

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Транспортний
(повне найменування факультету)

«Транспортні технології»
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

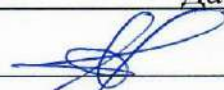
магістра
(ступінь вищої освіти)

на тему ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ПРОДУКЦІЇ ПРАТ
«ЗАПОРІЖКОКС» НА ЕКСПОРТ В УМОВАХ ВІДНОВЛЕННЯ ГРЕБЛІ
КАХОВСЬКОЇ ГЕС

Виконала: студентка II курсу, групи T-812м

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

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

	Дар'я ГОНЧАРЕНКО (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)

ГОНЧАРЕНКО Дар'ї Сергіївни

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Підвищення ефективності перевезень продукції
ПрАТ «Запоріжжкокс» на експорт в умовах відновлення греблі Каховської ГЕС

керівник проекту (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 проекту (роботи) 15 грудня 2023 р.

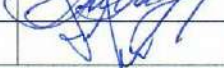
3. Вихідні дані до проекту (роботи) існуючі обсяги виробництва коксу,
існуюча технологія виконання транспортних та вантажних робіт, існуючий
рухомий склад

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналітична частина, 1.1 Аналіз транспортно-виробничих процесів на ПрАТ «Запоріжжкокс», 1.2 Вибір варіантів технології доставки продукції «Запоріжжкокс» на експорт для подальшого дослідження, 1.3 Характеристика залізничної під'їзної колії, 1.4 Постановка задач дослідження, 2. Основна частина, 2.1 Визначення можливих транспортно-технологічних схем організації доставки готової продукції ПрАТ «Запоріжжкокс», 2.2 Розробка імітаційної моделі доставки продукції ПрАТ «Запоріжжкокс», 2.3 Експерименти та обробка результатів роботи 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 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)


(підпис)

Дар'я ГОНЧАРЕНКО
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Керівник проєкту (роботи)


(підпис)

Сергій ТУРПАК
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

ПЗ : 93 с., 52 рис., 13 табл., 27 джерел.

КОКСОХІМІЧНЕ ВИРОБНИЦТВО, НАВАНТАЖЕННЯ, ПОРТ, МАГІСТРАЛЬНИЙ ЗАЛІЗНИЧНИЙ ТРАНСПОРТ

Об'єкт дослідження – транспортна система доставки продукції коксохімічного підприємства на експорт в умовах відновлення греблі Каховської ГЕС.

Мета роботи – аналіз та вибір найбільш економічного та екологічного варіанту доставки продукції коксохімічного підприємства на експорт.

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

В роботі виконано аналіз ефективності різних варіантів доставки продукції запорізького коксохімічного підприємства в умовах його післявоєнного відновлення. На прикладі постачань Туреччини розроблена імітаційна модель, за допомогою якої визначені технічні показники використання транспортних засобів за двома варіантами доставки із використанням залізничного та водного виду транспорту, визначена доцільність максимальної тривалості накопичення маршрутних залізничних составів на коліях підприємства, за якої забезпечується мінімальний час використання вагонів. Визначені економічні та екологічні показники за обома варіантами та встановлено найбільш ефективний з них.

ЗМІСТ

	с.
Завдання на проєкт	2
Реферат.....	4
Зміст	5
Вступ	7
1 Аналітична частина	9
1.1 Аналіз транспортно-виробничих процесів на ПрАТ «Запоріжжкокс».....	9
1.1.1 Аналіз зміни інтенсивності виробництва у довоєнний та дійсний період роботи ПрАТ «Запоріжжкокс»	9
1.1.2 Аналіз процесів виробництва	10
1.1.3 Характеристика основних видів продукції підприємства та його місце серед основних коксохімічних заводів України	12
1.1.4 Види транспорту, які використовуються при перевезенні продукції ПрАТ «Запоріжжкокс»	14
1.2 Вибір варіантів технології доставки продукції «Запоріжжкокс» на експорт для подальшого дослідження	19
1.3 Характеристика залізничної під'їзної колії	20
1.4 Постановка задач дослідження	24
2 Основна частина	25
2.1 Визначення можливих транспортно-технологічних схем організації доставки готової продукції ПрАТ «Запоріжжкокс».....	25
2.2 Розробка імітаційної моделі доставки продукції ПрАТ «Запоріжжкокс»	29
2.2.1 Розробка структури моделі	29
2.2.2 Визначення параметрів моделювання	48

2.3 Експерименти та обробка результатів роботи моделі	55
2.3.1 Дослідження показників ефективності доставки продукції через порт міста Одеса	55
2.3.2 Експерименти на моделі доставки продукції через порт міста Одеса	57
2.3.3 Експерименти на моделі доставки продукції через порт міста Запоріжжя	61
3 Економічна частина	65
3.1 Варіант 1	70
3.2 Варіант 2	73
4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	75
4.1 Аналіз потенційних небезпек	75
4.2 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях	76
4.2.1 Заходи з пожежної безпеки	76
4.2.2 Заходи з цивільного захисту	77
Висновки	78
Перелік посилань	80
ДОДАТОК А. ЗАХОДИ ПО ЗАБЕЗПЕЧЕННЮ БЕЗПЕКИ.....	84
ДОДАТОК Б. ЗАХОДИ З ВИРОБНИЧОЇ САНІТАРІЇ ТА ГІГІЄНИ ПРАЦІ.....	85
ДОДАТОК В. ОРГАНІЗАЦІЯ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ.....	92

ВСТУП

ПрАТ «Запоріжжкокс» розташоване у місті Запоріжжя та вже тривалий час знаходиться в зоні потенційного ураження ворожим військом балістичними ракетами та дронами. Не зважаючи на це вже навесні 2022 року після гарячої консервації на підприємстві відбулось завершення чергового етапу капітального ремонту коксової батареї №2.

ПрАТ «Запоріжжкокс» є одним з чисельних підприємств, що входять до складу групи Метінвест.

Постійна оновлення виробничих підрозділів, виконання програми капітальних ремонтів (наприклад, програмою ремонтування коксових батарей 5,6 у період з 2017 по 2021 рік вартістю 250 млн гривень, потужність яких становить 720 тисяч тонн коксу щорічно, проводилась без зупинки виробництва) свідчать про стабільний розвиток підприємства, наявність попиту на продукцію та, відповідно, перспективи щодо розвитку Запоріжжкоксу.

Крім того, група Метінвест є соціально відповідальною компанією, вона нещодавно долучалась до процесу розробки Зеленої стратегії України, це відбувалось з 20 по 21 вересня в ході Міжнародного форуму сталого розвитку у місті Київ та нідерландському місті Гаага. Компанія виступала у якості партнера проведення цього форуму [1].

На даному заході вдалось зібрати понад 700 представників найвідоміших експертів з питань сталого розвитку, органів влади, підприємницького сектору нашої держави та Європи, інших організацій, журналістів тощо.

Обговорювання шляхів переведення України на рейки зеленої економіки разом із урахуванням фінансового забезпечення процесів відбудовування країни у післявоєнний період, умов сталого відновлення

українських селищ дозволило отримати результат у вигляді представлення певного двадцятирічного плану - Зеленої стратегії країни, що ґрунтується на урахуванні вимог інтеграції з європейськими та євроатлантичними країнами, міжнародному партнерстві тощо.

Транспорт відіграє не останню роль у реалізації вищевказаного процесу, тож у магістерській роботі виконуються відповідні дослідження на підприємстві Запоріжжкокс.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Аналіз транспортно-виробничих процесів на ПрАТ «Запоріжжкокс»

1.1.1 Аналіз зміни інтенсивності виробництва у довосенний та дійсний період роботи ПрАТ «Запоріжжкокс»

Інтенсивність виробництва продукції ПрАТ «Запоріжжкокс» з 2012 по 2023 рік показана на рисунку 1.1 [2].

