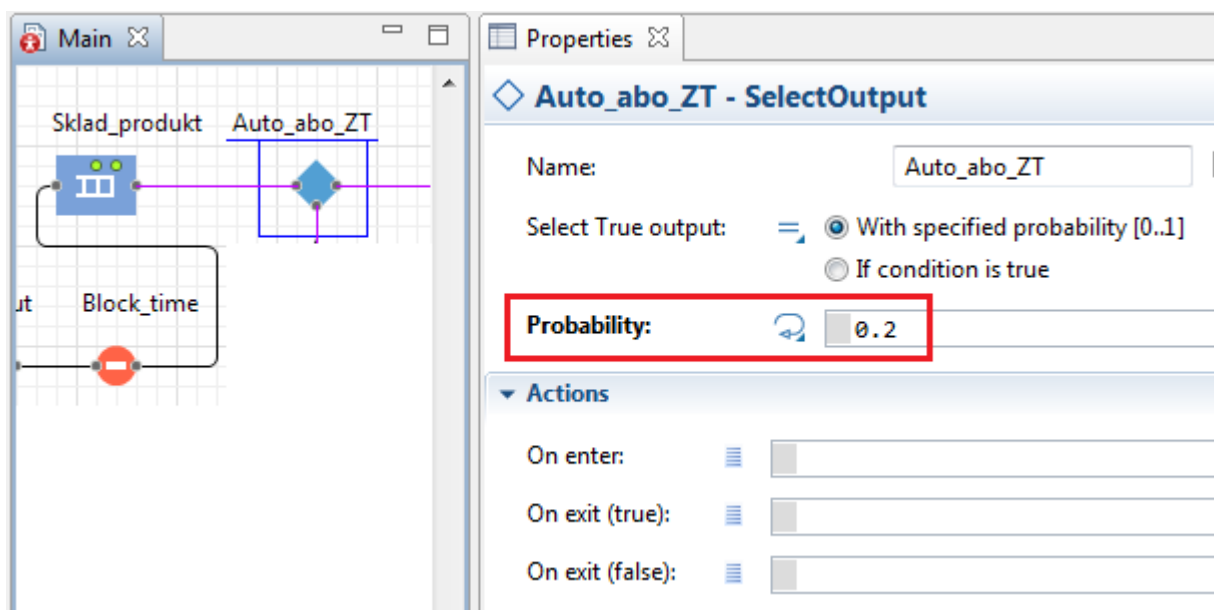


Рисунок 2.6 – Елемент управління Auto_abo_ZT

Управління здійснюється через задання параметру Probability – ймовірності (частки) відправлень автомобільним або залізничним транспортом.

Гілка обслуговування автотранспортом продовжується елементами Doroga (тип – черга) та Ruh_to_ZP (елемент затримки, який імітує рух до Запорізького порту), що показано на рисунку 2.7.

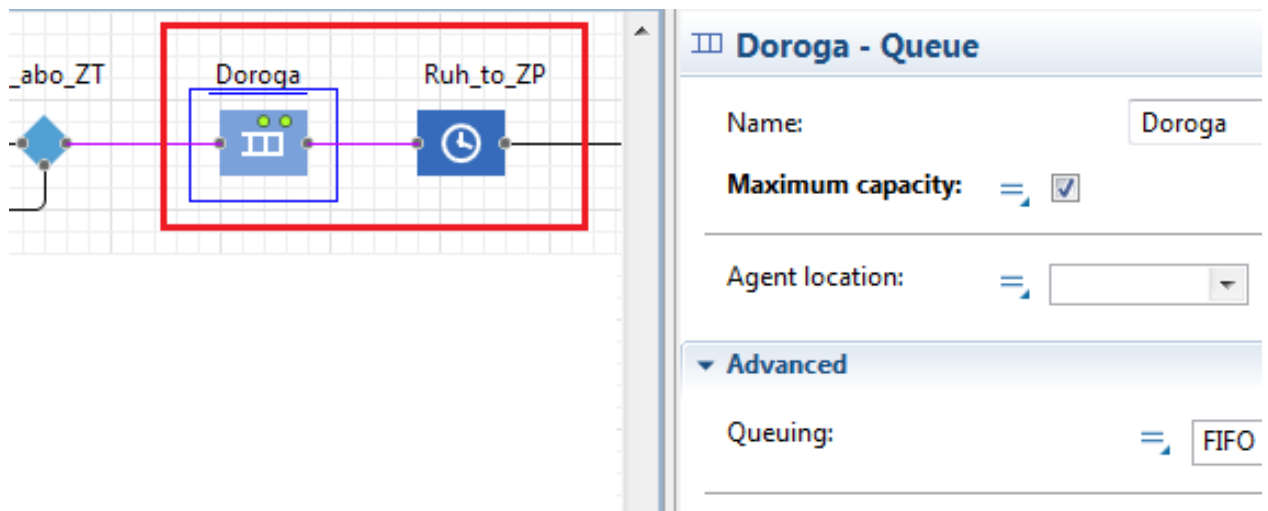


Рисунок 2.7 – Гілка обслуговування автотранспортом

Аналогічним чином працює гілка обслуговування залізничним транспортом (рисунок 2.8).

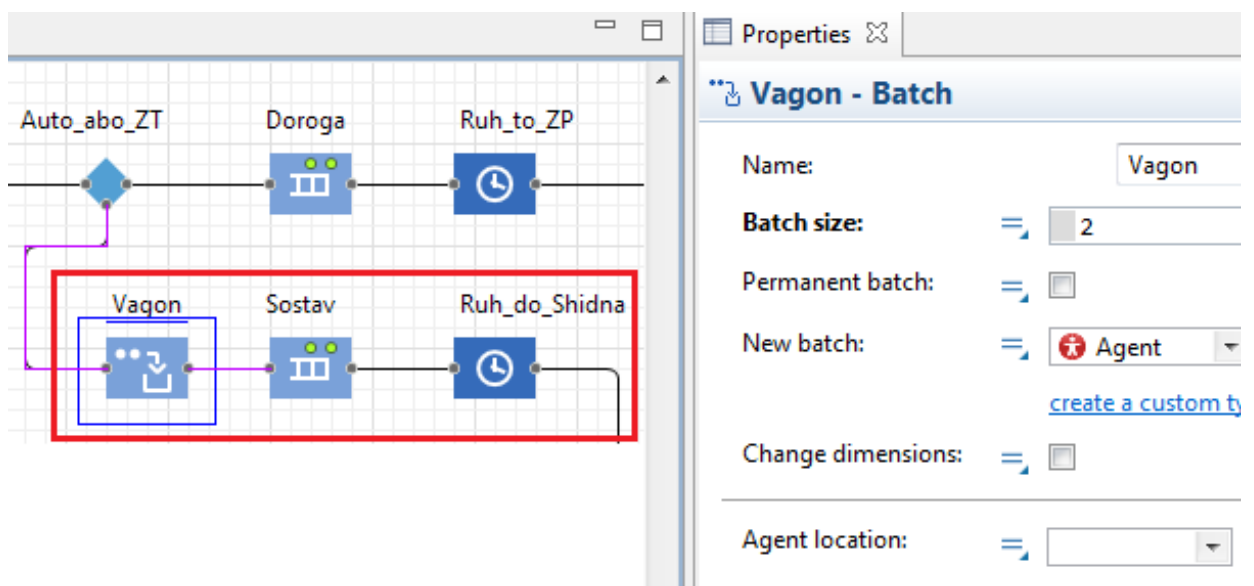


Рисунок 2.8 – Гілка обслуговування залізничним транспортом

Відмінністю є лише наявність елементу групування замовлень Vagon (як було зазначено вище, в якості замовлень виступає партія вантажу, яка відповідає статнавантаженню автотранспортних засобів 34 т, відповідно, для вагонної відправки потрібно згрупувати два замовлення $34 + 34 = 68$ т).

Параметри даного елементу показані на рисунку 2.7, наведені елементи завершуються об'єктом, який імітує вивезення вагонів на станцію Східна.

2.2.1 Визначення тривалості вивезення завантажених вагонів

Вивезення характеризується ймовірнісним характером, тож встановимо закон випадкової величини тривалості даного процесу.

Маємо вибірку зібраних даних:

2; 0,92; 0,42; 1,42; 2,5; 4,58; 0,17; 1,17; 2,33; 0,17; 0,42; 0,5; 0,42; 2,33; 0,83; 2,5; 3; 1,83; 1,17; 2,33; 4; 1,17; 4; 1,17; 4; 4; 2,5; 2,5; 4; 1,17; 4; 1,83; 4; 3; 0,92; 2,08; 3,58; 3,67; 1,92; 0,83; 3,58; 2,08; 1,17; 3,67; 0,92; 4; 1,92; 1,08; 1,08; 3,67; 0,5; 1,08; 0,92; 0,83; 0,83; 3; 0,83; 0,42; 3; 0,92; 3,08; 1,08; 4,5; 2,33; 0,42; 2; 0,42; 4,17; 0,42.

Варіаційний ряд:

0,17; 0,17; 0,42; 0,42; 0,42; 0,42; 0,42; 0,42; 0,42; 0,5; 0,5; 0,83; 0,83; 0,83; 0,83; 0,83; 0,92; 0,92; 0,92; 0,92; 0,92; 1,08; 1,08; 1,08; 1,08; 1,17; 1,17; 1,17; 1,17; 1,17; 1,17; 1,42; 1,83; 1,83; 1,92; 1,92; 2; 2; 2,08; 2,08; 2,33; 2,33; 2,33; 2,33; 2,5; 2,5; 2,5; 2,5; 3; 3; 3; 3; 3,08; 3,58; 3,58; 3,67; 3,67; 3,67; 4; 4; 4; 4; 4; 4; 4; 4; 4,17; 4,5; 4,58.

Головні характеристики ряду, необхідні для графічного аналізу щільності розподілу [8]:

- мінімум 0,17 год.;
- максимум 4,58 год.;
- значень 69 од.;
- середнє знач. 2,02 год.;
- інтервалів груп. 7 од.;
- інтервал груп. 0,63 год.;
- станд. відхилення 1,32 год.

У таблиці 2.2 наведено результати обробки даних, які використовуємо у якості вихідних даних для побудови графіку щільності розподілу.

Таблиця 2.2 – Кількість значень по інтервалах групування

№ інтервалу	Інтервал, год.	Кількість значень, од.
1	[0,17...0,8]	11
2	(0,8...1,43]	21
3	(1,43...2,06]	6
4	(2,06...2,69]	10
5	(2,69...3,32]	5
6	(3,32...3,95]	5
7	(3,95...4,58]	11

На рисунку 2.9 наведено діаграму щільності розподілу аналізуємих даних.

Форма стовпчикової діаграми відповідає теоретичному рівномірному розподілу випадкової величини.

Це буде використано в параметрах імітаційної моделі.

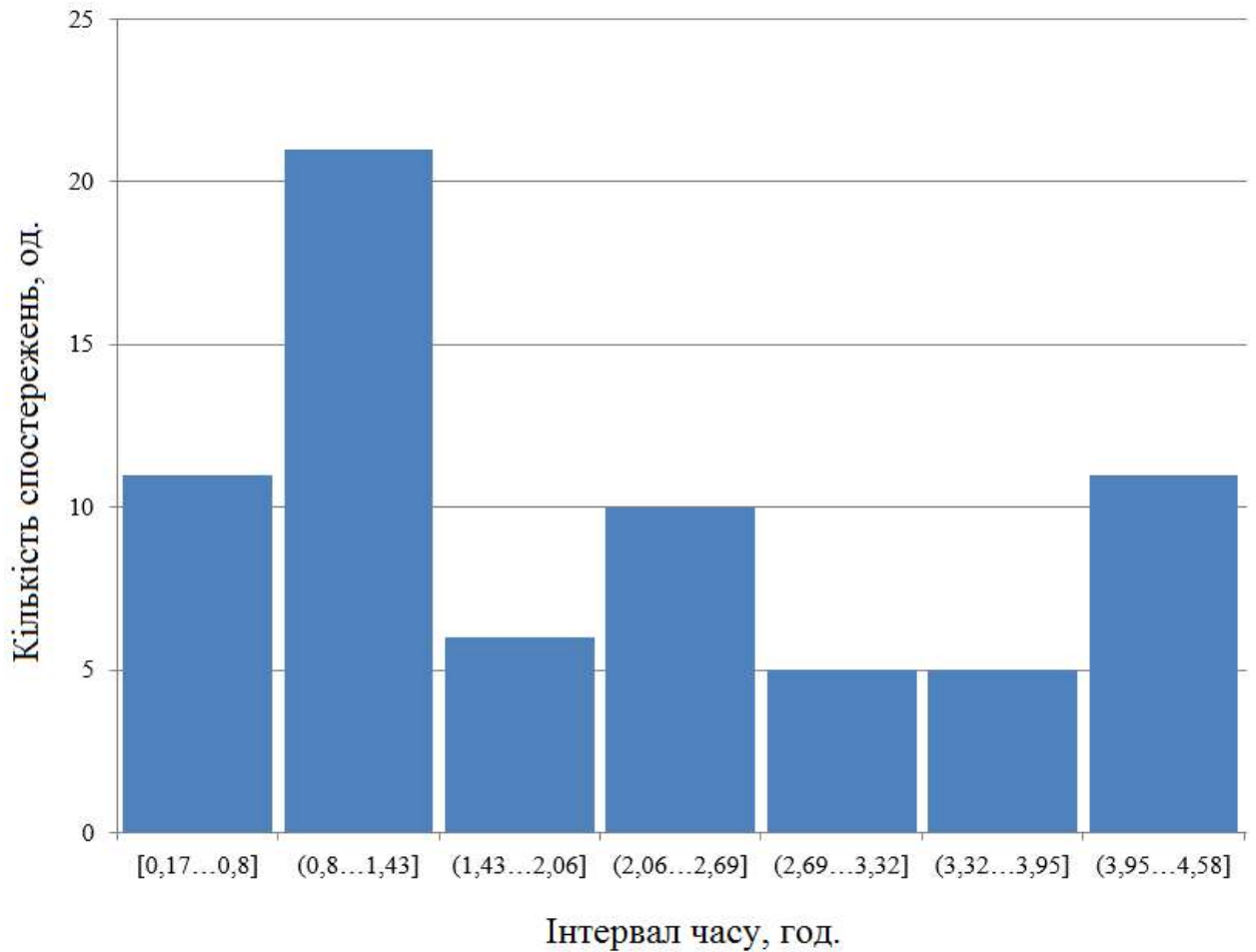


Рисунок 2.9 – Аналіз випадкової величини інтервалів навантаження продукції

На рисунку 2.10 показані відповідні параметри об'єкту Ruh_do_Shidna, час затримки:

$\text{uniform}(0.17, 4.58),$

де 0,17 – мінімальне, а 4,58 – максимальне значення.