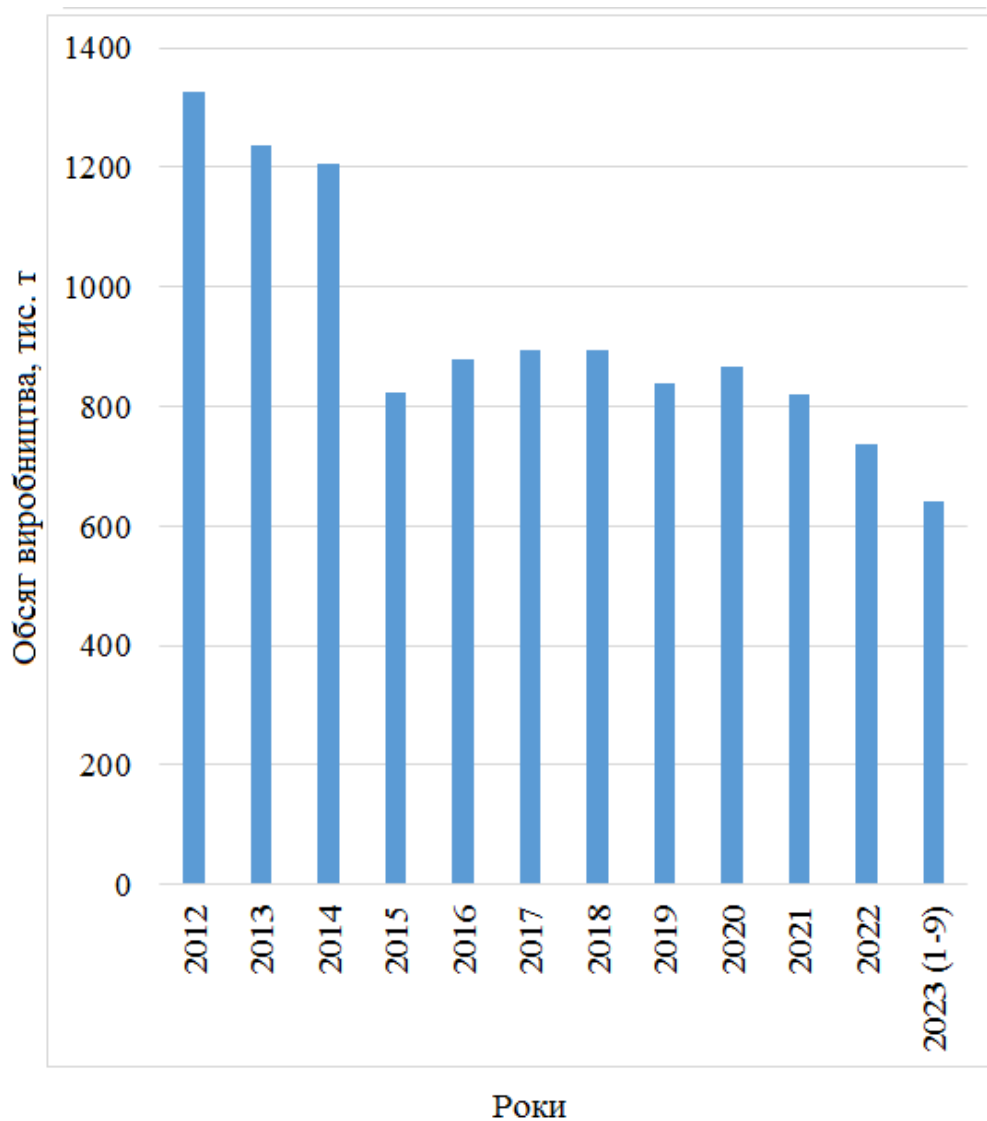


Рисунок 1.1 – Обсяги виробництва, тис. тонн на рік

За результатами роботи заводу у 2023 році, у вересні 2023 року виробництво збільшилось на 14,5%, якщо порівнювати з вереснем порівнянні 2022 року. В цілому за січень-вересень вироблено 642,5 тисяч тонн коксу, що на понад 20 відсотків перевищує аналогічні показники минулого, 2022 року.

З огляду аналізу даних, представлених на рисунку 1.1, можна зробити висновок, що підприємство працює на половину від своїх довоєнних можливостей. Це обумовлено порушенням транспортно-логістичних процесів через воєнний стан, зокрема, відсутність доступу до традиційної сировинної бази Донецької області.

1.1.2 Аналіз процесів виробництва

Для переробки вугільної шихти у кокс використовуються коксові печі, до складу яких входять наступні складові елементи:

- топка, де відбувається горіння газу;
- стінки, які розігріваються через горіння газу;
- газорозподільча система з повітряними трубопроводами, які забезпечують подавання газу і повітря до топки;
- регенераційна система, що забезпечує підігрівання повітря і газу, а також видає продукти згоряння;
- допоміжні механізми.

Коксова піч може бути з регулярною або безперервною дією. Спосіб нагріву може бути комбінованим, тобто із підігріванням коксом та доменними газами (це технологія доступна підприємству через близьке розташування металургійного підприємства ПАТ «Запоріжсталь»), або з нагріванням завдяки згорянню або коксового, або доменного газу [3].

Опалення може бути реалізоване за схемою, що включає топку з каналом або з рециркуляцією, при якій гази від однієї стінки проходять по відвідних каналах до сусідньої.

Загальний вигляд коксових батарей показаний на рисунку 1.2



Рисунок 1.2 – Загальний вигляд коксових батарей підприємства ПрАТ
«Запоріжжкокс»

1.1.3 Характеристика основних видів продукції підприємства та його місце серед основних коксохімічних заводів України

ПрАТ «Запоріжжкокс» було створене свого часу саме для виробництва доменного коксу, споживачем якого є розташоване поруч металургійне підприємство – «Запоріжсталь».

Але, за роки свого тривалого існування підприємство освоїло випуск наступних видів продукції:

- горішок коксовий, що використовується як паливо;
- коксовий дріб'язок, що використовується в процесах виготовлення агломератів руди та палива;
- сульфат амонію (азотне добриво);
- бензол – є сировиною для виготовлення синтетичного волокна, пластмаси та ін.;
- пек електродний – використовується при виготовленні анодної маси, вуглеграфітового матеріалу та ін.;
- котельне паливо для технологічного використання в енергетичних системах;
- газова сірка (виробництво гумотехнічних виробів, целюлозно-папера та текстильна галузі промисловості, сільське господарство тощо);
- пластифікатори для бетону.

Яке місце займає ПрАТ «Запоріжжкокс» серед основних коксохімічних заводів України, наочно демонструє таблиця 1.1, дані в якій були взяті за довоєнний період – 2012 рік [4].

Таблиця 1.1 – Обсяги довоєнного виробництва коксу основними коксохімічними підприємствами України

№ з/п	Підприємство	Обсяг виробництва, тисяч тонн
1	Авдіївський завод	3665
2	Алчевський завод	3101
3	Ясинівський завод	1447
4	ПрАТ «Запоріжжкокс»	1159
5	Макіївкокс	921
6	Баглійкокс (зараз - Южкокс)	614
7	Єнакієвський завод	427
8	Донецькокс	354

Коксохімічні підприємства України за результатами 2022 року через військове вторгнення були змушені скоротити виробництво коксу на 59% порівняно з попереднім роком – до 3,9 млн тонн [5].

Причини падіння виробництва:

- консервація та руйнування виробничих підрозділів підприємств;
- різке зниження потреби у доменному коксі від металургійної галузі через спад обсягів виробництва;
- ускладнення реалізації транспортно-логістичних процесів, доставки сировини;
- постійне атакування території України ракетами та дронами.

Серед працюючих підприємств залишаються «Южкокс», «Каметсталь», «Дніпрококс», «Запоріжжкокс» та завод на «АрселорМіттал Кривий Ріг».

Авдіївський КХЗ переведено в режим холодної консервації ще на початку військових дій.

Враховуючи наведені дані, можна стверджувати, що ПрАТ «Запоріжжкокс» на сьогодні є підприємством, що зберігає найбільш потужний виробничий потенціал. Тож необхідно здійснювати планування його роботи у післявоєнний період із урахуванням ситуації, що складається.

Слід зауважити, що за 5 років до початку військового вторгнення, у 2009 році, експорт коксу в Україні почав переважати над імпортом цієї продукції близько на 1 млн. тонн на рік, та ці тенденції зберігались в наступні роки [6,7].

Підприємство «Запоріжжкокс» має досвід з експорту своєї продукції у понад 20 країн світу, про що зазначається на його офіційному сайті [8].

У 2019 році дане підприємство, реалізуючи стратегію технологічної модернізації від Metinvest, завдяки інвестиціям у розмірі 152 мільйони гривень, ввело в роботу новітнє обладнання шведської компанії, яке здійснює грануляцію електродного пеку, що надає можливість виготовляти до 49 тисяч тонн цієї продукції на рік. При цьому ПрАТ «Запоріжжкокс» успішно реалізовувало дану продукцію на експорт з використанням річкового транспорту.

1.1.4 Види транспорту, які використовуються при перевезенні продукції ПрАТ «Запоріжжкокс»

ПрАТ «Запоріжжкокс» розташоване у місті Запоріжжя, неподалік від річкового порту, має під'їзні колії, що примикають до станції Запоріжжя-Ліве Придн. залізниці АТ «Укрзалізниця» та достатньо зручні автомобільні під'їзди.

До річкового порту є можливість доставки вантажу як автомобільним, так і залізничним транспортом, оскільки в порту є магістральна залізнична вантажна станція Порт Велике Запоріжжя.

Технологією виробництва передбачається, що розпечений після виготовлення кокс (рисунок 1.3), гаситься та охолоджується у коксогасильному вагоні (рисунок 1.4), потім по транспортерній стрічці надходить до ділянки коксортування [9].



Рисунок 1.3 – Кокс, завантажений з коксових батарей до коксогасильного вагону

У сортувальному відділенні кокс сортується за класами крупності і відвантажується споживачам.



Рисунок 1.4 – Коксогасильний вагон

Перевезення коксу може виконуватись навалом у трюмах спеціалізованих суден - вуглерудовозів або звичайних суховантажних суден. Навантаження здійснюється кранами, обладнаними грейферами, а на спеціалізованих причалах - стрічковими конвеєрами. Кокс має великий питомий вантажний об'єм і його перевезення допускається на палубі, огороженій спеціальними металевими сітками.

Слід відмітити, що кокс достатньо крихкий та руйнується при грейферному перевантаженні. Тож поширеним є його перевезення у біг-бегах.