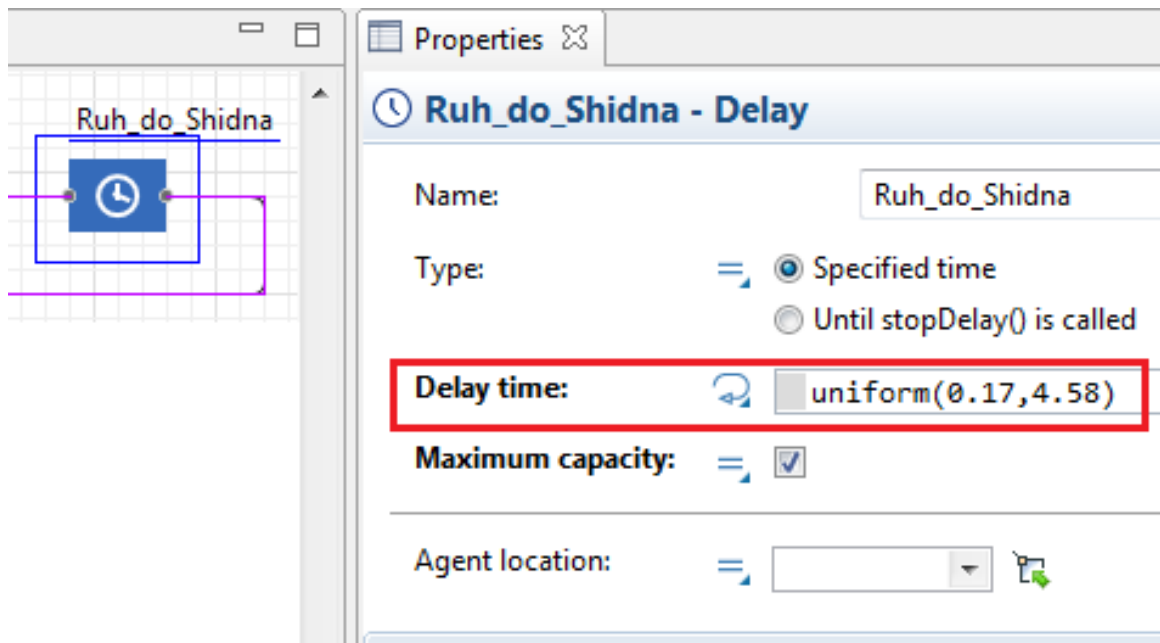


Рисунок 2.10 – Об'єкт Ruh_do_Shidna

Крім того, обслуговування залізничним транспортом передбачає накопичення та формування составів, які відправляються на магістральні лінії залізниць, що імітується наступним ланцюгом – рисунок 2.11.

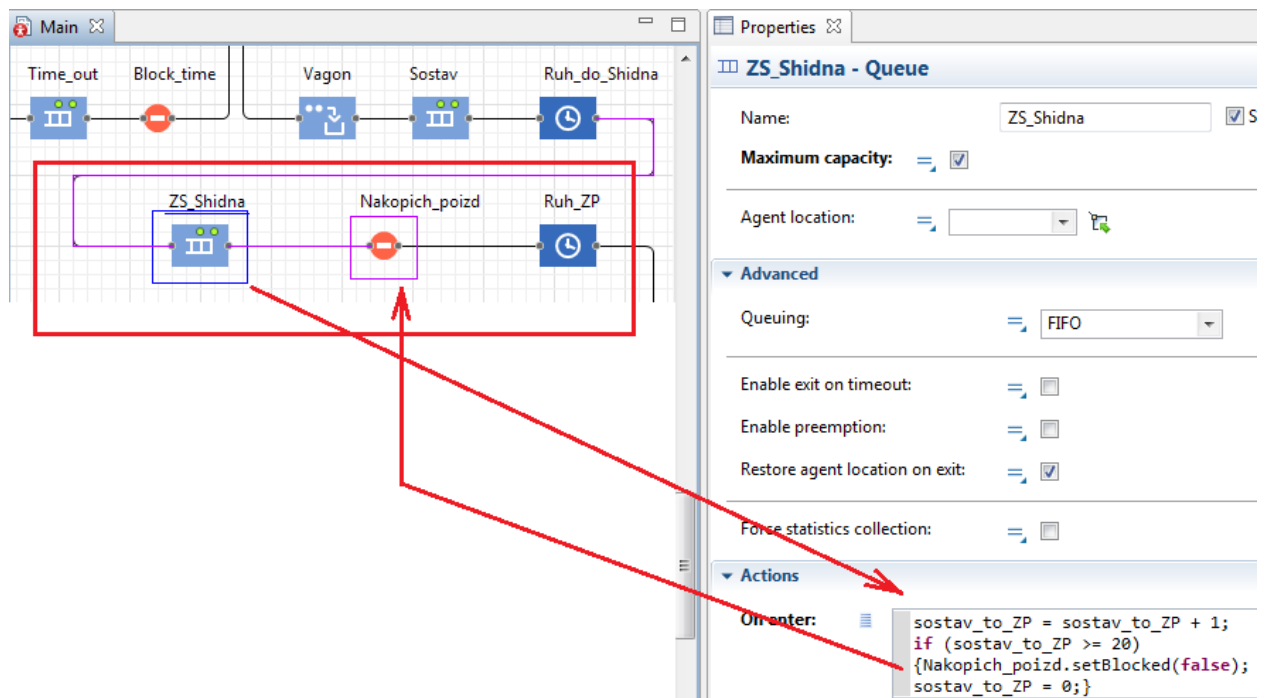


Рисунок 2.11 – Імітація процесу накопичення та перевезення вагонів залізницею

При накопиченні составу враховується, що разом із вагонами призначенням до порту міста Запоріжжя відправляються завантажені вагони станцій іншого призначення (у тому числі, клієнттури підприємства), порожні вагони тощо:

```
sostav_to_ZP = sostav_to_ZP + 1;
if (sostav_to_ZP >= 20)
{Nakopich_poizd.setBlocked(false);
sostav_to_ZP = 0;}
```

та, при накопиченні встановленої партії у 20 вагонів для Запорізького порту, розблоковується елемент Nakopich_poizd.

Після проходження цього елемента замовлення, він блокується знову – рисунок 2.12 для накопичення составу наступного поїзду.

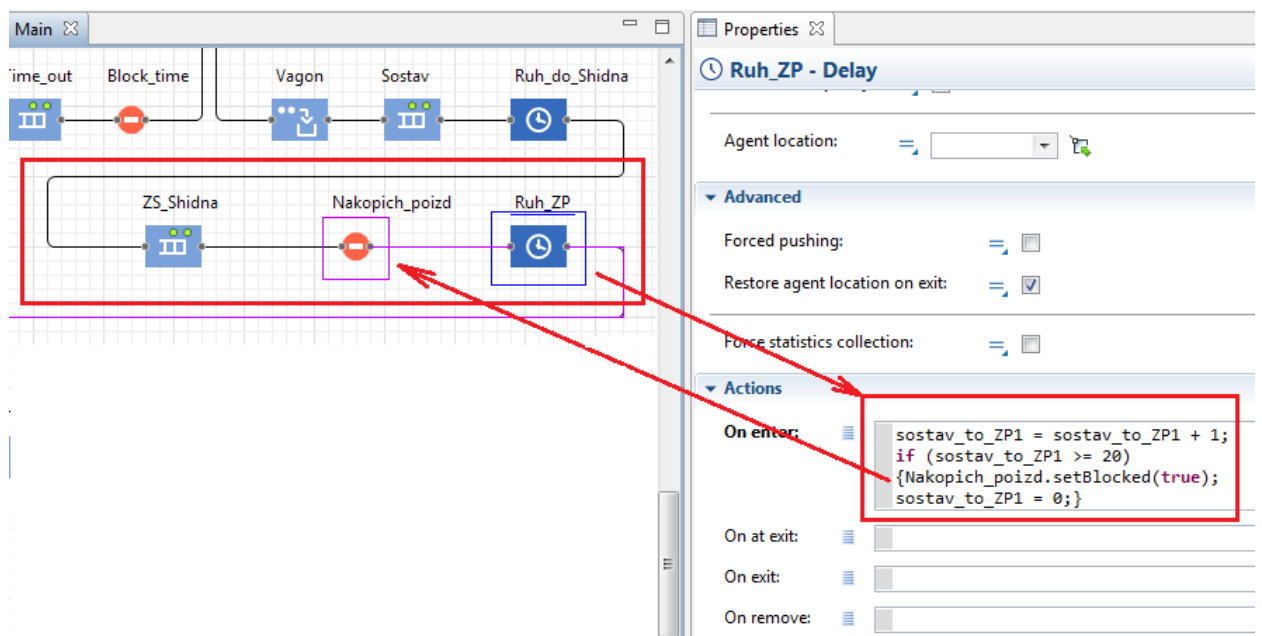


Рисунок 2.12 – Блокування для накопичення замовлень наступного составу поїзду

Це забезпечує програмний код елементу Ruh_ZP:

```
sostav_to_ZP1 = sostav_to_ZP1 + 1;
if (sostav_to_ZP1 >= 20)
{Nakopich_poizd.setBlocked(true);
sostav_to_ZP1 = 0;}
```

Потоки автомобільного та залізничного транспорту спрямовуються до об'єкту Port_VZ (черга) – де вони очікують обробки – виконання вантажних операцій (рисунок 2.13).

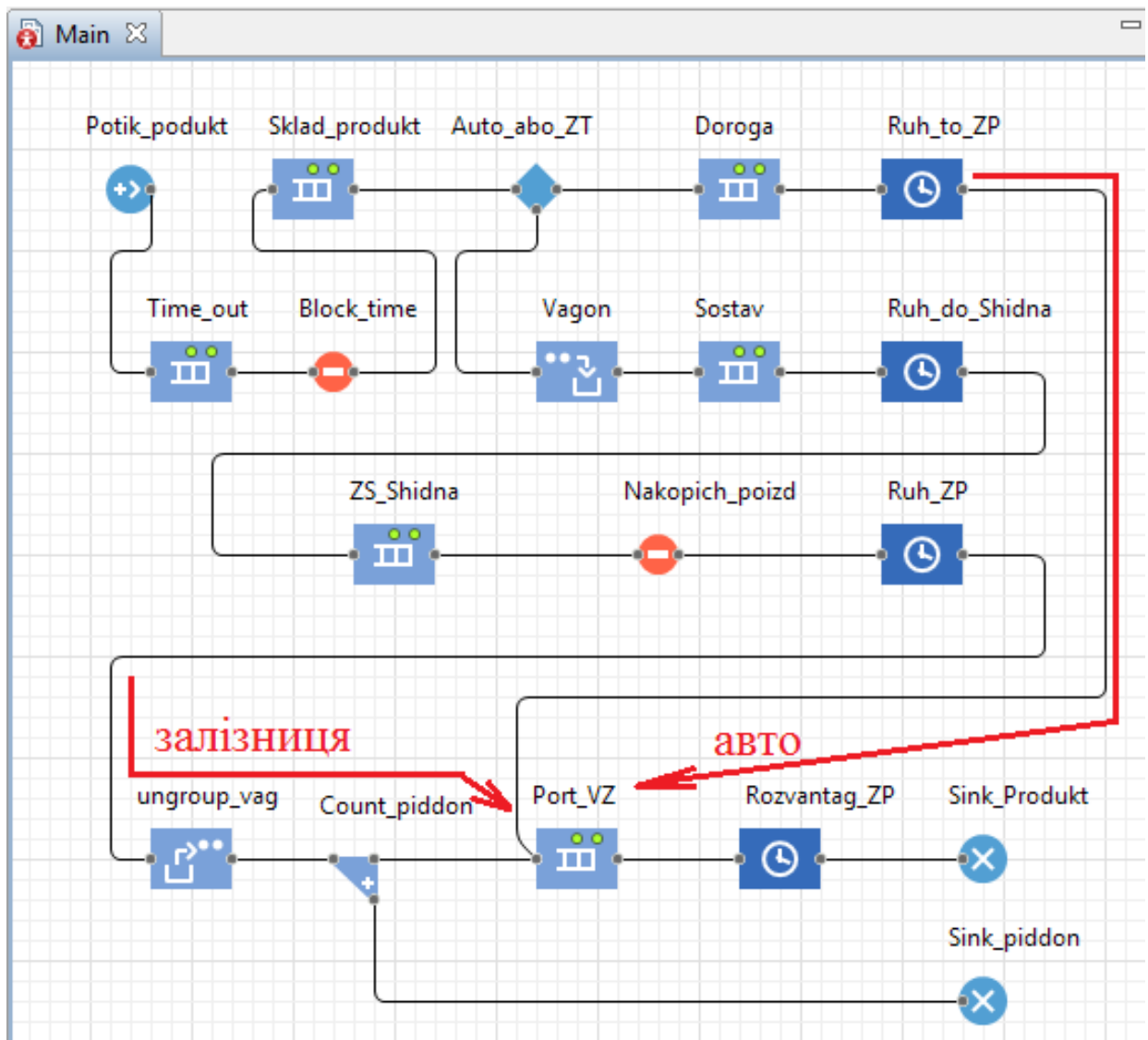


Рисунок 2.13 – Загальний вигляд основної частини програми

Об'єкт ungroup_vag типу Unbatch здійснює розгрупування составів (рисунок 2.14).