На рисунку 1.5 показано традиційне навантаження доменного коксу в універсальний напіввагон.



Рисунок 1.5 - Доменний кокс в універсальному напіввагоні

Відділення грануляції електродного пеку складається [2]:

- два рівних за ємністю баки для сировини - рідкого пеку, розрахункова місткість яких становить 480 тонн разом кожен;
- обладнання електричного обігріву ємностей з рідким пеком;
- комплекс - установка грануляції «Rotoform» та стрічковий охолоджувач фірми Sandvic з ковшовим елеватором;
- автоматична система завантаження гранульованого електродного пеку у біг-беги;
- установка, яка утилізує шкідливі викиди;
- склад для зберігання гранульованого електродного пеку, обладнаний двома мостовими кранами;
- інші допоміжні об'єкти.

На рисунку 1.6 показаний процес навантаження пеку у біг-беги, на рисунку 1.7 склад біг-бегів у річковому порту Запоріжжя [2].



Рисунок 1.6 – Процес навантаження пеку у біг-беги



Рисунок 1.7 – Склад біг-бегів із гранпеком у річковому порту Запоріжжя

1.2 Вибір варіантів технології доставки продукції «Запоріжжкокс» на експорт для подальшого дослідження

З огляду на ситуацію, яка складалась на початку широкомасштабного військового вторгнення, та прогнозу початку післявоєнного відновлення у найближчі роки, можна позначити наступні підстави для вибору варіантів технології доставки продукції «Запоріжжкокс» на експорт:

- перед початком військових дій у 2014 році, в Україні та на ПрАТ «Запоріжжкокс» був потенціал для реалізації основної готової продукції на експорт без шкоди для потреб промислових підприємств країни;
- у разі початку післявоєнного відновлення в Україні у найближчі роки та відновлення традиційної близькорозташованої сировинної бази, підприємство може мати можливість відвантаження продукції на експорт, оскільки на повне відновлення вітчизняної металургійної бази (основних споживачів) потребується певний достатньо тривалий час;
- відновлення судноплавства на Дніпрі визнано одним з пріоритетних завдань після деокупації території України. Постановою КМУ від 18 липня 2023 р. № 730 планується в термін два роки з дня набрання нею чинності будівництво гідровузла, в першу чергу тимчасової греблі [10];
- останні постачання продукції ПрАТ «Запоріжжкокс» здійснювались споживачам у Туреччині.

Тож доцільно виконати аналіз доставки продукції споживачам Туреччини при використанні усіх можливих видів транспорту – автомобільного, залізничного, водного.

Такий приклад проекту може стати у нагоді у майбутньому, за фактичної ситуації в країні та при оптимістичному сценарії її розвитку.

1.3 Характеристика залізничної під'їзної колії

Під'їзна колія підприємства примикає до станції Запоріжжя-Ліве. За формою вона обтікає з півдня, заходу та півночі (де зосереджене виробництво) інше підприємство – ПАТ «Запоріжсталь» (рисунок 1.8).

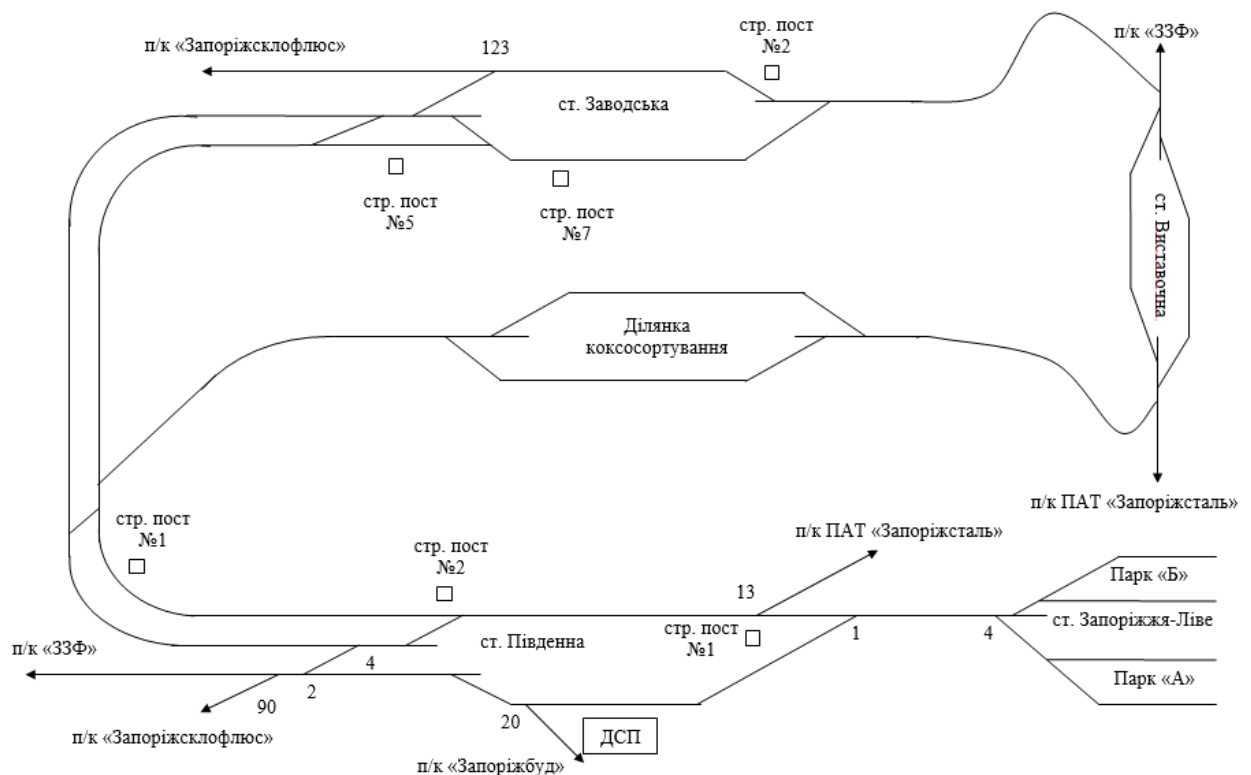


Рисунок 1.8 – Схема колійного розвитку «Запоріжжя-Ліве»

У таблиці 1.2 наведено характеристику колій ділянки коксортування.

Таблиця 1.2 – Характеристика ділянки коксортування

№	Функціональне призначення	Довжина, м	Місткість, ваг.
1	Навантаження вагонів	290	20
2		265	18
3		160	11
4	Ходова	-	-
5	Навантаження вагонів	31	2
6	Стоянка електровозу	26	1
7	Накопичення маневрового складу вагонів	221	15
8	Стоянка вагонів	176	12
9	Ходова	-	-
10	Навантаження вагонів	80	6
11		105	8
12		155	10
13	Ходова	-	-
15	Стоянка вагонів	42	3
16	Технологічна для обслуговування КБ-6	56	3
17	Технологічна для обслуговування КБ-5	30	2

Кінець таблиці 1.2

№	Функціональне призначення	Довжина, м	Місткість, ваг.
18	Навантаження вагонів	106	7
19		56	4
20	Ділянка вулканізації	56	4
21	Ходова	-	-
22	Навантажувально- вивантажувальна	61	4
23	Навантаження вагонів	65	4
24		26	1

Після навантаження, вагони доставляються до станції Південна, де формуються у состав, який відправляється на станцію примикання та на станцію призначення Укрзалізниці.

У таблиці 1.3 наведено характеристику станції Південна.

Таблиця 1.3 – Характеристика станції Південна

№	Функціональне призначення	Довжина, м	Місткість, ваг.
1	Відправна	372	26
2	Приймально-відправна	711	50
3	Ходова	-	-

Кінець таблиці 1.3

№	Функціональне призначення	Довжина, м	Місткість, ваг.
4	Для накопичення коксовозів ПАТ “Запоріжсталь”	820	58
5	Приймально-відправна, для накопичення вагонів “ЗЗФ”	560	40
5а	Для накопичення вагонів “Запорожсклофлюс”, “Запоріжбуд”	288	20
6	Ходова	210	-
7	Вагова	184	13
8	Приймально-відправна	184	13
82	Ходова	-	-
83		-	-
84	Стоянка вагонів	98	7
85		70	5
86	Ходова	-	-

1.4 Постановка задач дослідження

Проект передбачає постановку задач дослідження за умови реалізації оптимістичного сценарію післявоєнного відновлення України при відновленні греблі Каховської ГЕС. Розглядається питання обґрунтування найбільш ефективної транспортно-логістичної схеми при використанні залізничного та водного транспорту.

Основними задачами є:

- визначення можливих транспортно-технологічних схем організації доставки готової продукції ПрАТ «Запоріжжкокс»;
- розробка процедури врахування економічного та екологічного факторів ефективності організації перевезень;
- статистичний аналіз вихідних даних обсягів перевезень;
- розробка моделі доставки за варіантами;
- визначення показників ефективності кожного з варіантів, зокрема оцінка екологічних показників доставки.

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Визначення можливих транспортно-технологічних схем організації доставки готової продукції ПрАТ «Запоріжжкокс»

В якості пункту призначення готової продукції ПрАТ «Запоріжжкокс» обираємо турецький порт Ереґлі - промислове місто-порт на турецькому узбережжі Чорного моря. Є центром кам'яновугільного басейну, де розташований найбільший металургійний завод компанії Erdemir (скорочення від турецької назви Ereğli Demir ve Çelik Fabrikaları, що означає «Металургійний завод Ереґлі»).

Erdemir, який розпочав виробництво у 1965 році, займає 43 місце серед найбільших металургійних компаній світу з виробничою потужністю 8,5 млн тонн сталі щорічно, за даними 2020 року (Вікіпедія). Це найбільша металургійна компанія в Туреччині, яка була єдиним виробником плоского прокату до січня 2009 року. Підприємство здійснює виробництво гарячекатаного та холоднокатаного прокату, білу жерсть. Завод займає площу близько 4 км².

У відкритих джерелах можна знайти приклади судноплавства між річковим портом міста Запоріжжя та Ереґлі. У таблиці 2.1 наведено характеристики судна «МЕХАНІК ЧЕРЕВКО», яке здійснювало рейси на такому маршруті (проект 2/95), номер ІМО 9137222, воно було побудоване у 1999 р. на верфі у м. Олтениця (Румунія) [11].

Таблиця 2.1 - Характеристики судна «МЕХАНІК ЧЕРЕВКО»

Номер з/п	Характеристика	Значення
1	Клас Реєстру судноплавства України	KM Ice1 [1] R1 AUT1
2	Реєстровий номер	SRU006871

Кінець таблиці 2.1

Номер з/п	Характеристика	Значення
3	Довжина максимальна	98 м
4	Довжина по головній ватерлінії	95,6 м
5	Ширина	16,0 м
6	Висота борту	5,7 м
7	Осадка по головній ватерлінії	4,171 м
8	Водотоннажність при осадці по головній ватерлінії	5460,17 т
9	Дедвейт	3820 т
10	Потужність	1700 кВт
11	Швидкість ходу	10,7 вузл.
12	Тип судна	Сталеве, однопалубне, двогвинтове вантажне судно, з подвійним дном, подвійними бортами, з баком, з машинним відділенням та рубками, розташованими у кормі
13	Кількість вантажних трюмів	3 од.
14	Призначення	Перевезення генеральних та насипних вантажів, включаючи контейнери міжнародного зразка, зерно, ліс у трюмах.

На рисунку 2.1 показаний загальний вигляд судна [11].



Рисунок 2.1 – Загальний вигляд судна «МЕХАНІК ЧЕРЕВКО»

За параметрами шлюзів, які використовувались у довоєнний період, від Запорізького річкового порту до Чорного моря можуть проходити судна довжиною до 260 м, шириною – 18 м.

Якщо при відновленні греблі Каховської ГЕС буде створено шлюз із параметрами не менше, ніж на Запорізькому шлюзі, річкою Дніпро зможуть рухатись судна довжиною до 290 метрів.

Ширина проходу суден 18 метрів характерна для усіх шлюзів по Дніпру.

Тож судно даного типу із довжиною 98 метрів може використовуватись на маршруті.

Ще до війни в Україні були плани [12] щодо забезпечення глибини для проходу суден більшого рівня завантаження до 4 метрів (плановий показник – 3,65 м), але занижені показники спостерігались вище Запоріжжя за течією. Для розрахунків приймаємо рівень завантаження судна – 3500 тисяч тонн.

Таким чином, формуємо перший варіант організації перевезень:

- доставка залізничним транспортом готової продукції з ПрАТ «Запоріжжкокс» до станції Порт Велике Запоріжжя залізничним транспортом;
- вантажні операції в порту із завантаження судна;
- доставка водним транспортом до порту Ереглі (Туреччина).

Аналіз можливості завантаження судна у зворотному напрямку не передбачається даним проєктом, оскільки однією із поставлених задач є оцінка екологічних показників доставки, що потребує забезпечення певної «чистоти» експериментальних досліджень.

У якості альтернативного маршруту перевезень приймаємо наступний варіант:

- доставка залізничним транспортом готової продукції з ПрАТ «Запоріжжкокс» до станції Одеса-Порт-Експорт залізничним транспортом;
- вантажні операції в порту із завантаження судна;
- доставка водним транспортом до порту Ереглі (Туреччина).

Для доставки вантажу з Одеського морського торговельного порту можуть використовуватись судна більшої вантажопідйомності. Для визначення його розрахункової місткості, за якої забезпечується найбільший економічний ефект, скористаємось імітаційною моделлю, яка також врахує стохастичний характер тривалості перевезень вантажу залізницею.

2.2 Розробка імітаційної моделі доставки продукції ПрАТ «Запоріжжкокс»

2.2.1 Розробка структури моделі

Розробку структури моделі виконаємо в середовищі AnyLogic 8.7.9, спочатку створюємо нову модель Zaporizhkoks2023 (рисунок 2.2), модельний час встановлюємо у годинах.

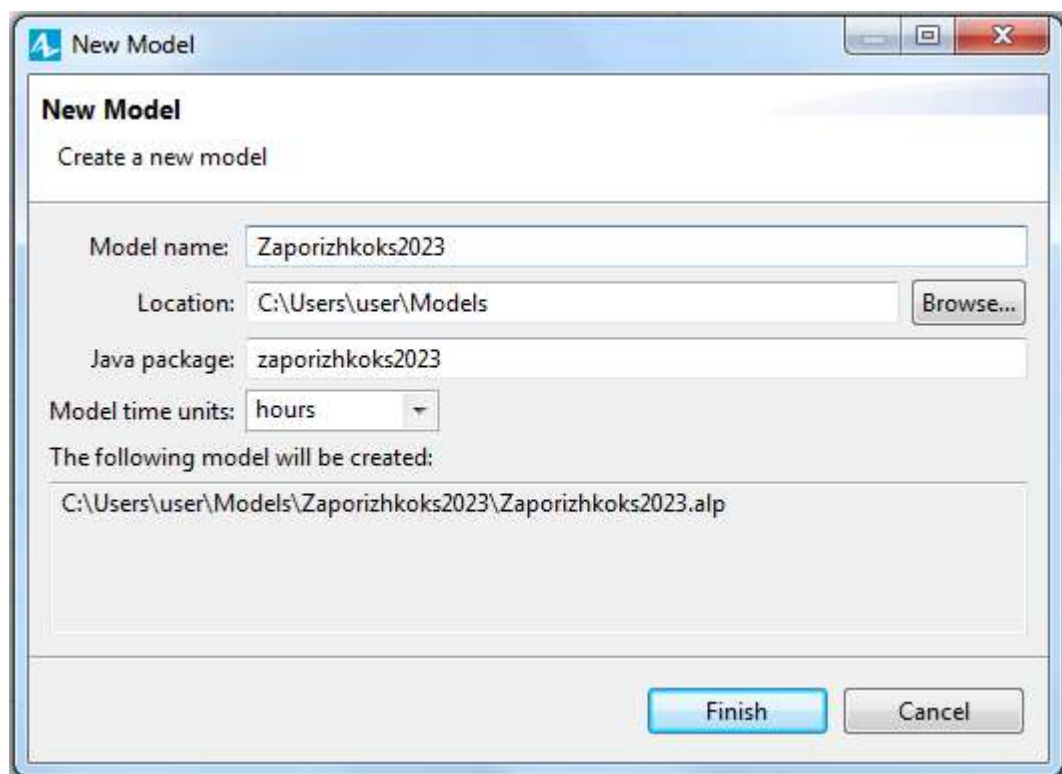


Рисунок 2.2 – Створення моделі Zaporizhkoks2023

Джерело замовлень у програмі представлено потоком завантажених вагонів із продукцією підприємства – об’єкт типу Source – «черга» (рисунок 2.3), якому присвоюємо назву Potik_ZK (рисунок 2.4) встановлюємо параметр – «максимальна місткість», щоб зменшити ризик помилок через переповнення цього об’єкту.

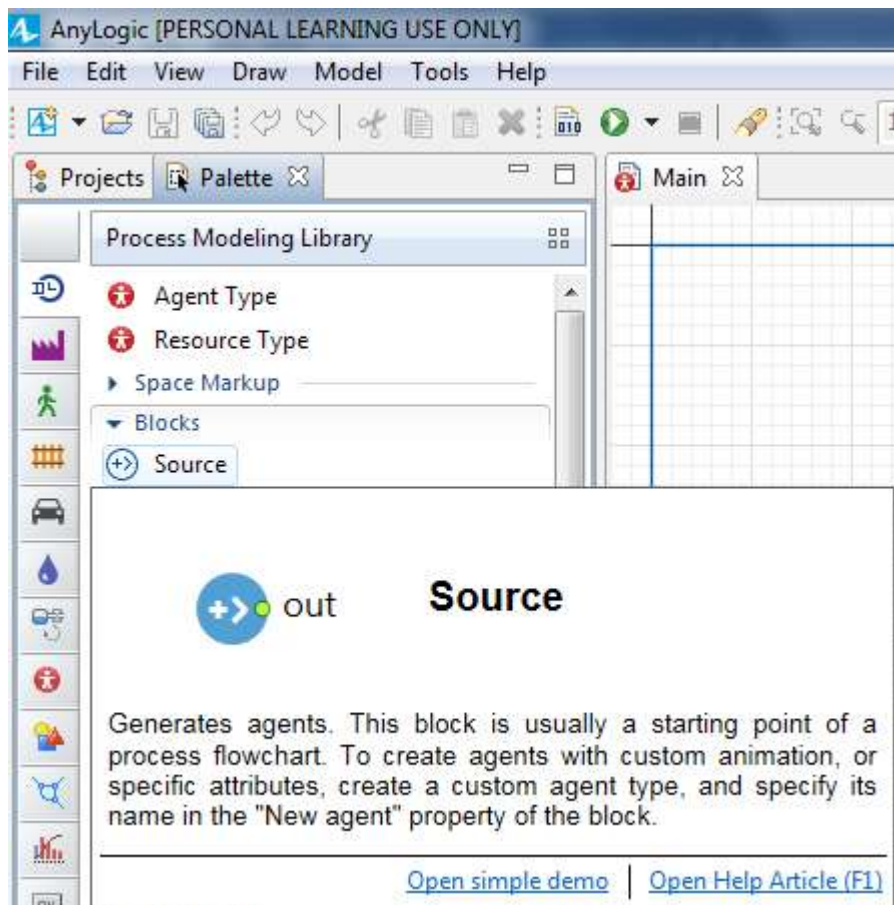


Рисунок 2.3 – Створення об'єкту типу «черга»