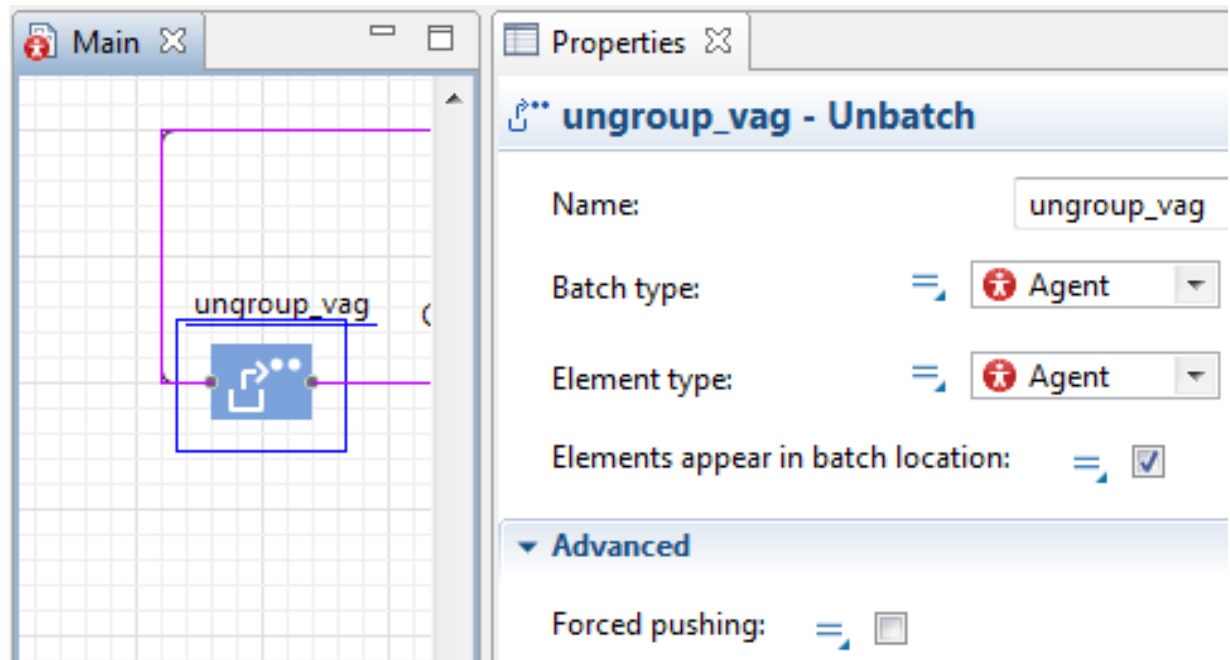


Рисунок 2.14 – Об'єкт ungroup_vag

Об'єкт Count_piddon створює копію замовлення, що потрібно для подальших процесів (рисунок 2.15).

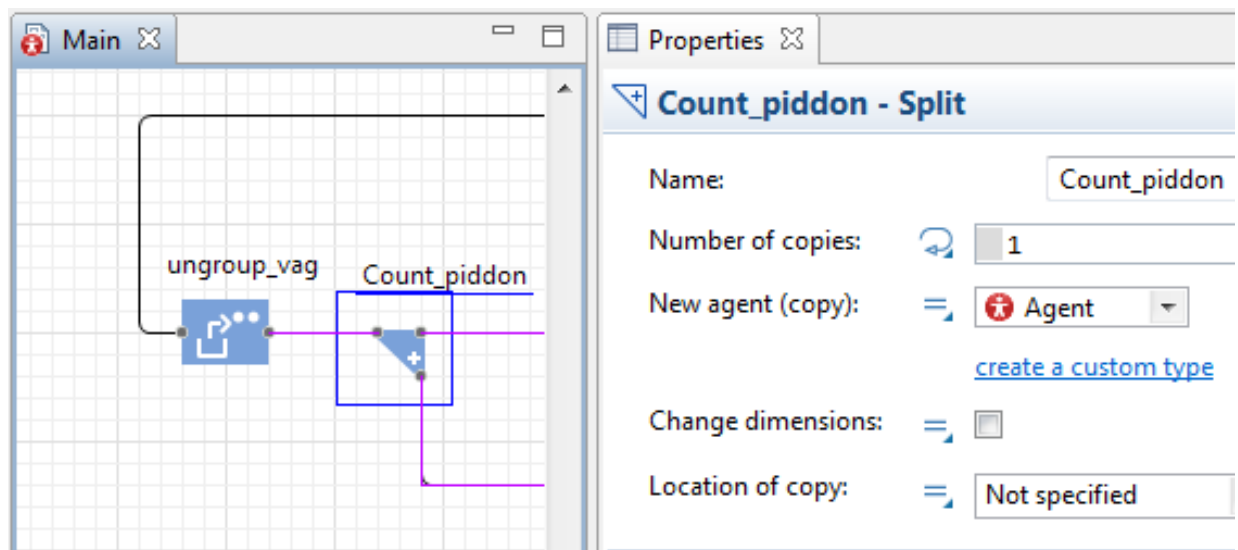


Рисунок 2.15 – Об'єкт Count_piddon

Ці процеси виконуються в кінцевому об'єкті даного ланцюгу об'єкту Sink_pidдон (рисунок 2.16).

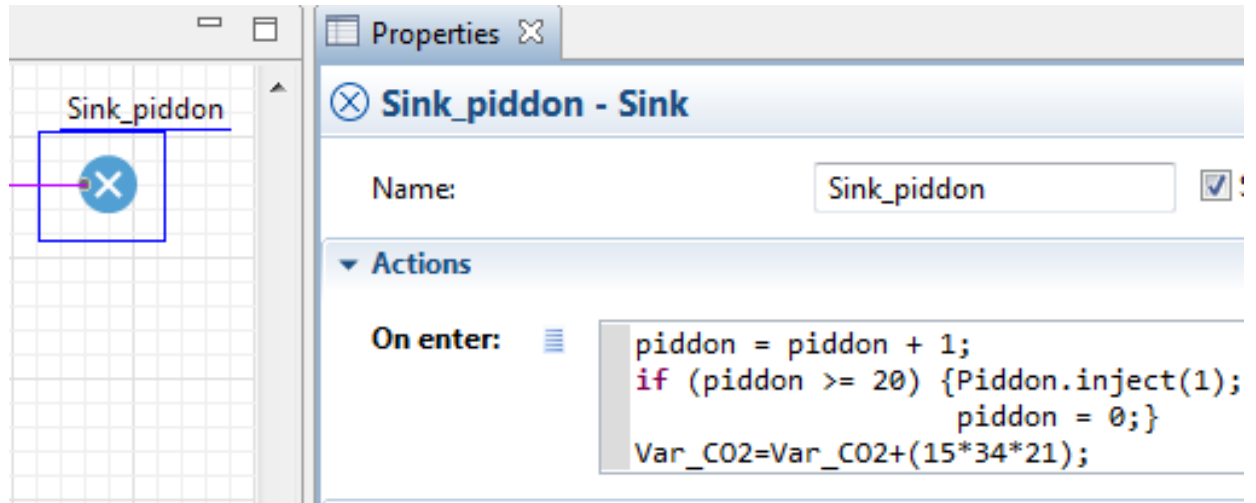


Рисунок 2.16 – Об'єкт Sink_pidдон

В цьому об'єкті замовлення знищуються, виконується розрахунок обсягів викидів CO₂ та виконуються процедури запуску нового ланцюга руху багатооборотних піддонів у зворотному напрямку:

```
pidдон = pidдон + 1;
if (pidдон >= 20) {Pidдон.inject(1);
                  pidдон = 0;}
Var_CO2=Var_CO2+(15*34*21);
```

тобто, при накопиченні певної кількості піддонів, через використання методу inject() генерується замовлення на їх обслуговування – доставку на підприємство «Запоріжсталь».

Для зберігання інформації щодо обсягів викидів CO₂ використовується змінна Var_CO2.

Ланцюг, наведений на рисунку 2.17, є спільним для замовлень, які обслуговуються автомобільним та залізничним транспортом, передбачаються операції щодо вивантаження та знищення замовлень, після чого перевізний процес вважається виконаним.

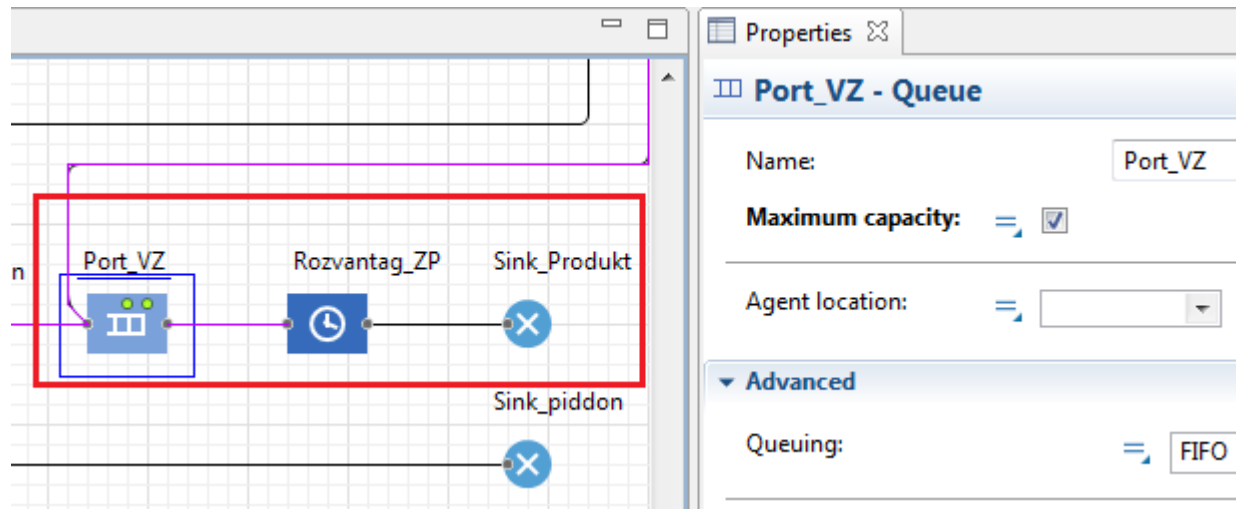


Рисунок 2.17 – Імітація процесу вивантаження та завершення перевізного процесу доставки продукції у порт

2.2.2 Імітація процесу повернення багатооборотних піддонів з порту на підприємство

Після завершення процесу доставки продукції в порт, постає питання імітації процесу повернення багатооборотних піддонів з порту на підприємство. Як було зазначено вище, кількість піддонів, які надійшли, фіксується у кінцевому ланцюгу елементу проходження копій замовлень, тож там викликаються нові замовлення – група піддонів для відправлення.

Ланцюг повернення піддонів має наступний вигляд – рисунок 2.18.

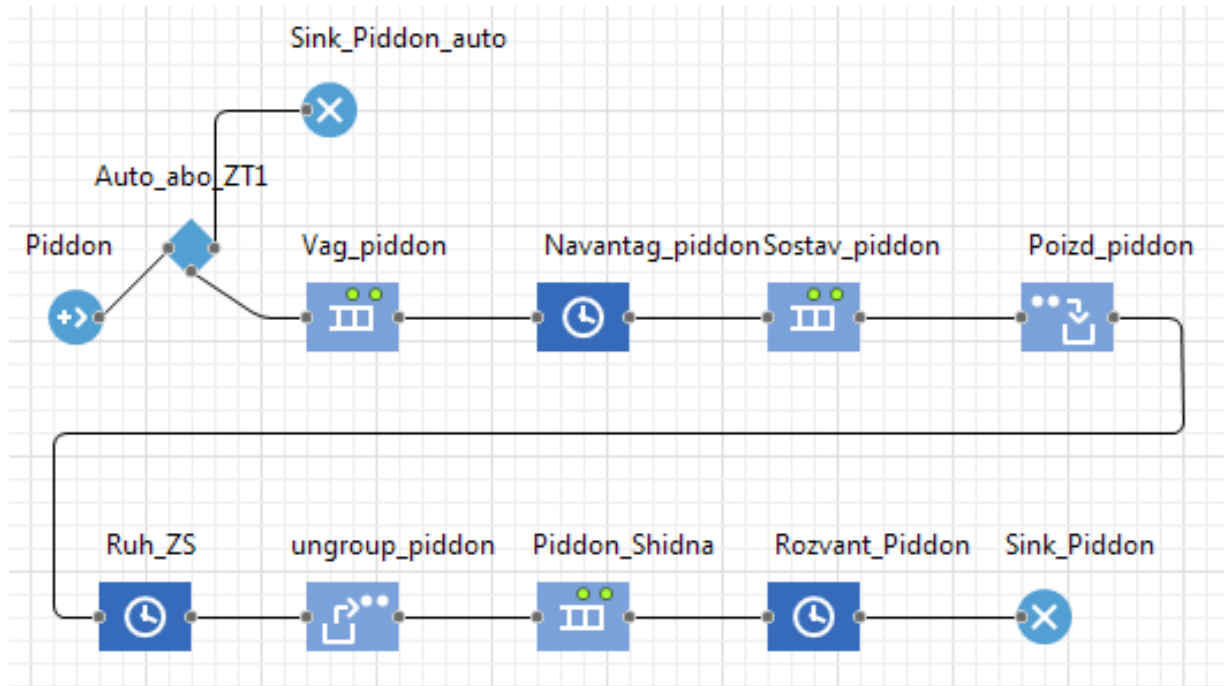


Рисунок 2.18 – Повернення багатооборотних піддонів з порту на підприємство

Перший об'єкт Piddon генерує замовлення через виклики Call of inject() function – рисунок 2.19.