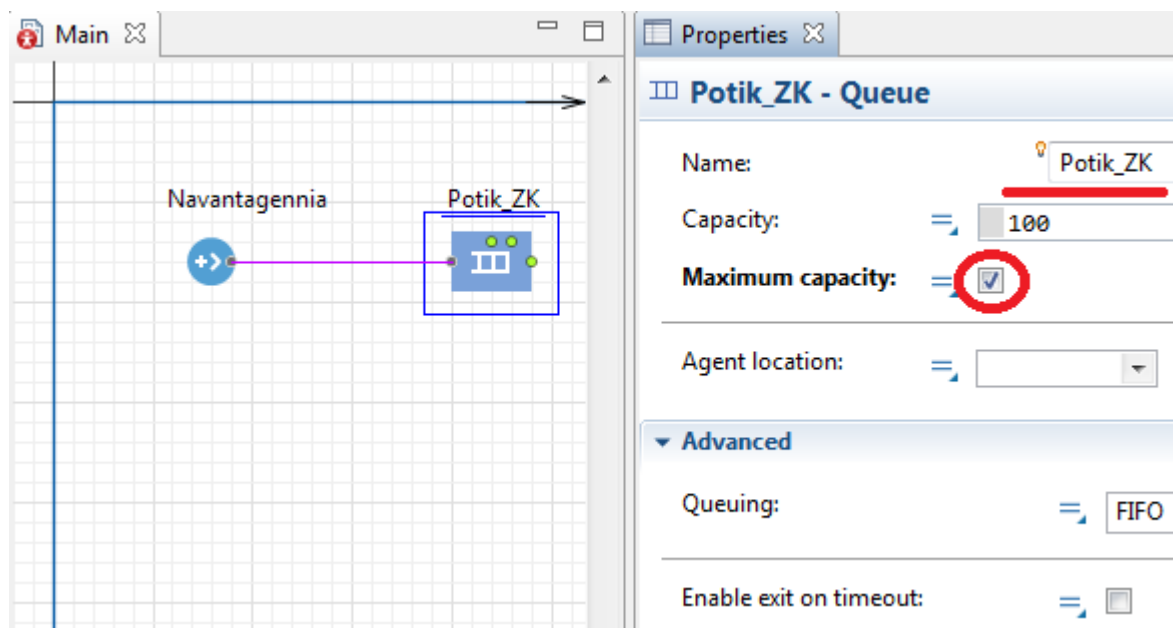


Рисунок 2.4 – Визначення параметрів для Potik_ZK

Між об'єктами Navantagennia та Potik_ZK встановлюємо блок об'єктів, які потрібні через програмні обмеження у кількості максимальної генерації лише 50000 замовлень, які у нашому випадку, є завантаженими вагонами (рисунок 2.5).

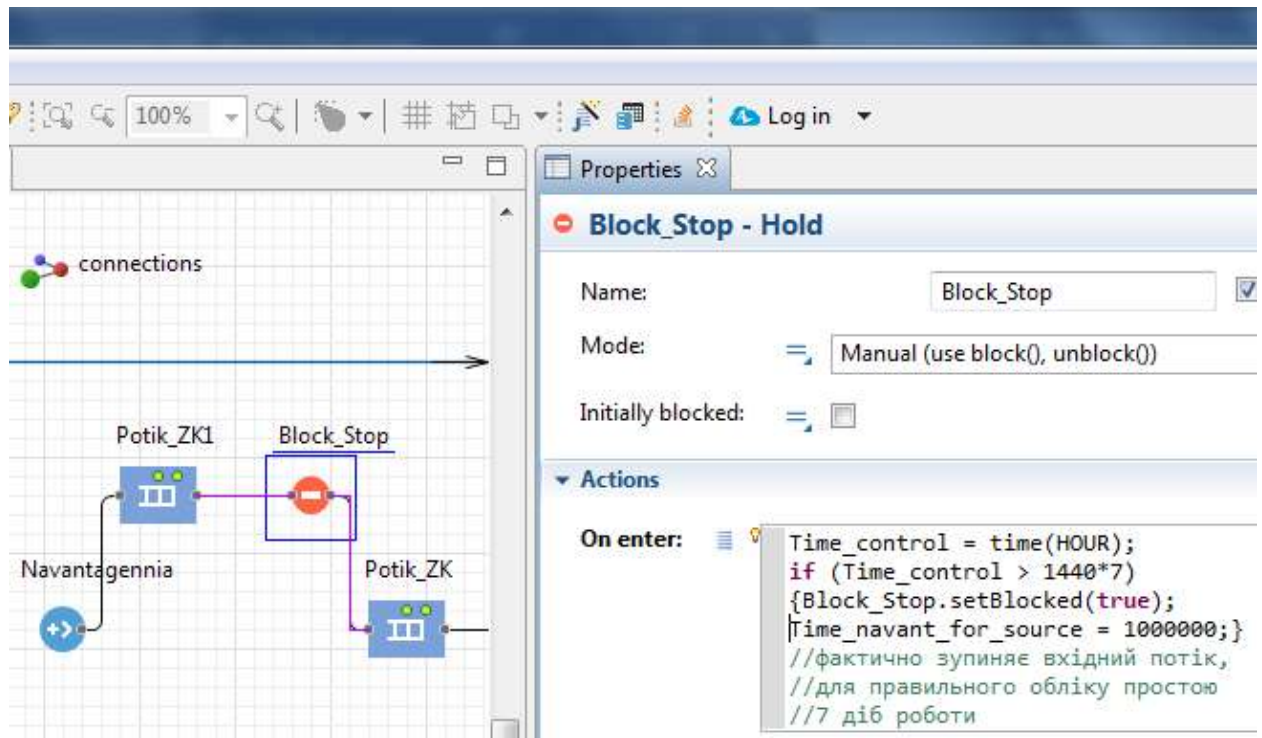


Рисунок 2.5 – Блок зупинки генерації замовлень без переривання роботи програми

Даний блок забезпечує фактичну зупинку генерації замовлень, при цьому надаючи достатній час для проходження по ланцюгу обробки заявок, які були згенеровані на протязі періоду часу – 7 діб.

Для роботи блоку додано змінну Time_control (рисунок 2.6) та Time_navant_for_source (рисунок 2.7), якій присвоюється значення поточного часу у годинах на момент заходження кожної заявки до об'єкту Block_Stop (блокатор) – time(HOUR).

Умова «Time_control > 1440*7» при її виконанні забезпечує блокування – {Block_Stop.setBlocked(true), при цьому значення інтервалу надходження замовлень встановлюється у розмірі, який, очевидно, перевищує період дозволеної роботи програми: Time_navant_for_source = 1000000 (годин).

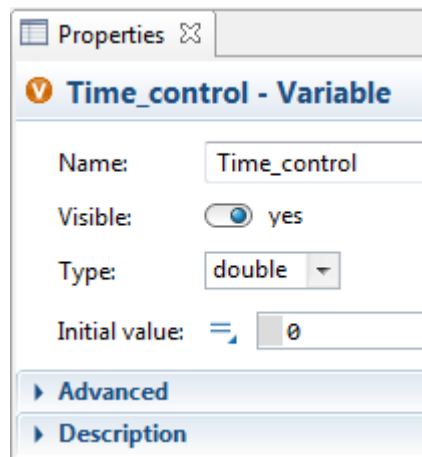


Рисунок 2.6 – Змінна Time_control

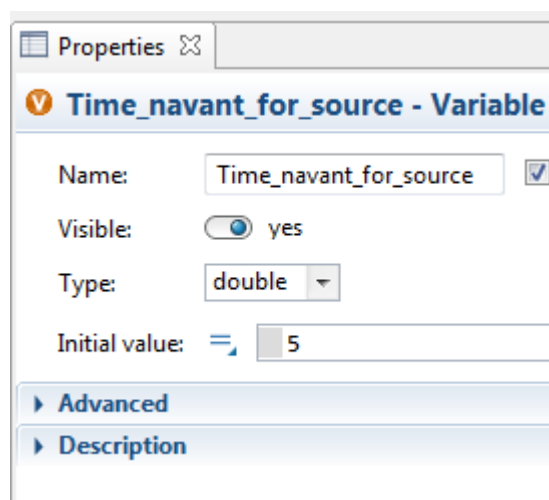


Рисунок 2.7 – Змінна Time_navant_for_source

Блокатор Block_M (рисунок 2.8) включає в собі умову, необхідну для імітації накопичення маршрутного складу встановленого користувачем обсягу Vag_sostav_M (рисунок 2.9), для чого фіксується кожне входження замовлення (вагону) додаванням до змінної Vag_sostav_nakor

(рисунок 2.10) до елементу програми Block_M, та у разі досягнення порогового значення, цей елемент блокує подальше проходження заявок:

```
Vag_sostav_nakop = Vag_sostav_nakop + 1;
if (Vag_sostav_nakop >= Vag_sostav_M)
{Block_M.setBlocked(true);
Vag_sostav_nakop = 0;}
```

із обнулінням змінної Vag_sostav_nakop.

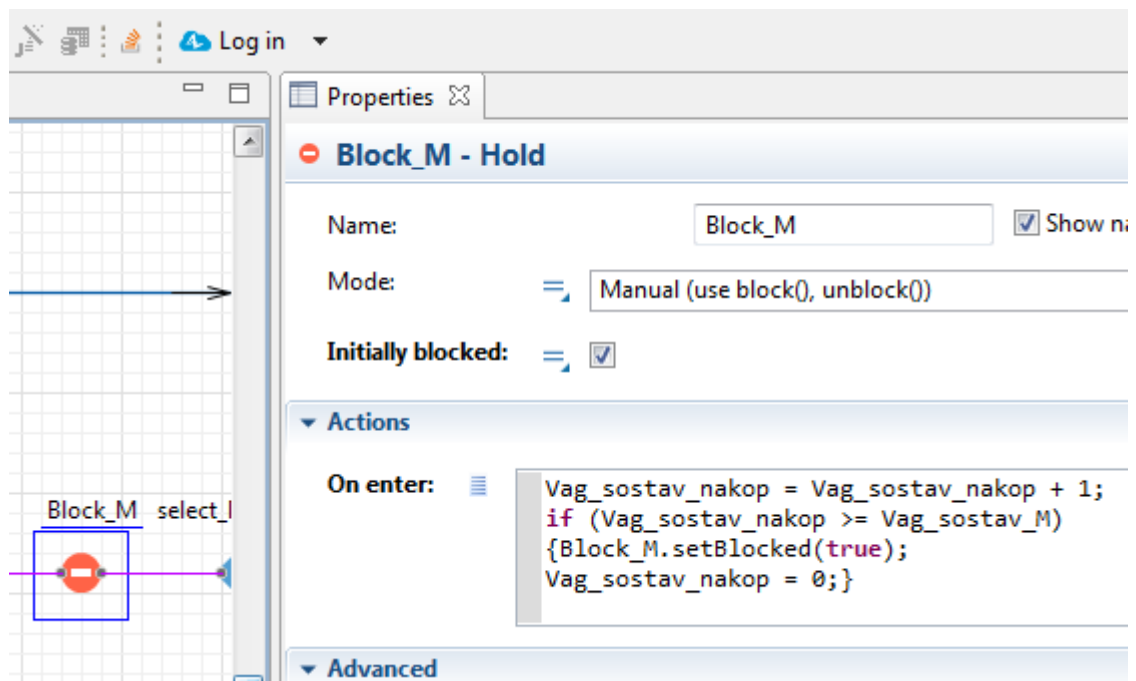


Рисунок 2.8 – Блокатор Block_M

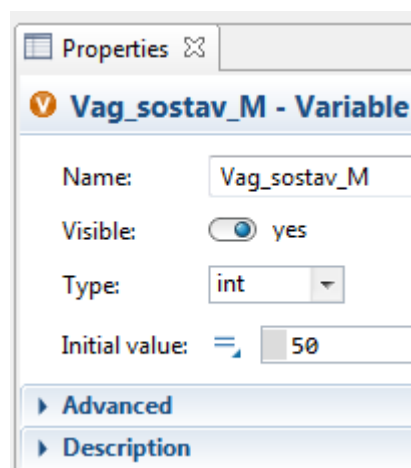


Рисунок 2.9 – Змінна Vag_sostav_M

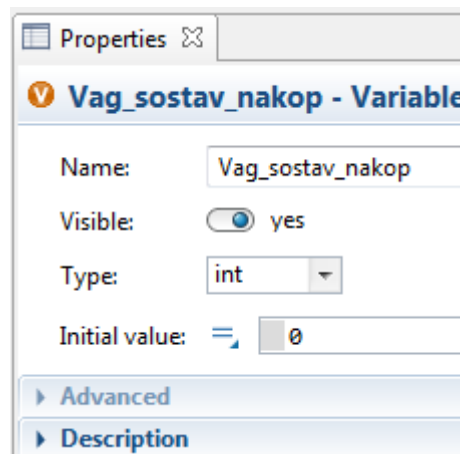


Рисунок 2.10 – Змінна Vag_sostav_nakop

На наступному етапі проходження логічного ланцюга елементів програми здійснюється вибір подальшої технології – або формування маршрутного составу встановленого розміру (змінна Umova_Vag_sostav_M – рисунок 2.11) – шлях праворуч від об’єкту select_M (рисунок 2.12) або униз – у випадку відправлення окремих партій вантажу у складі збірних поїздів

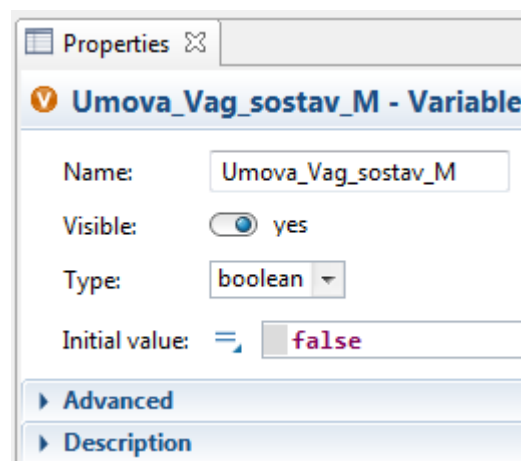


Рисунок 2.11 – Змінна Umova_Vag_sostav_M

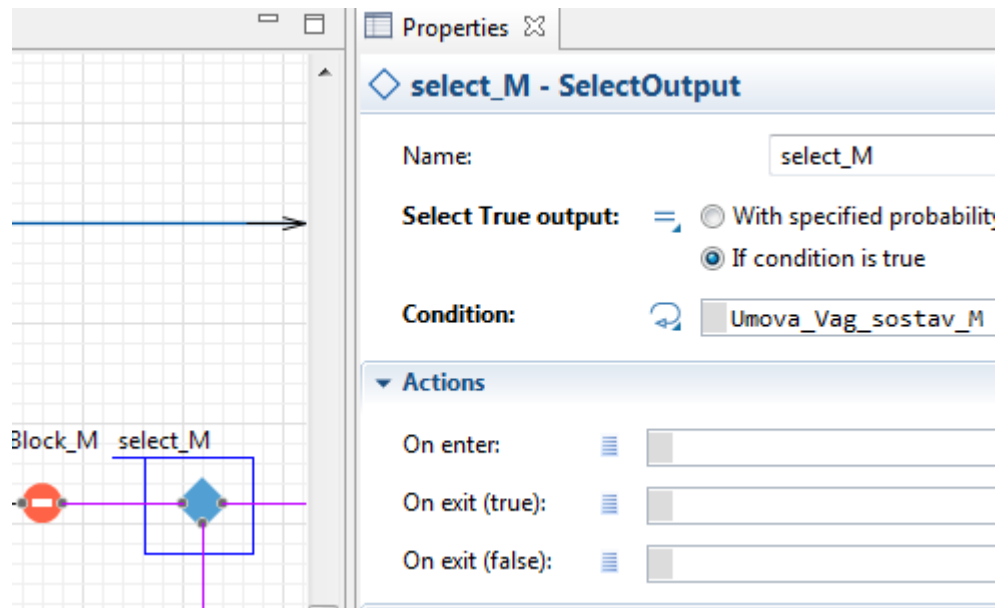


Рисунок 2.12 – Елемент вибору технології формування составів

Для формування маршрутного составу використовується об'єкт Form_M (з розміром составу, встановленим користувачем через змінну Vag_sostav_M) – рисунок 2.132.