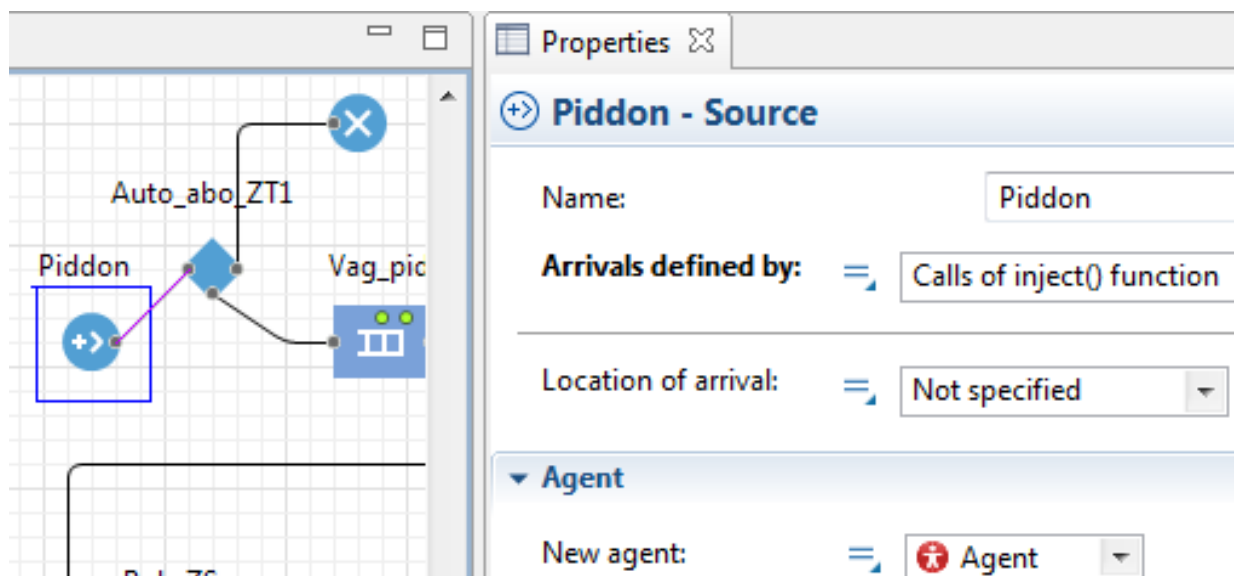


Рисунок 2.19 – Об'єкт Piddon

Наступний за ним - Auto_abo_ZT1 – об’єкт вибору виду транспорту для доставки піддонів на підприємство (рисунок 2.20). Є керованим параметром, який буде змінюватись при постановці експериментів.

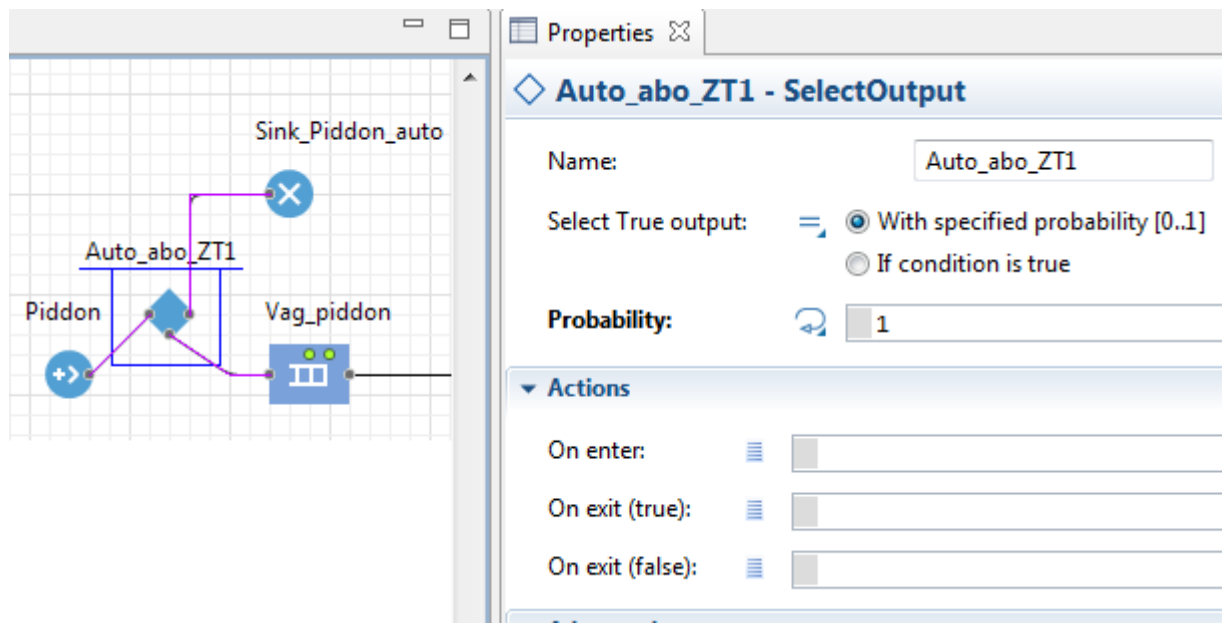


Рисунок 2.20– Об’єкт вибору виду транспорту Auto_abo_ZT1

Використовується шляхом задання ймовірності доставки тим, чи іншим видом транспорту.

Наступний елемент - Sink_Piddon_auto (рисунок 2.21).

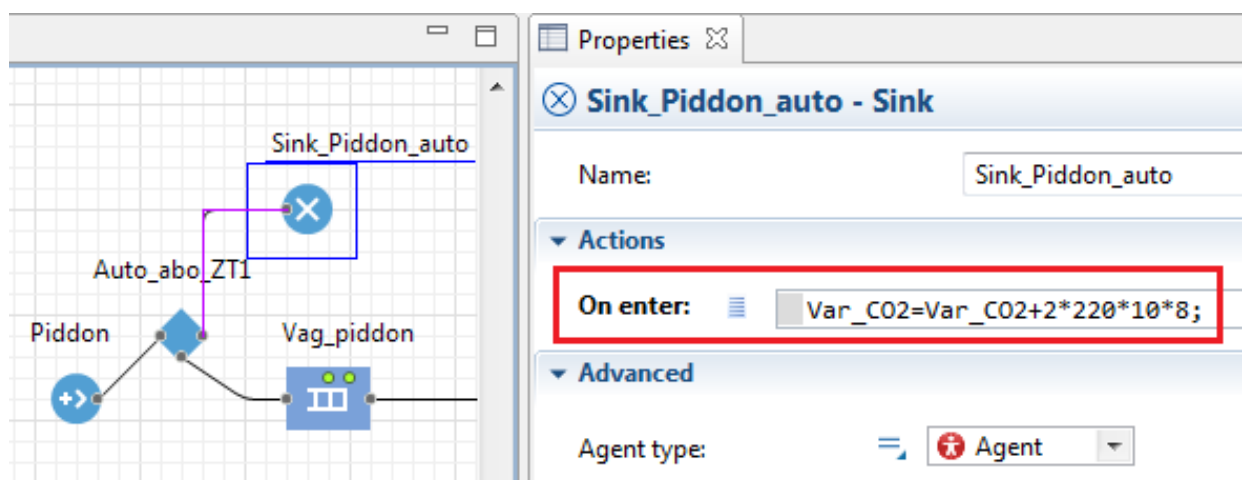


Рисунок 2.21 – Елемент Sink_Piddon_auto

При використанні автомобільного транспорту для повернення металевих піддонів, на яких здійснювалась доставка продукції залізничним транспортом (після доставки продукції, піддони складуються на території порту), кількість використаних автомобілів фіксується даним елементом та кількість обсягів CO₂.

Гілка елементів реалізації процесів доставки піддонів залізничним транспортом передбачає чергу для накопичення багатооборотних піддонів (рисунок 2.22).

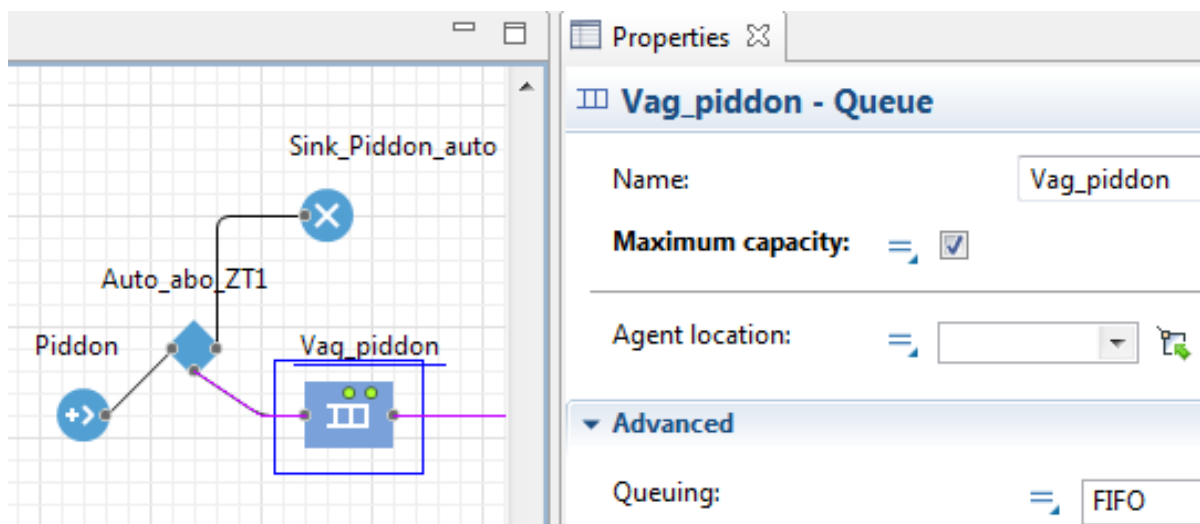


Рисунок 2.22 – Об'єкт Vag_piddon

Наступні об'єкти (рисунок 2.18):

- Navantag_piddon – імітує затримку, пов'язану із навантаженням піддонів;
- Sostav_piddon – імітує чергу накопичення вагонів із піддонами;
- Poizd_piddon – імітує формування складу поїзду (групування замовлень) – рисунок 2.23.

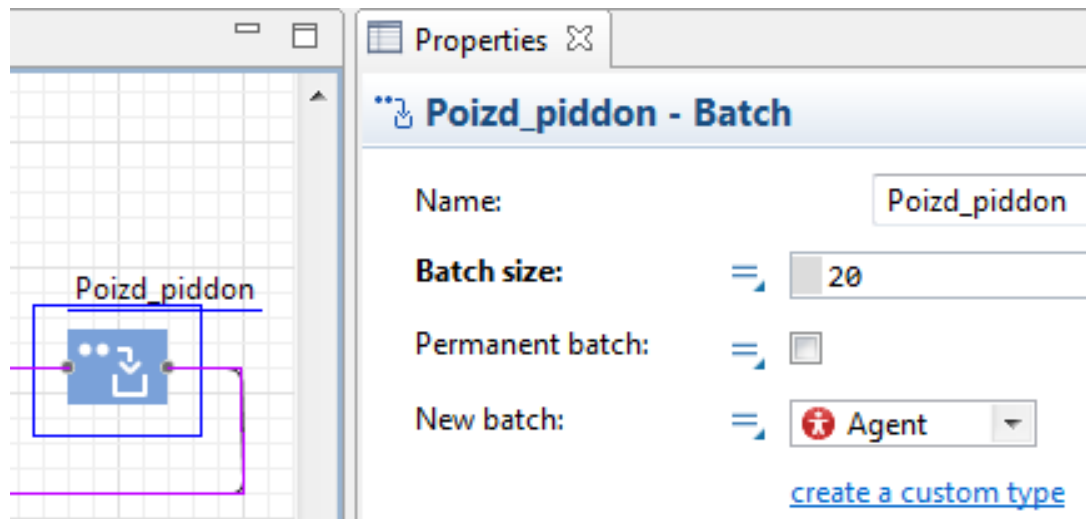


Рисунок 2.23 – Об’єкт Poizd_piddon

Об’єкт Ruh_ZS імітує рух вагонів до підприємства, шляхом їх затримки на нормативний час.

Об’єкт ungroup_piddon здійснює розгрупування вагонів для подальшого накопичення в об’єкті Piddon_Shidna та імітації розвантаження елементом Rozvant_Piddon.

В кінцевому елементі Sink_Piddon фіксується обсяг CO₂ при перевезенні піддонів залізничним транспортом (рисунок 2.24).

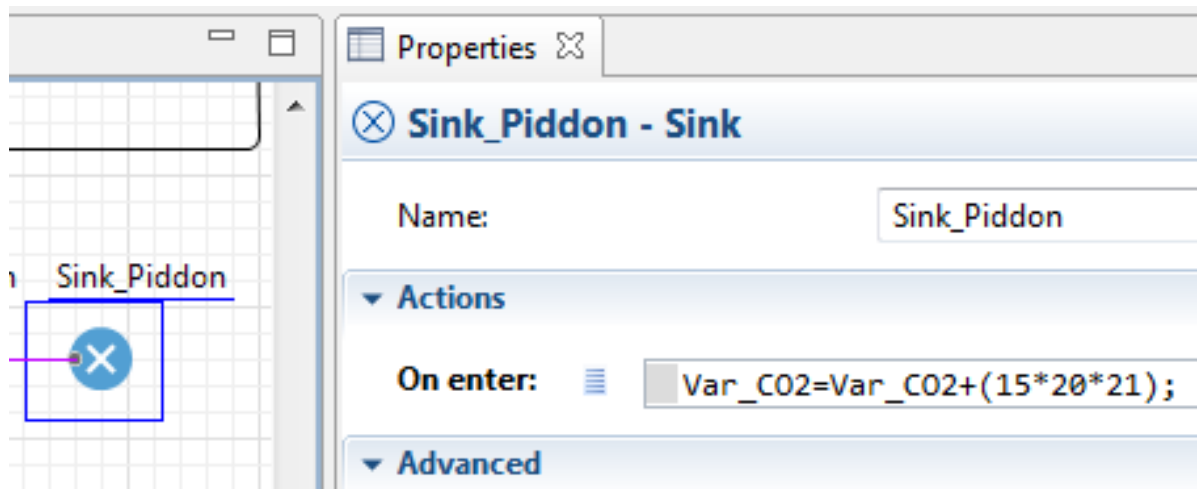


Рисунок 2.24 – Елемент Sink_Piddon

Загальний вигляд програмно-процесних логістичних ланцюгів доставки наведений на рисунку 2.25.

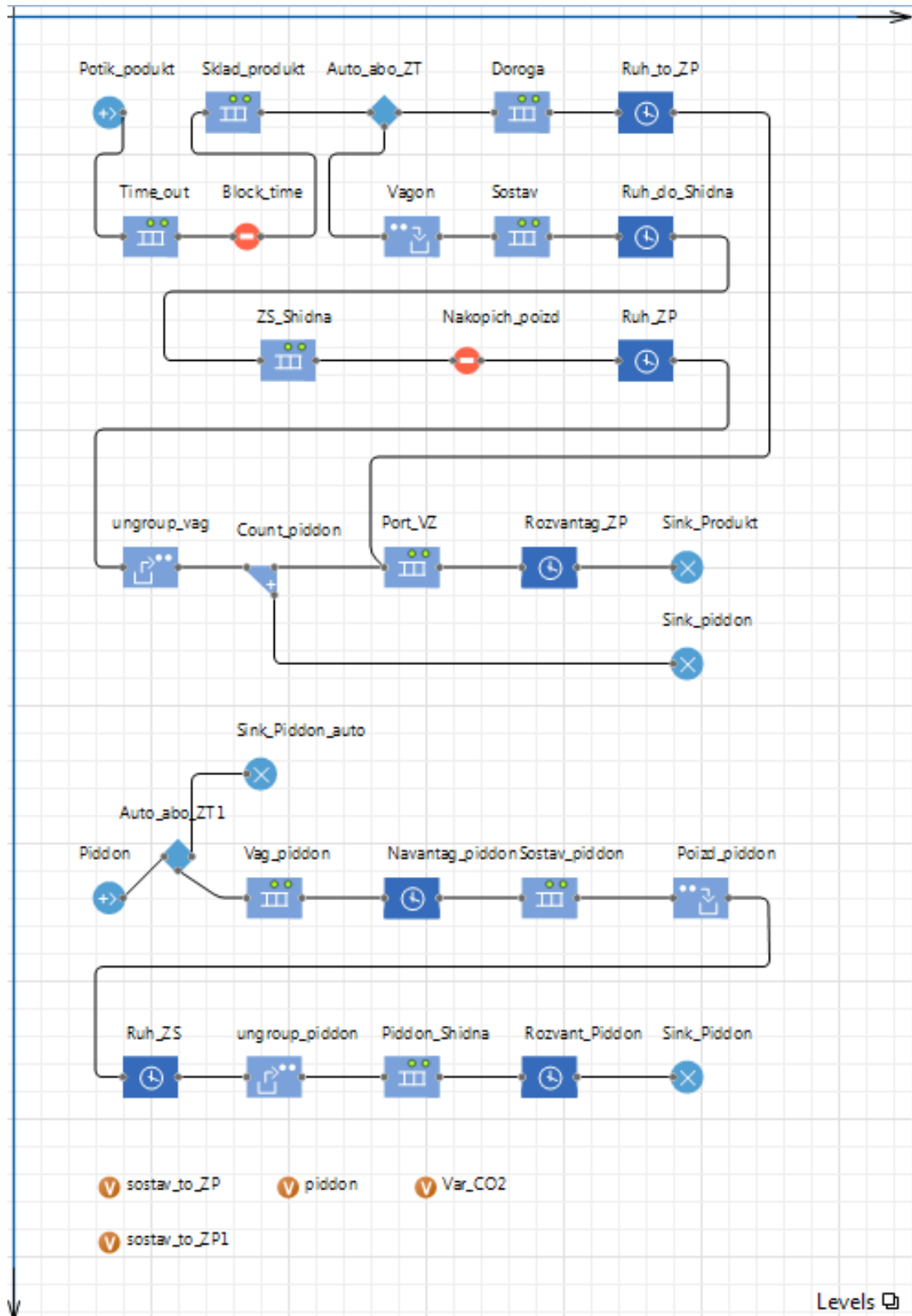


Рисунок 2.25 – Загальний вигляд програмно-процесних логістичних ланцюгів доставки

2.3 Експериментальні дослідження на моделі

Моделювання здійснювалось за період – 1 місяць із трансформуванням результатів у річний період. У таблиці 2.3 наведені отримані результати.

Таблиця 2.2 – Результати моделювання

Транс- порт для доставки піддонів	Відсо- ток про- дукції, доставка якого здій- снена автомо- більним транс- портом, %	Кіль- кість їздок авто- транс- порт- них засобів, од./рік	Кіль- кість достав- лених вагонів з продук- цією, од./рік	Кількість достав- лених автомо- білів з піддо- нами, од./рік	Кількість достав- лених вагонів з піддо- нами, од./рік	Обсяг CO ₂ , т/рік
автом.	100	26784	0	0	0	1700,832
автом.	80	19392	2400	240	0	1293,096
автом.	60	15612	5280	528	0	1120,860
автом.	40	9684	7440	744	0	799,128
автом.	20	4848	9840	984	0	552,576
залізн.	80	19488	2400	0	240	1227,456
залізн.	60	15024	5040	0	504	1062,900
залізн.	40	9648	7440	0	744	775,200
залізн.	20	4692	9360	0	936	502,308
залізн.	0	0	12240	0	1224	269,736

3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

У попередньому розділі були проведені експерименти на розробленій імітаційній моделі доставки металопродукції ПАТ «Запоріжсталь» до Запорізького річкового порту. Згідно отриманих результатів моделювання маємо 10 варіантів співвідношення роботи автомобільного транспорту та залізничного. Для визначення оптимального режиму перевезень треба розрахувати витрати за кожним з варіантів перевезення продукції.

Вартість витрат [9] буде складатися з витрат на перевезення автомобільним транспортом, витрат на перевезення залізничним транспортом та витрат на викиди.

$$B_{\text{заг}} = B_{\text{авт}}^{\text{вант}} + B_{\text{зал}}^{\text{вант}} + B_{\text{CO}_2} \quad (3.1)$$

де $B_{\text{авт}}^{\text{вант}}$ - вартість перевезення вантажу автомобільним транспортом, грн.

$B_{\text{зал}}^{\text{вант}}$ - вартість перевезення вантажу залізничним транспортом, грн.

B_{CO_2} - екологічні витрати, грн.

Автомобільні перевезення виконуються найманим рухомим складом компанії-перевізника. Згідно даних підприємства вартість однієї їздки складає 3700 грн – при перевезенні вантажу та 1400 грн - при поверненні порожніх піддонів.

$$B_{\text{авт}}^{\text{вант}} = C_{\text{їзд}} \cdot n_{\text{їзд}}^{\text{авт}} \quad (3.2)$$

де $C_{\text{їзд}}$ - ставка за одну їзду автомобіля, грн;

$n_{\text{їзд}}^{\text{авт}}$ - кількість їздок автотранспортних засобів, од./рік.

Вартість перевезення вантажу залізничним транспортом [10] має дві складові: це безпосередньо плата за перевезення вантажу та:плата за користування вагонами:

$$B_{зал}^{вант} = B_{пер} + B_{кор} \quad (3.3)$$

Плата за перевезення вантажу визначається таким чином:

$$B_{пер} = C_{пер}^{1ваг} \cdot n_{ваг}^{вант} \quad (3.4)$$

Плата за користування вагонами:

$$B_{кор} = C_{вик}^{1год} \cdot t_{кор} \cdot n_{ваг}^{вант} \quad (3.5)$$

Тоді загальна вартість перевезення залізничним транспортом можна визначити за формулою:

$$B_{зал}^{вант} = C_{пер}^{1ваг} \cdot n_{ваг}^{вант} + C_{вик}^{1год} \cdot t_{вик} \cdot n_{ваг}^{вант} \quad (3.6)$$

де $C_{пер}^{1ваг}$ - вартість перевезення за один вагон, грн;

$C_{вик}^{1год}$ - вартість за користування вагоном, грн;

$n_{ваг}^{вант}$ - Кількість доставлених вагонів, од./рік;

$t_{кор}$ - тривалість користування вагоном, год.

Розмір плати за перевезення визначаємо за Тарифним керівництвом №1 [11] (тарифна схема №1):

- вагон з вантажем масою 68 т складе 891 грн/вагон;
- вагон з порожніми піддонами масою 20 т складе 845 грн/вагон.

Враховуючи коефіцієнт класності вантажу, що складає 6,327, отримаємо вартість перевезення одного вагону вантажу становитиме 5637,36 грн та вартість перевезення одного вагону з піддонами 5346,32 грн.

Вартість користування вагонами визначаємо згідно з тарифами АТ «Укрзалізниці» за 2023 рік [12], що наведені у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Ставки плати за використання власних вагонів перевізника АТ «Укрзалізниця» за 2023 рік

Місяць	Фактична ставка грн/добу	Місяць	Фактична ставка грн/добу
Січень	1300	Липень	1300
Лютий	1400	Серпень	1400
Березень	1500	Вересень	1500
Квітень	1500	Жовтень	1350
Травень	1350	Листопад	1200
Червень	1450	Грудень	1300

Виходячи з табл. 3.1, середнє значення плати за користування вагонами складе 1379,17 грн за добу. Тоді година користування вагонами буде коштувати:

$$C_{\text{вик}}^{\text{1год}} = \frac{1379,17}{24} = 57,47 \text{ грн/год.}$$

Середня тривалість користування вагоном за даними підприємства складає 27 год. Таким чином, В середньому вартість користування вагоном складе:

$$C_{\text{вик}}^{\text{ваг}} = 57,47 \cdot 27 = 1551,56 \text{ грн/вагон.}$$

3.1 Визначення витрат на перевезення при поверненні піддонів автомобільним транспортом

Перші п'ять експериментів проводилися в умовах використання автомобільного транспорту для повернення порожніх піддонів.

1-й експеримент. При 100% здійсненні перевезень автомобільним транспортом порожніх піддонів не буде, так як не задіяний залізничний транспорт, тому витрати на перевезення складуть:

$$B_{авт}^{вант} = 3700 \cdot 26784 = 99100800 \text{ грн}$$

2-й експеримент. При 80% здійсненні перевезень автомобільним транспортом та 20% залізничним.

Вартість автомобільних перевезень (з урахуванням повернення порожніх піддонів):

$$B_{авт}^{вант} = 3700 \cdot 19392 + 1400 \cdot 240 = 72086400 \text{ грн.}$$

Вартість залізничних перевезень:

$$B_{зал}^{вант} = 5637,36 \cdot 2400 + 1551,56 \cdot 2400 = 17253408 \text{ грн.}$$

3-й експеримент. При 60% здійсненні перевезень автомобільним транспортом та 40% залізничним.

Вартість автомобільних перевезень (з урахуванням повернення порожніх піддонів):

$$B_{авт}^{вант} = 3700 \cdot 15612 + 1400 \cdot 528 = 58503600 \text{ грн.}$$

Вартість залізничних перевезень:

$$B_{зал}^{вант} = 5637,36 \cdot 5280 + 1551,56 \cdot 5280 = 37957498 \text{ грн.}$$

4-й експеримент

При 40% здійсненні перевезень автомобільним транспортом та 60% залізничним.

Вартість автомобільних перевезень (з урахуванням повернення порожніх піддонів):

$$B_{авт}^{вант} = 3700 \cdot 9684 + 1400 \cdot 744 = 36872400 \text{ грн.}$$

Вартість залізничних перевезень:

$$B_{зал}^{вант} = 5637,36 \cdot 7440 + 1551,56 \cdot 7440 = 53485565 \text{ грн.}$$

5-й експеримент

При 20% здійсненні перевезень автомобільним транспортом та 80% залізничним.

Вартість автомобільних перевезень (з урахуванням повернення порожніх піддонів):

$$B_{авт}^{вант} = 3700 \cdot 4848 + 1400 \cdot 984 = 19315200 \text{ грн.}$$

Вартість залізничних перевезень:

$$B_{зал}^{вант} = 5637,36 \cdot 9840 + 1551,56 \cdot 9840 = 70738973 \text{ грн.}$$

Графічне представлення зміни витрат на доставку в залежності від відсотку використання автомобільного транспорту наведено на рисунку в умовах повернення піддонів автомобілями наведено на рисунку 3.1.

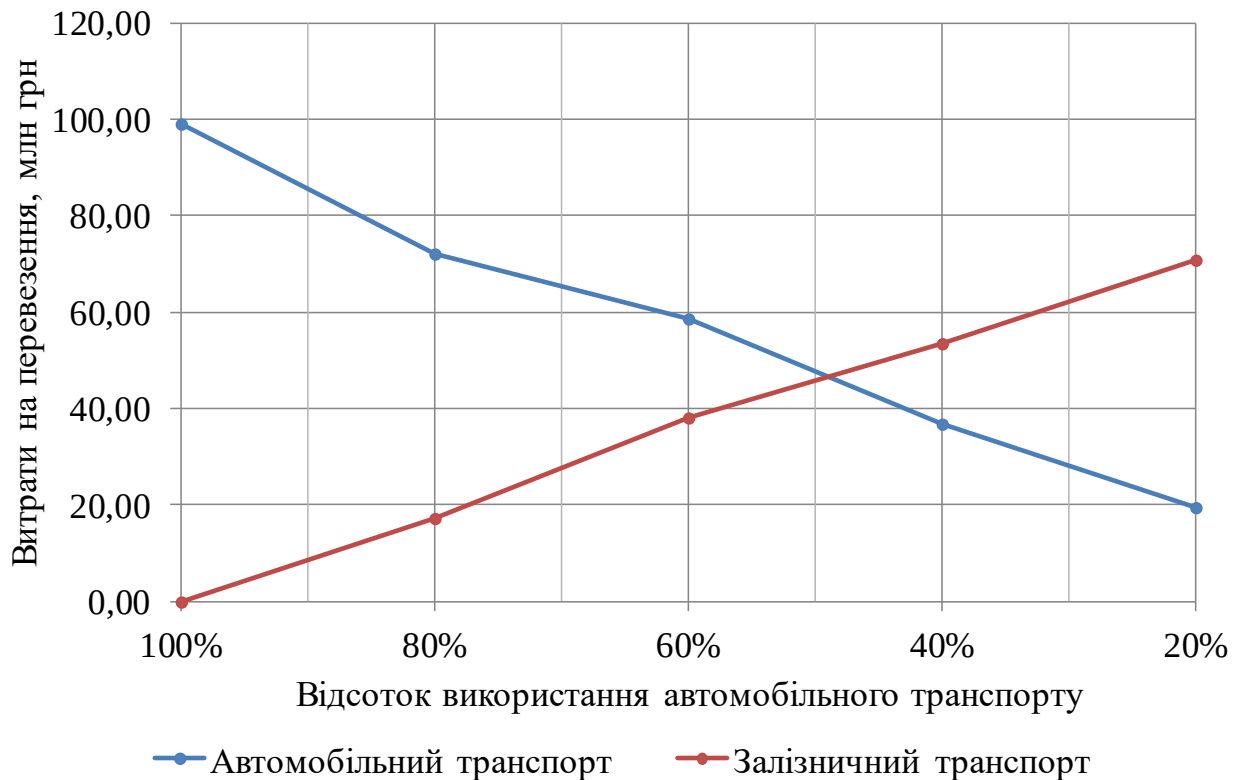


Рисунок 3.1 – Графік відношення витрат на доставку продукції при поверненні порожніх піддонів автомобільним транспортом

3.2 Визначення витрат на перевезення при поверненні піддонів залізничним транспортом

Розрахуємо вартість перевезень для експериментів, що проводилися в умовах використання залізничного транспорту для повернення порожніх піддонів.