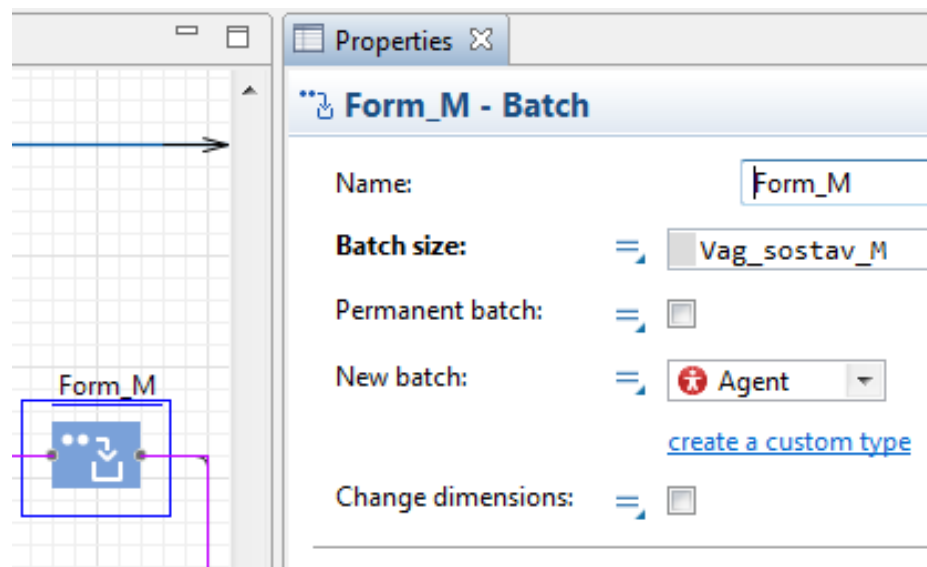


Рисунок 2.13 – Елемент формування маршрутного составу

Наступний блок (рисунок 2.14) складається з двох ланцюгів:

- обробки маршрутних составів;
- обробки составів у складі збірних поїздів.

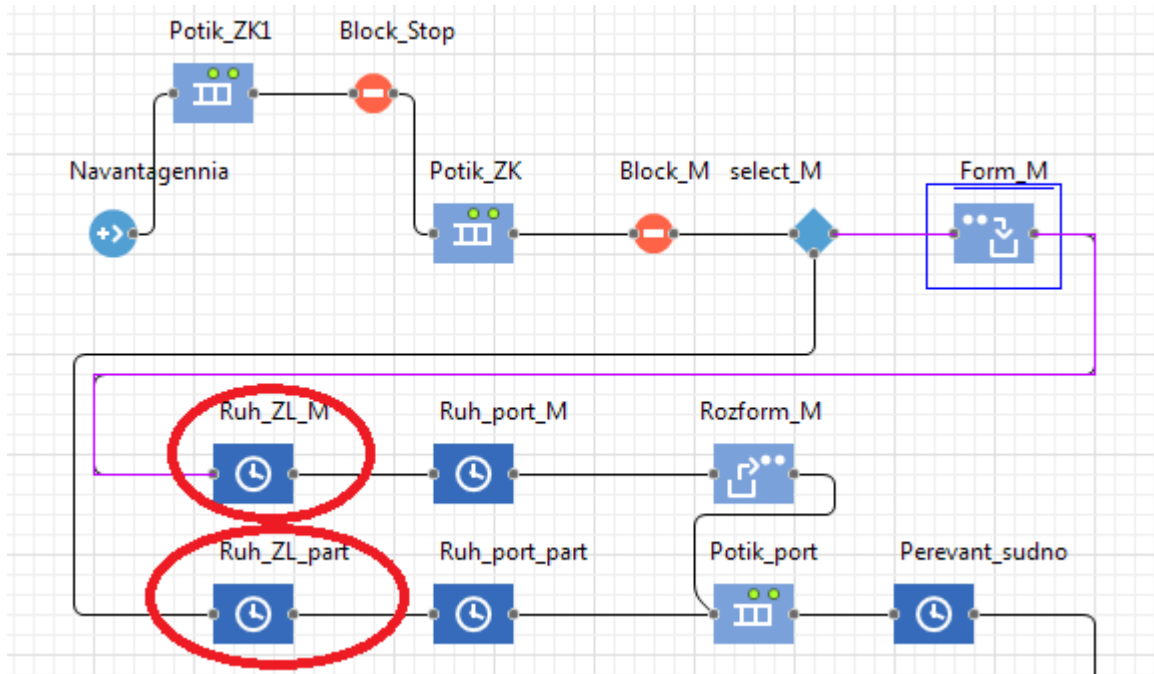


Рисунок 2.14 – Блок обробки маршрутних составів та составів у складі збірних поїздів

Елемент блоку обробки збірних составів `Ruh_ZL_part` (рисунок 2.15) встановлює час затримки замовлень – тривалості знаходження вагонів на підприємстві «Запоріжжкокс». Крім того, тут визначається тривалість простою вагонів:

$$Vag_timeZK = Vag_timeZK + time(HOUR);$$

де змінна `Vag_timeZK` (рисунок 2.16) призначена для визначення часу знаходження вагонів на під'їзній колії підприємства з моменту навантаження до відправлення.

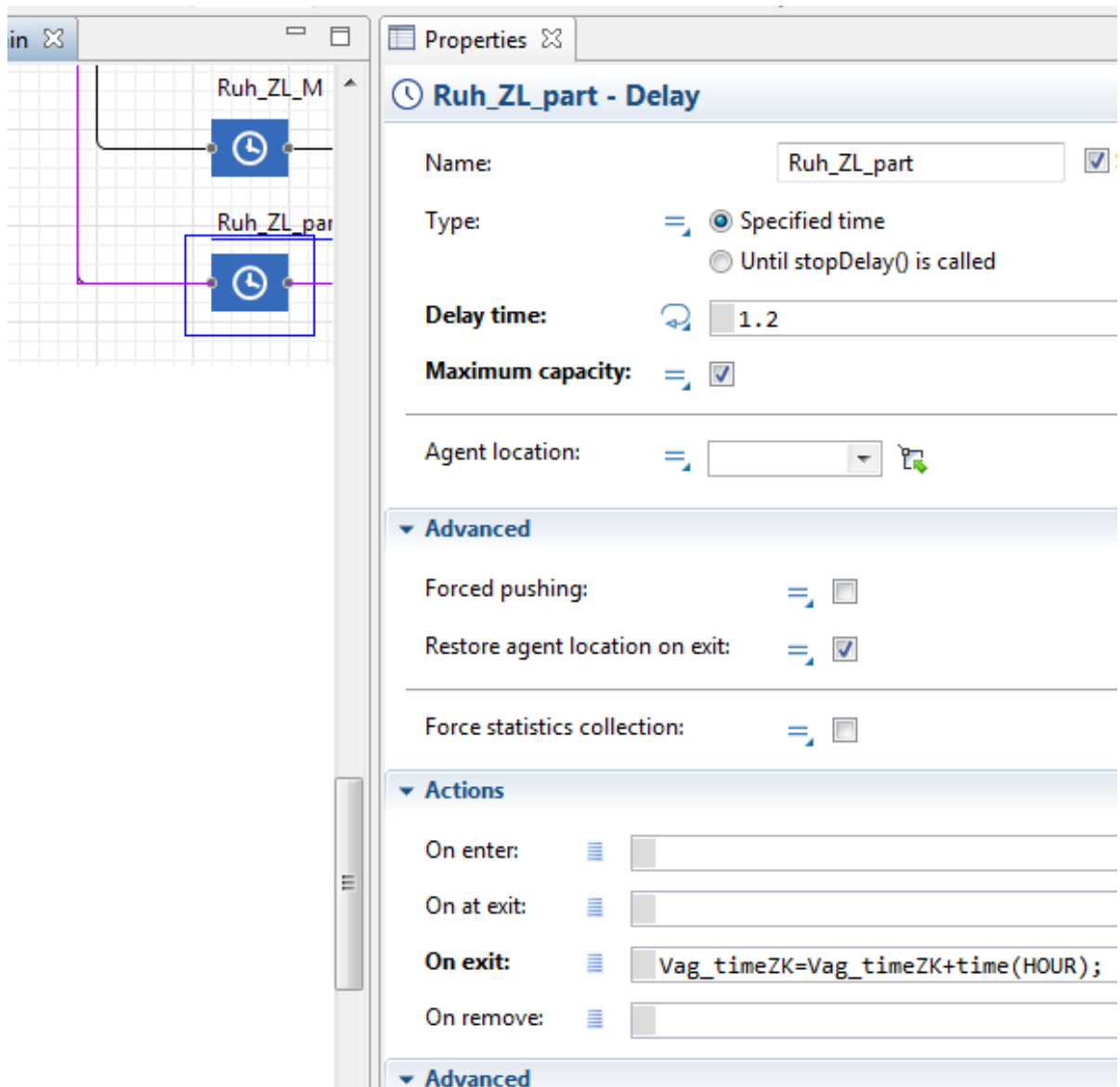


Рисунок 2.15 – Елемент блоку обробки збірних составів Ruh_ZL_part

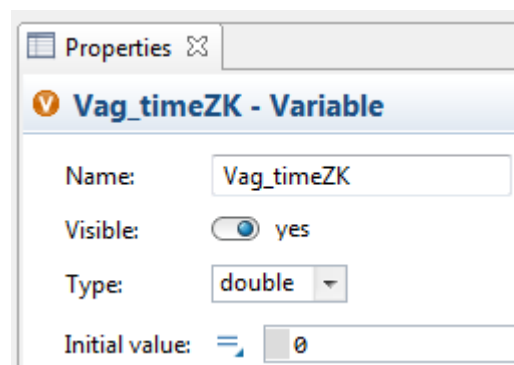


Рисунок 2.16 – Змінна Vag_timeZK

Через те, що логіка формування маршрутних составів у програмному середовищі передбачає групування вагонів (замовлень на обслуговування) у групи, розрахунок часу знаходження вагонів виконується у елементі, що передує об'єкту Ruh_ZL_M (рисунк 2.17) - Form_M (рисунк 2.18).