6-й експеримент. При 80% здійсненні перевезень автомобільним транспортом та 20% залізничним.

Вартість автомобільних перевезень:

$$B_{авт}^{вант} = 3700 \cdot 19488 = 72105600 \text{ грн.}$$

Вартість залізничних перевезень (з урахуванням повернення порожніх піддонів):

$$B_{зал}^{вант} = (5637,36 \cdot 2400 + 1551,56 \cdot 2400) + (5346,32 \cdot 240 + 1551,56 \cdot 240) = 18908899 \text{ грн.}$$

7-й експеримент. При 60% здійсненні перевезень автомобільним транспортом та 40% залізничним.

Вартість автомобільних перевезень:

$$B_{авт}^{вант} = 3700 \cdot 15024 = 55588800 \text{ грн.}$$

Вартість залізничних перевезень (з урахуванням повернення порожніх піддонів):

$$B_{зал}^{вант} = (5637,36 \cdot 5040 + 1551,56 \cdot 5040) + (5346,32 \cdot 240 + 1551,56 \cdot 504) = 39708688 \text{ грн.}$$

8-й експеримент. При 40% здійсненні перевезень автомобільним транспортом та 60% залізничним.

Вартість автомобільних перевезень:

$$B_{авт}^{вант} = 3700 \cdot 9648 = 35697600 \text{ грн.}$$

Вартість залізничних перевезень (з урахуванням повернення порожніх піддонів):

$$B_{зал}^{вант} = (5637,36 \cdot 7440 + 1551,56 \cdot 7440) + (5346,32 \cdot 240 + 1551,56 \cdot 744) = 58617588 \text{ грн.}$$

9-й експеримент. При 20% здійсненні перевезень автомобільним транспортом та 80% залізничним.

Вартість автомобільних перевезень:

$$B_{авт}^{вант} = 3700 \cdot 4692 = 17360400 \text{ грн.}$$

Вартість залізничних перевезень (з урахуванням повернення порожніх піддонів):

$$B_{зал}^{вант} = (5637,36 \cdot 9360 + 1551,56 \cdot 9360) + (5346,32 \cdot 240 + 1551,56 \cdot 936) = 73744707 \text{ грн.}$$

10-й експеримент. При 100% здійсненні перевезень залізничним транспортом.

Вартість залізничних перевезень:

$$B_{зал}^{вант} = (5637,36 \cdot 12240 + 1551,56 \cdot 12240) + (5346,32 \cdot 240 + 1551,56 \cdot 1224) = 96435386 \text{ грн.}$$

Графічне представлення зміни витрат на перевезення в залежності від співвідношення використання автомобільного та залізничного транспорту наведено на рисунку в умовах повернення піддонів залізницею наведено на рисунку 3.2.

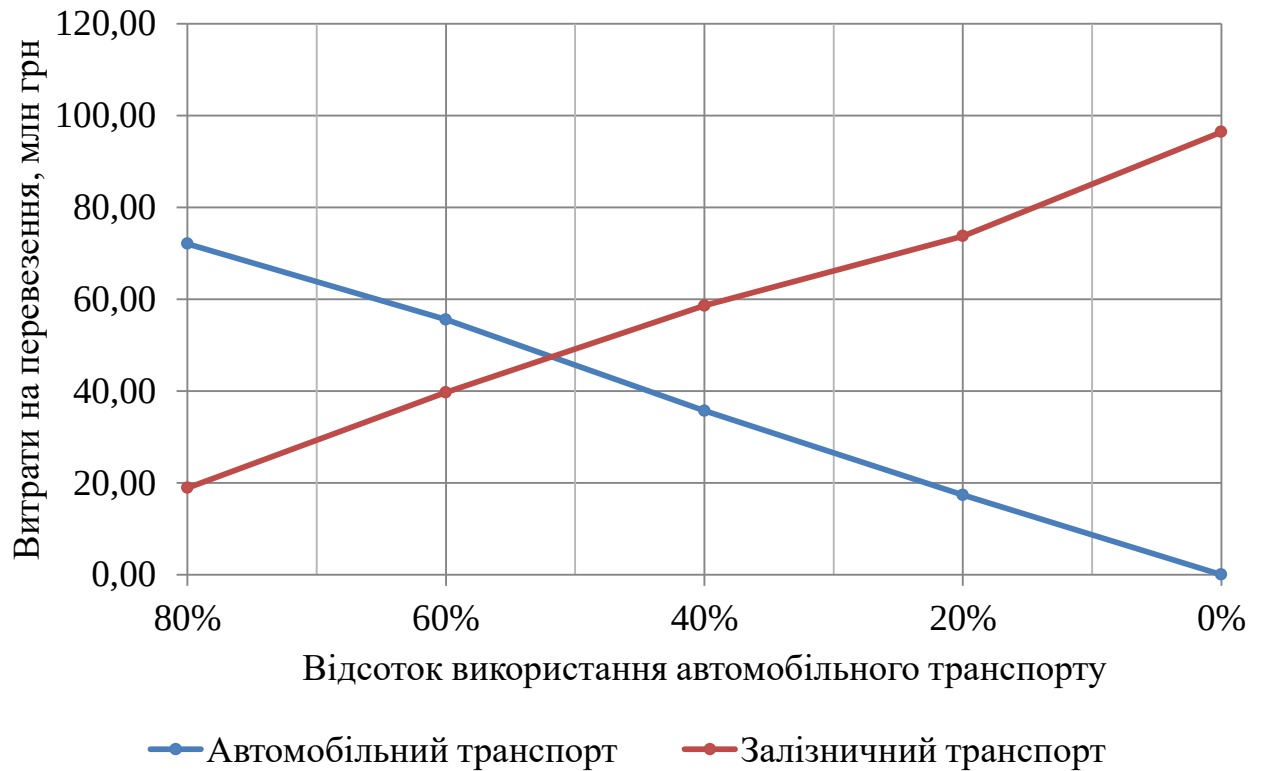


Рисунок 3.2 – Графік відношення витрат на доставку продукції при поверненні порожніх піддонів залізничним транспортом

Таким чином, було визначено витрати на перевезення різними видами транспорту за кожним з експериментів, враховуючі витрати на повернення порожніх піддонів. Для визначення оптимального варіанту доставки потрібно проаналізувати вплив екологічної складової на загальні витрати.

3.3 Визначення загальної вартості перевезень з урахуванням екологічної складової

Екологічні витрати визначаємо як:

$$B_{CO_2} = Q_{CO_2} \cdot C_{квот} \quad (3.7)$$

де Q_{CO_2} - обсяг викидів CO_2 на рік, т;

$C_{квот}$ - вартість квоти за 1 тону CO_2 , грн. Приймаємо $C_{квот} = 3600$ грн.

Виконаємо розрахунки за формулою (3.7) для всіх експериментів, результати розрахунків зводимо до таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Розрахунок екологічних витрат

№ експерименту	обсяг викидів CO_2 , т	Екологічні витрати, грн
1	1700,832	6122995
2	1293,096	4655146
3	1120,860	4035096
4	799,128	2876861
5	552,576	1989274
6	1227,456	4418842
7	1062,900	3826440
8	775,200	2790720
9	502,308	1808309
10	269,736	971050

За формулою (3.1) визначаємо загальні витрати за кожним варіантом.

1-й експеримент:

$$B_{заг} = 99100800 + 6122995 = 105223795 \text{ грн.}$$

(з них 99100800 грн – транспортна складова).

2-й експеримент:

$$B_{заг} = 72086400 + 17253408 + 4655146 = 93994954 \text{ грн.}$$

(з них 89339808 грн – транспортна складова).

3-й експеримент:

$$B_{\text{заг}} = 58503600 + 37957498 + 4035096 = 100496194 \text{ грн.}$$

(з них 96461098 грн – транспортна складова).

4-й експеримент:

$$B_{\text{заг}} = 36872400 + 53485565 + 2876861 = 93234826 \text{ грн.}$$

(з них 90357965 грн – транспортна складова).

5-й експеримент:

$$B_{\text{заг}} = 19315200 + 70738973 + 1989274 = 92043447 \text{ грн.}$$

(з них 90054173 грн – транспортна складова).

6-й експеримент:

$$B_{\text{заг}} = 72105600 + 18908899 + 4418842 = 95433341 \text{ грн.}$$

(з них 91014499 грн – транспортна складова).

7-й експеримент:

$$B_{\text{заг}} = 55588800 + 39708688 + 3826440 = 99123928 \text{ грн.}$$

(з них 95297488 грн – транспортна складова).

8-й експеримент:

$$B_{\text{заг}} = 35697600 + 58617588 + 2790720 = 97105908 \text{ грн.}$$

(з них 94315182 грн – транспортна складова).

9-й експеримент:

$$B_{\text{заг}} = 17360400 + 73744707 + 1808309 = 92913416 \text{ грн.}$$

(з них 91105107 грн – транспортна складова).

10-й експеримент:

$$B_{\text{заг}} = 96435386 + 971050 = 97406436 \text{ грн.}$$

(з них 96435386 грн – транспортна складова).

Результати розрахунків зводимо у порівняльну таблицю 3.3.

Таблиця 3.3 - Розрахунок витрат на доставку продукції

№ з/п	Відсоток авт. перевезень, %	Витрати на авт. перевезення, грн	Витрати на зал. перевезення, грн	Загальні витрати на перевезення, грн	Вартість викидів CO ₂ , грн	УСЬОГО, грн
Повернення порожніх піддонів автомобільним транспортом						
1	100	99100800	0	99100800	6122995	105223795
2	80	72086400	17253408	89339808	4655146	93994954
3	60	58503600	37957498	96461098	4035096	100496194
4	40	36872400	53485565	90357965	2876861	93234826
5	20	19315200	70738973	90054173	1989274	92043447
Повернення порожніх піддонів залізничним транспортом						
6	80	72105600	18908899	91014499	4418842	95433341
7	60	55588800	39708688	95297488	3826440	99123928
8	40	35697600	58617588	94315188	2790720	97105908
9	20	17360400	73744707	91105107	1808309	92913416
10	0	0	96435386	96435386	971050	97406436

Якщо розглядати отримані результати без врахування екологічної складової, то за транспортними витратами найдешевшим варіантом було б відправляти 80% продукції автомобільним транспортом і 20% продукції – залізничним за умови повернення порожніх піддонів автомобільним транспортом (рис. 3.3).

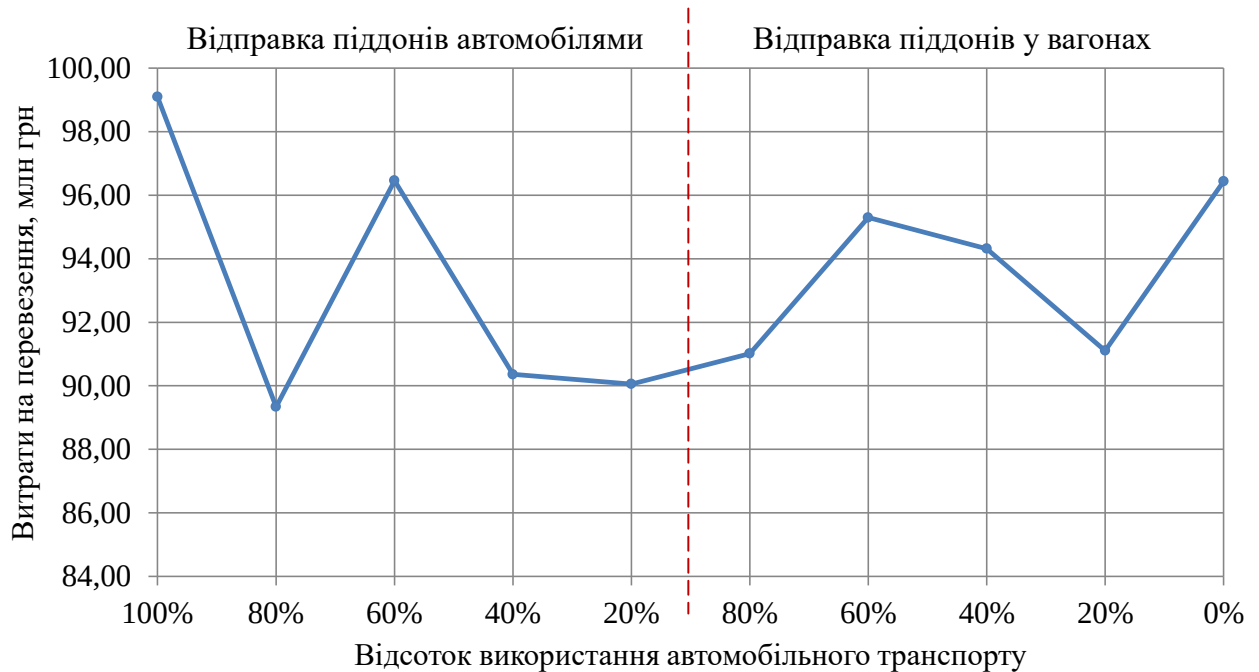


Рисунок 3.3 – Графік динаміки величини витрат на транспортування в залежності від обсягу використання автомобільного транспорту

Але при використанні автомобілів викиди CO_2 значно більші, що вагомо впливає на остаточний результат. Отже можемо зробити висновок, що найбільш економічним варіантами за показником загальних витрат є здійснення перевезень у співвідношенні: 80% залізничним транспортом та 20% - автомобільним транспортом.

За такого розподілу перевезень обсяги викидів складуть 552,58 т/рік при поверненні порожніх піддонів автомобільним транспортом та 502,31 т/рік – залізничним, що значно менше у порівнянні з варіантами перевезення всього обсягу вантажу виключно автомобілями (викиди становили 1700,83 т/рік).

Також при розгляді отриманого варіанту за критерієм мінімальних транспортних витрат (рис.3.3) викиди склали б 1293,1 т/рік.

На рисунку 3.4 відображені загальні витрати на доставку продукції з урахуванням екологічних витрат.

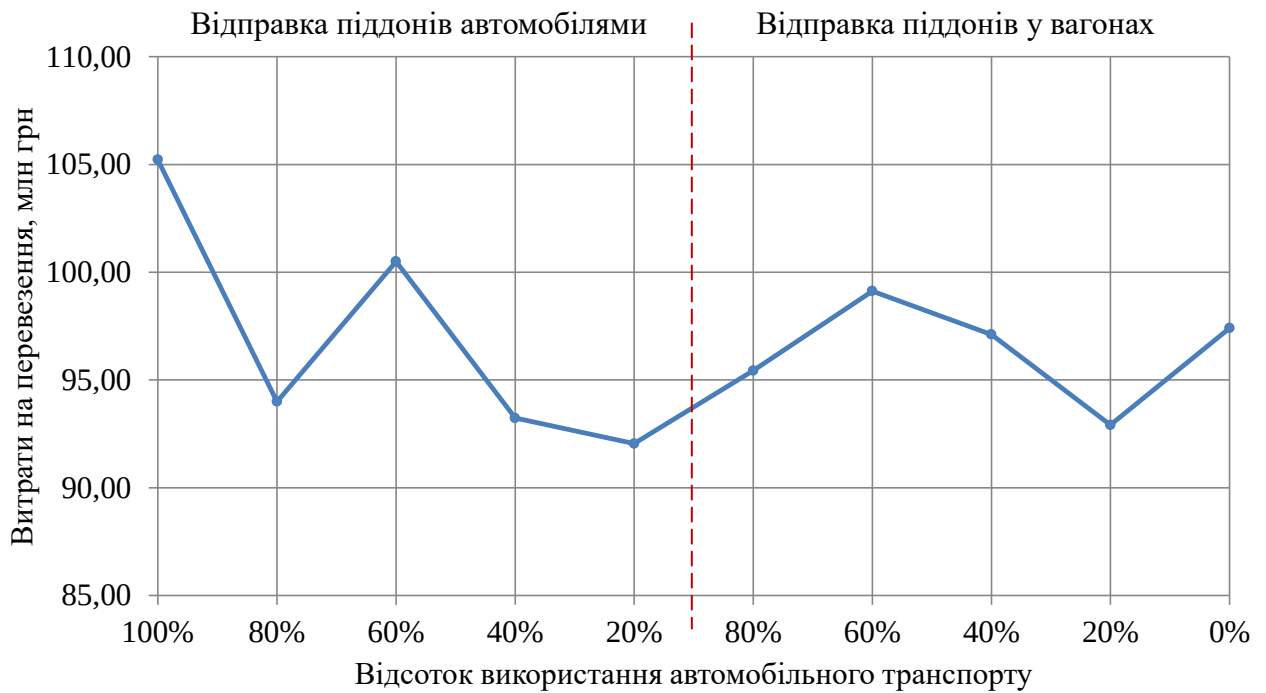


Рисунок 3.4 – Графік динаміки величини витрат з урахуванням екологічної складової в залежності від обсягу використання автомобільного транспорту

Собівартість перевезення при пропонованому варіанті організації перевезень складе:

- при перевезенні піддонів автомобільним транспортом:

$$C_{1m}^1 = \frac{92043447}{889000} = 103,54 \text{ грн.}$$

- при перевезенні піддонів залізничним транспортом:

$$C_{1m}^2 = \frac{92913416}{889000} = 104,51 \text{ грн.}$$

Різниця в собівартості доставки продукції відносно невелика, тому обидва варіанти транспортування піддонів будуть доречними.

Економічний ефект при перевезенні 80% металопродукції залізничним транспортом складатиме:

- за умови повернення порожніх піддонів автомобільним транспортом:

$$E_1 = 105,22 - 92,04 = 13,18 \text{ млн грн.}$$

- за умови повернення порожніх піддонів залізничним транспортом:

$$E_2 = 105,22 - 92,91 = 12,31 \text{ млн грн.}$$

Отже залучення залізничного транспорту, при доставці металопродукції з підприємства ПАТ «Запоріжсталь» до Запорізького річкового порту дозволить не тільки дозволить скоротити витрати близько на 13 млн грн, а й значно зменшить обсяг викидів CO₂ у навколишнє середовище.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У цьому розділі дипломного проекту було зібрано статистичний матеріал та проведено аналіз потенційних небезпек, які можуть впливати на дослідника та робітників. Отримані результати включено до Додатку В. Розроблені заходи з метою усунення цих небезпек. Детально розглянуті небезпеки, що пов'язані із транспортуванням вантажів як автомобільним, так і залізничним транспортом, інформацію про які внесено до Додатку Г.

У Додатку Д представлені результати досліджень та розрахунків, спрямованих на виявлення небезпечних факторів у виробничому середовищі. Значення цих факторів були виміряні в лабораторії дослідника.

В підрозділі з Охорони праці розглянуті аспекти цивільного захисту.

4.1 Заходи з цивільного захисту

Під час пожежі на рухомому складі залізничного транспорту, на товарних і сортувальних станціях можливе:

- присутність значної кількості рухомого складу з пасажирами та різними вантажами;
- швидке поширення вогню всередині вантажних та пасажирських вагонів, а також розповсюдження пожежі на сусідні поїзди, будівлі і споруди;
- розлив горючих, токсичних і отруйних рідин з цистерн та утворення зон забруднення газами на прилеглій території;
- загроза для людей, які знаходяться у вагонах поїзда, що горить та прилеглих поїздах, що може спричинити паніку;

- велика кількість залізничних колій та неперервний рух потягів, що ускладнює прибуття пожежно-рятувальних автомобілів та прокладання рукавних ліній до місця пожежі;

- утруднене визначення виду горючих речовин та матеріалів;

- відсутність доступних шляхів для пожежної техніки, велика відстань до місця пожежі від джерел водопостачання та населених пунктів, тривалий час руху до місця виклику;

- присутність контактних мереж, що перебувають під високою напругою.

Під час направлення на місце пожежі керівник гасіння пожежі (далі – КГП) повинен уточнити через ПЗЧ (ОДС ОКЦ) у диспетчера залізниці наступну інформацію:

- місцезнаходження горіння рухомого складу, наявність доріг і під'їздів до нього;

- чи відправлено маневровий локомотив і бригаду фахівців для відключення залишкової напруги;

- час відправлення пожежних і ремонтно-відновлювальних потягів залізниці до місця події;

- якщо можливо, визначити характер палаючих речовин (вибухові, отруйні, радіоактивні тощо).

При виникненні загорянь у рухомому складі на перегонах (на маршруті), необхідно звертатися до відповідних служб залізниці для відправлення на місце події маневрових локомотивів, пожежних та ремонтно-відновлювальних потягів, платформ для завантаження пожежно-рятувальних автомобілів, доставки автомобілів і цистерн з водою, відключення електромережі та розряджання залишкової напруги з контактних проводів.

ВИСНОВКИ

Магістерська робота присвячена питанню удосконалення організації доставки металопрокату з комбінату ПАТ «Запоріжсталь» до Запорізького річкового порту за рахунок аналізу економічних та екологічних показників при здійсненні перевезень різними видами транспорту.

В першому розділі проаналізовано автомобільні та залізничні шляхи від підприємства до порту, розглянуто можливі маршрути руху транспорту. Також досліджено транспортно-виробничу систему виробника продукції. В результаті аналізу відмічено актуальність використання Запорізького річкового порту у відправках металопродукції на експорт. В передвоєнний період для доставки металопрокату в порт залучався в основному автомобільний транспорт. Але в умовах світових тенденцій, що спрямовані на екологізацію виробництва, є доцільним залучення більш екологічних видів транспорту та зменшення витрат пального, а відповідно і викидів CO₂.

В основній частині магістерської роботи була розроблена імітаційна модель, що відтворює транспортно-складські процеси доставки металопродукції. Вона розрахована на використання як автомобільного так і залізничного транспорту. Окрім того в моделі відтворено процес повернення багатооборотних піддонів з порту на підприємство. Також в моделі реалізовано інструмент розрахунку обсягів викидів CO₂, що враховує норми викидів для різних транспортних засобів.

Керованим параметром в моделі виступає ймовірність використання того чи іншого виду транспорту. Таким чином, було проведено ряд експериментів в умовах варіювання частки відправлень металопродукції з комбінату до порту автомобільним транспортом та використання різного рухомого складу при поверненні піддонів. При перевезеннях лише

автомобілями обсяг викидів складає 1700,83 т/рік, в той час як при доставці залізницею – 269,74 т/рік.

В третьому розділі з метою визначення оптимального режиму перевезень розраховано витрати за кожним з модельованих варіантів перевезення продукції. При врахуванні екологічних показників оптимальними варіантом є здійснення перевезень у співвідношенні: 80% залізничним транспортом та 20% - автомобільним транспортом. Обсяги викидів в такому разі складуть 552,58 т/рік при поверненні порожніх піддонів автомобільним транспортом та 502,31 т/рік – залізничним. Економічний ефект при перевезенні 80% металопродукції залізничним транспортом складе 13,8 млн грн на рік за умови повернення піддонів автомобілями та 12,3 млн. грн – при поверненні піддонів залізницею.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Офіційний сайт ПАТ «Запоріжсталь»: «Про підприємство». URL : <https://zaporizhstal.com/> (дата звернення: 14.10.2023).
2. GMK CENTER : «Запоріжсталь». URL : <https://gmk.center/ua/manufacturer/zaporizhstal/> (дата звернення: 15.10.2023).
3. Єдиний технологічний процес роботи станції примикання Запоріжжя-Ліве та під'їзної колії ПАТ «Запоріжсталь». – Запоріжжя : ПАТ «Запоріжсталь», 2017. – 180 с.
4. Від Горішніх Плавнів і далі. Стан річкового транспорту в Україні. інфографіка. URL : https://texty.org.ua/articles/68935/Vid_Gorishnih_Plavniv_i_dali_Stan_richkovogo-68935/ (дата звернення 15.10.2023).
5. ГМК вантажі. URL : <https://urf.ua/vantagi-gmk#cases> (дата звернення 16.10.2023).
6. Угода про вільну торгівлю з Туреччиною – шанс для річкових портів України – думка. URL : <https://latifundist.com/novosti/58241-ugoda-pro-vilnu-torgivlyu-z-turechchinoyu--shans-dlya-richkovih-portiv-ukrayini--dumka> (дата звернення 15.10.2023).
7. Огляд морської галузі України. ДП «Укрпромзовніш експертиза». URL : <https://maritimeukraine.com/wp-content/uploads/2021/02/%D0%9E%D0%B3%D0%BB%D1%8F%D0%B4-%D0%BC%D0%BE%D1%80%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%BE%D1%97-%D0%B3%D0%B0%D0%BB%D1%83%D0%B7%D1%96-%D0%A3%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%97%D0%BD%D0%B8.-2021%D1%80.x96842.pdf> (дата звернення 16.10.2023).
8. 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.

9. 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.

10. Економіка залізничного транспорту: Навч. посібник / Л.О. Позднякова, О.Г. Дейнека, М.Д. Жердев та ін.; за заг. ред. Л.О. Позднякової, О.Г. Дейнеки. – Харків: УкрДАЗТ, 2010. – 243 с.

11. Збірник тарифів на перевезення вантажів у межах України та пов'язані з ними послуги. Офіційний сайт Укрзалізниці URL: https://www.uz.gov.ua/cargo_transportation/tariff_conditions/transportation_in_ukraine/collection_rates/ (дата звернення 01.12.2023).

12. Ставки плати за використання власних вагонів перевізника АТ "Укрзаліниця". URL : https://www.uz.gov.ua/cargo_transportation/tariff_conditions/stavky/stavky23/ (дата звернення 01.12.2023).

13. 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.

14. 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).

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

ДОДАТОК А

ОБСЯГИ ВІДПРАВЛЕНЬ МЕТАЛОПРОКАТУ АВТОМОБІЛЬНИМ

ТРАНСПОРТОМ

Таблиця А.1 – Середньомісячні обсяги відправлень металопрокату до річкового порту

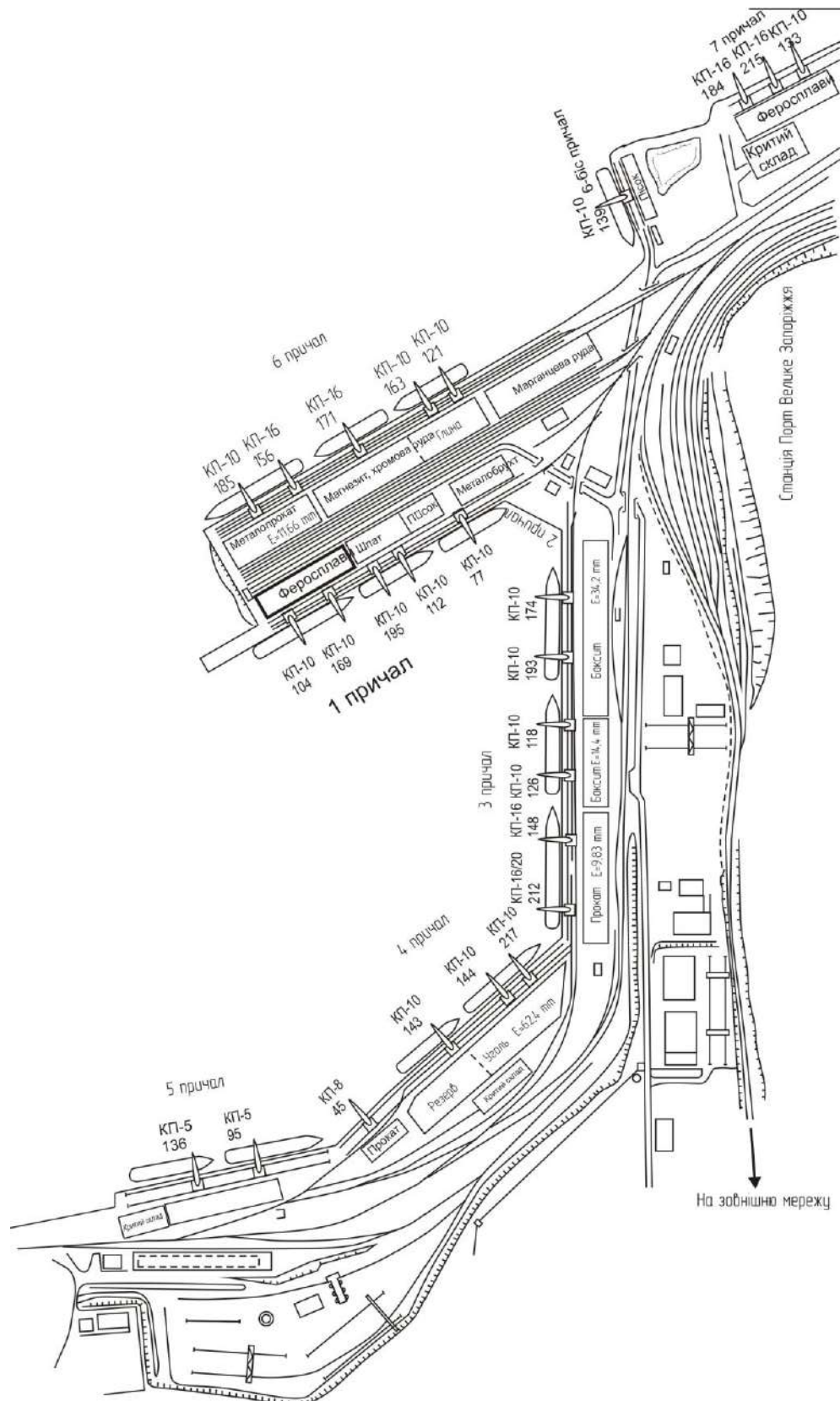
День	Кількість автомобілів	Маса нетто, т	Маса брутто, т	Середня маса вантажу в АТЗ, т
1	2	3	4	5
1	3	91,11	91,25	30,42
2	42	1072,87	1074,59	25,59
3	51	1323,19	1325,85	26,00
4	20	659,52	660,66	33,03
5	42	1075,58	1077,54	25,66
6	44	1184,01	1185,87	26,95
7	69	1799,10	1801,80	26,11
8	60	1495,10	1497,54	24,96
9	41	1038,47	1040,13	25,37
10	40	1284,00	1285,96	32,15
11	47	1605,75	1608,27	34,22
12	44	1474,16	1476,44	33,56
13	49	1331,01	1333,11	27,21
14	48	1271,16	1273,18	26,52
15	59	1575,70	1578,16	26,75
16	57	1511,17	1513,53	26,55
17	43	1144,72	1146,66	26,67
18	36	896,90	898,54	24,96
19	48	1150,87	1152,85	24,02
20	39	1059,93	1061,49	27,22

Кінець таблиці А.1

1	2	3	4	5
21	72	1826,84	1829,78	25,41
22	88	2298,16	2301,70	26,16
23	65	2006,06	2009,28	30,91
24	51	1355,24	1357,36	26,61
25	62	1968,15	1971,35	31,80
26	54	1675,35	1678,05	31,08
27	62	1925,72	1928,74	31,11
28	55	1674,09	1676,91	30,49
29	48	1501,55	1504,35	31,34
30	21	662,30	663,44	31,59
31	135	3889,45	3895,97	28,86

ДОДАТОК Б

СХЕМА ПРИЧАЛІВ ЗАПОРІЗЬКОГО РІЧКОВОГО ПОРТУ



ДОДАТОК В

АНАЛІЗ ПОТЕНЦІЙНИХ НЕБЕЗПЕК

В результаті аналізу потенційних небезпек які можуть впливати на дослідника та робітників, були виділені такі:

- при завантаженні вагонів металопрокатом можливо падіння вантажу з-за несправності стропів, траверс, гаків кранів, що призводить до травмування робітників;

- при навантажувальних роботах можливо падіння вантажу з-за не надійності кріплення останнього стропальниками, не виконання стропальниками встановленої системи сигналізації;

- переміщення вантажу понад норми від номіналу ваги;

- перенесення вантажу над людьми;

- при роботах в темну пору при вантажних роботах при недостатньому освітленні, можливо не дотримування технології складування вантажу, що призведе до травмування робітників;

- при не відповідних діях при зчепленні вагонів, не застосуванні башмаків можливе відділення вагонів від головного поїзду, що призведе до аварій;

- ураження електричним струмом козових та стрілових кранів при роботі їх біля мережі і повітряних ліній, що перебувають під напругою що призводить до загибелі людей;

- під час навантажувальних робіт в холодну пору року можливе переохолодження робітників, що призводить до захворювання;

- травмування водія під час навантаження металевої продукції, що може обрушитися на кабіну;

- при перевезенні продукції до споживачів можливо відбутися ДТП, що призведе до падіння вантажу з кузова і - до травмування людей;

- при подачі автомобіля до навантаження заднім ходом можливі наїзди на робітників, що призведе до травмування;
- при обробці статистичних даних в приміщені, де є комп'ютер, можливо виникнення шкідливих факторів санітарно-гігієнічного характеру такі як незадовільне освітлення, порушення норм мікроклімату, підвищений шум та інше, що може визивати важкість та напруженість праці у оператора ПК.

ДОДАТОК Г

ЗАХОДИ ПО ЗАБЕЗПЕЧЕННЮ БЕЗПЕКИ

Для запобігання травмування водія при вантажних роботах, необхідно щоб водій покинув кабіну й відійшов від неї на безпечну відстань. Водій повинен знаходитися поза зоною дії вантажного механізму НПАОП 0.00-1.75-15 «Правила охорони праці під час вантажно-розвантажувальних робіт».

Стропальники, які виконують роботу з застосуванням крану, під час вантажно-розвантажних робіт мають знати та виконувати встановлену систему звукової та знакової сигналізації.

На місці виконання вантажно-розвантажувальних робіт мають бути схеми стропування та перелік вантажів з вказівкою їх маси.

У випадку можливого падіння вантажу з крану, горизонтальне переміщення вантажу виконується на висоті не менше 0,5 м від усіх предметів, що зустрічаються на шляху переміщення. Не дозволяється переміщувати вантаж над людьми.

Для запобігання ДТП необхідно перед виїздом транспортного засобу провести технічний огляд, водій повинен пройти медичний огляд та з ним повинні провести інструктаж з правил дорожнього руху та небезпек які можуть виникнути під час перевезень на даному маршруті відповідно НПАОП «Правила охорони праці на автомобільному транспорті».

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 запобігання травмування на накопичувальному майданчику, необхідно строго додержуватися правил технологічної карти розміщення вантажу на накопичувальному майданчику. НПАОП 0.00-1.75-15 «Правила

охорони праці під час вантажно-розвантажувальних робіт».

Задній хід автомобіля у зоні робіт повинен виконуватися водієм тільки за сигналом одного з працівників, зайнятих на цих роботах та з обов'язковою подачею сигналу. «Правила охорони праці під час навантажувальних-розвантажувальних робіт» Наказ № 21 від 19.01.2015.

ДОДАТОК Д

ЗАХОДИ З ВИРОБНИЧОЇ САНІТАРІЇ ТА ГІГІЄНИ ПРАЦІ

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

Для забезпечення нормативного рівня освітленості на майданчику навантаження передбачено обладнання освітленості в розмірі 30 лк відповідно ДБН В.2-5-28-2018 «Природне та штучне освітлення». Робоче освітлення розміщено на щоглах поза зоною майданчика. Для освітлення застосовуються прожектори типу ПЗС-35 з газорозрядними лампами ДРЛ-700.

При обробці статистичних даних в приміщені, де є комп'ютер, можливо виникнення шкідливих факторів санітарно-гігієнічного характеру такі як незадовільне освітлення, порушення норм мікроклімату, підвищений шум та інше, що може визивати важкість та напруженість праці у оператора ПК які були заміряні та внесені до таблиці Результати оцінювання.

З додатків [13], 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 таблиці В1 «Результати оцінювання за бальною шкалою».

Для окремих факторів і показників за методикою визначеною «Гігієнічною класифікацією праці» [14], визначаємо розрахункові коефіцієнти $X_{визн}$ та вносять їх значення до таблиці Д.1 «Результати оцінювання за бальною шкалою».

Таблиця Д.1 - Результати оцінювання за бальною шкалою

Фактор (показник)	Виміряні показники $P_{вим}$	Час дії год.	ГДК, ГДР, показники, $P_{доп}$	$X_{визн}$, бали	Клас умов праці	X_i , бали
1	2	3	4	5	6	7
Мікроклімат за ТНС-індексом, t, °C	27,25	7	22,9-25,8	3	3.3	3
Освітленість приміщення E, лк	350	17	400	—	3.1	1
Розряд і підрозряд зорових робіт, Z_{op}	A-2	—	—	—	—	—
Рівень шуму L, дБА	111	4	65	—	3.4	2
Загальні енергозатрати організму, Вт	210	7	290	0,63	3.2	2
Стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук)	60500	7	40000	1,32		
Тривалість зосередження уваги (в % від часу зміни)	75	7	75	0,88		
Тривалість робочого дня, год.	7		8	0,11		

Для гігієнічної оцінки мікроклімату використовуємо ТНС-індекс, додаток Б [13]. Розрахунковий коефіцієнт $X_{визн}$ при оцінка мікроклімату визначаємо в балах, за формулою (Д.1):

$$X_{\text{визн}} = \frac{1 \cdot t_1 + 2 \cdot t_2 + 3 \cdot t_3 + 4 \cdot t_4}{T} \quad (\text{Д.1})$$

$$X_{\text{визн}} = \frac{3 \cdot 7}{7} = 3.$$

Для показників важкості та напруженості праці розрахункові коефіцієнти визначаються за основними та допоміжними показниками, що є характерними для конкретного робочого місця, за формулою (Д.2):

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

$$X_{\text{визн}} = \frac{P_{\text{вим}} \cdot T \cdot K_{\text{знач}}}{8 \cdot P_{\text{дон}}} \quad (\text{Д.2})$$

$$X_{\text{визн}} = \frac{210 \cdot 7 \cdot 1,0}{8 \cdot 290} = 0,63.$$

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

$$X_{\text{визн}} = \frac{60500 \cdot 7 \cdot 1,0}{8 \cdot 40000} = 1,32.$$

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

$$X_{\text{визн}} = \frac{81 \cdot 7 \cdot 1}{8 \cdot 75} = 0,95.$$

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

$$X_{\text{визн}} = \frac{7 \cdot 7 \cdot 0,15}{8 \cdot 8} = 0,11.$$

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 $X_{\text{визн}} = 3$, з таблиці 7.2 [13] – 3 клас, 3 ступінь (3.3);

- при оцінці освітленості робочої зони приміщення, клас та ступінь шкідливості умов праці визначаємо у відповідності до $\Pi_{\text{вим}} = 350 \text{ лк}$, за додатками Г та табл. Г.1 [13] – 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 $\Pi_{\text{вим}} = 111 \text{ дБА}$, за додатками Д та табл. Д.1 [13] – 3 клас, 4 ступінь (3.4);

- клас і ступінь важкості та напруженості праці визначаємо як суму розрахованих балів усіх показників $X_{\text{визн}}$ за формулою (Д.3) [13]:

$$X_{\text{сум}} = \sum_{i=1}^n X_i \quad (\text{Д.3})$$

$$X_{\text{сум}} = 0,63 + 1,32 + 0,88 + 0,11 = 2,95.$$

З таблиці 7.3 [13] за значенням суми розрахованих балів показників $X_{\text{сум}} = 2,95$ – 3 клас, 2 ступінь (3.2).

В результаті досліджень, відповідно до розрахунків, встановлено, що умови праці на робочому місці дослідника лабораторії обладнаної ПК належать до 3 класу, 2 ступеню.

Оскільки при гігієнічній оцінці виявлена наявність шкідливих та особливо шкідливих, важких та особливо важких умов праці, проводимо

дослідження фактичного стану умов праці, з метою визначення розмірів доплат за ступені шкідливості факторів виробничого середовища та показників важкості та напруженості праці за бальною шкалою, та вносимо їх значення до стовпчика 7, таблиці «Результати оцінювання за бальною шкалою»:

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

- при оцінці впливу освітленості, виходимо з того що вона відповідає 3 класу, 1 ступеню умов праці та діє протягом 7 годин, тому коректування не потрібно – $X_{cm} = X_i = 1$;

- для оцінки впливу шуму, виходимо з того, що його рівень відповідає 3 класу, 4 ступеню умов праці та діє протягом 4 годин, тому значення X_i визначаємо за формулою (Д.4) [13]:

$$X_i = X_{cm} \cdot \frac{T}{8} \quad (\text{Д.4})$$

$$X_i = 1 \cdot \frac{4 \cdot 4}{8} = 2.$$

- для оцінки впливу важкості та напруженості праці, виходимо з того що вони відповідають 3 класу, 2 ступеню умов праці, а час їх дії уже врахований, тому – $X_{cm} = X_i = 2$.

Для визначення конкретного розміру доплати, умови праці оцінюємо по сумі значень X_i , за формулою (Д.5) [13]:

$$X_{\text{факт}} = \sum_{i=1}^n X_i \quad (\text{Д.5})$$

$$X_{\text{факт}} = 3 + 1 + 2 + 2 = 8.$$

Розмір доплати за умовами праці визначаємо в залежності від їх фактичного стану – $X_{\text{факт}} = 8$, 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 [13]. Розмір доплати до тарифної ставки (окладу) – 16 %.

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 1а б 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 А-2, нормована загальна освітленість якого, на робочих столах – $E = 400 \text{ лк}$;

- рівень шуму в робочій зоні дослідника – 65 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 [15], наприклад:

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

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

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

- для зменшення загальних енергозатрат організму, необхідно скоротити тривалість робочого дня до 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 [13], у розмірі 16%.