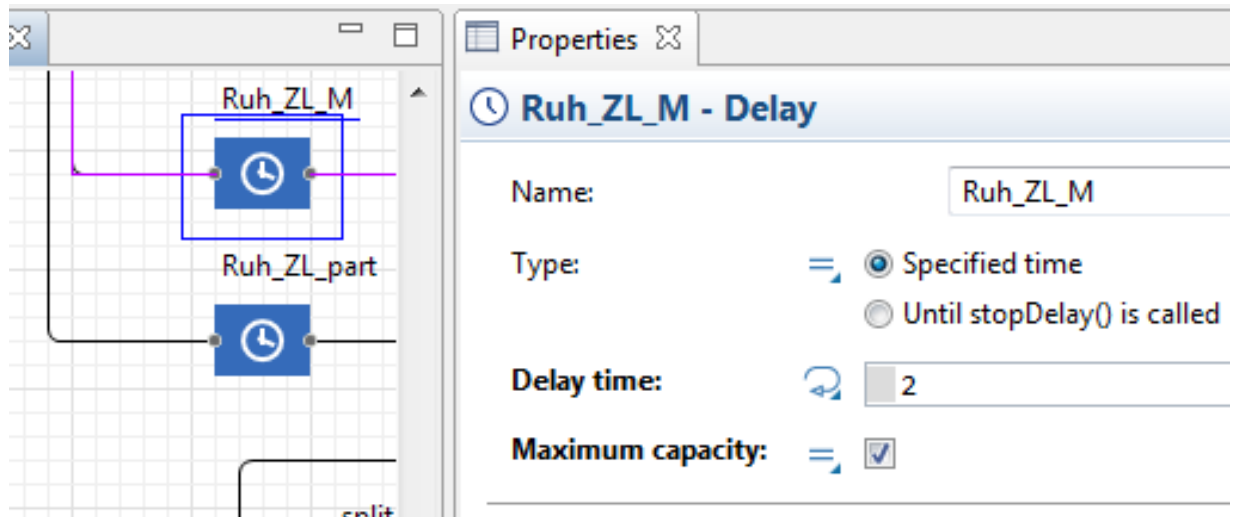


Рисунок 2.17 – Параметри об'єкту Ruh_ZL_M

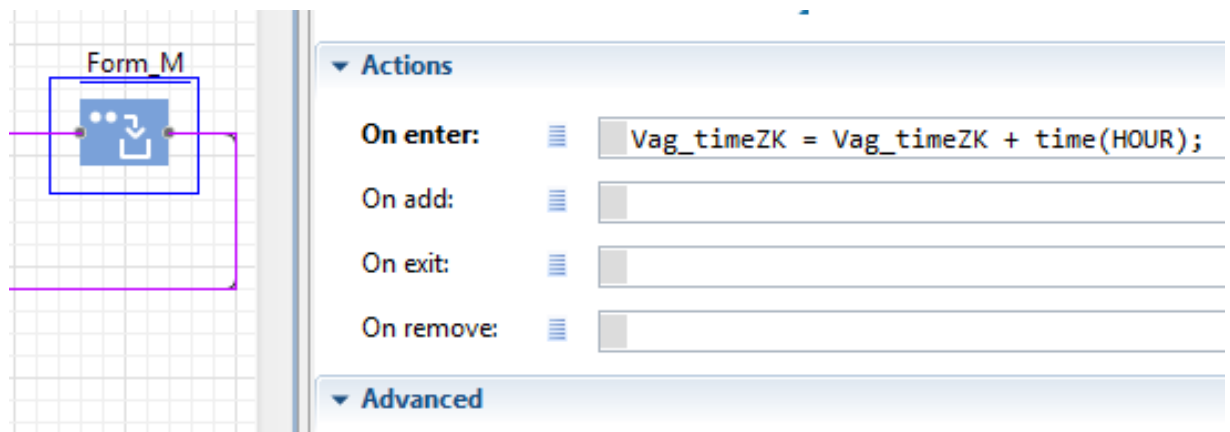


Рисунок 2.18 – Параметри об'єкту Form_M

Об'єкти Ruh_port_M та Ruh_port_part та визначають тривалість руху маршрутних та збірних составів до пункту призначення (рисунк 2.19).

Маршрутні состави, звісно, доставляються у 1,5...2,5 рази швидше, в залежності від відстані.

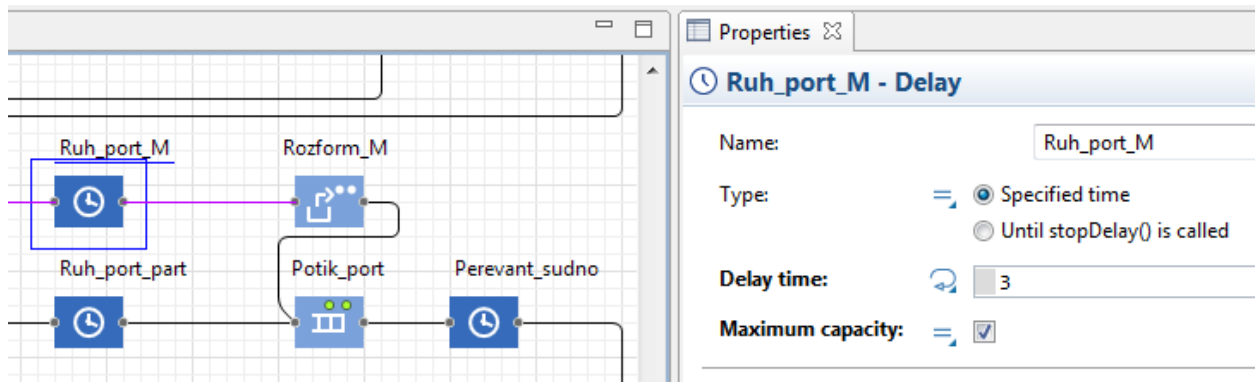


Рисунок 2.19 – Об'єкти Ruh_port_M та Ruh_port_part

Наступний елемент ланцюгу просування маршрутних составів передбачає процедуру їх розформування – елемент Rozform_M (рисунок 2.20), після якого потоки вагонів об'єднуються, зливаються у елементі Potik_port.

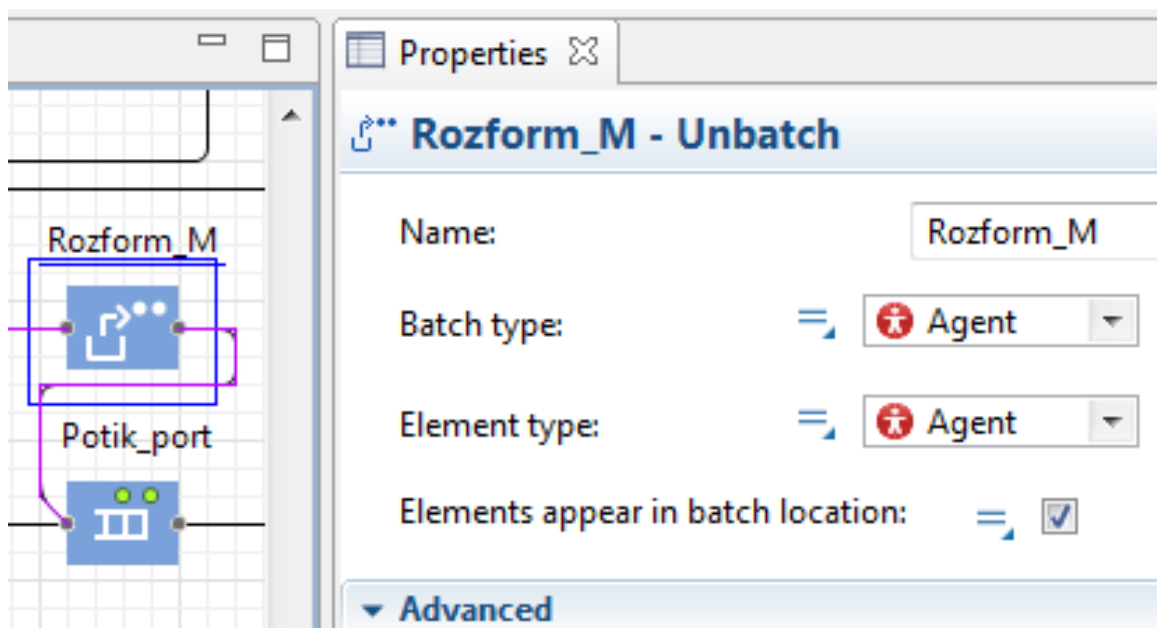


Рисунок 2.20 – Елементи Rozform_M та Potik_port

Наступну операцію перевантаження вагонів на судно імітує елемент `Perevant_sudno`, де встановлюється інтенсивність перевантаження.

Наступний блок імітації доставки водним транспортом показаний на рисунку 2.21.

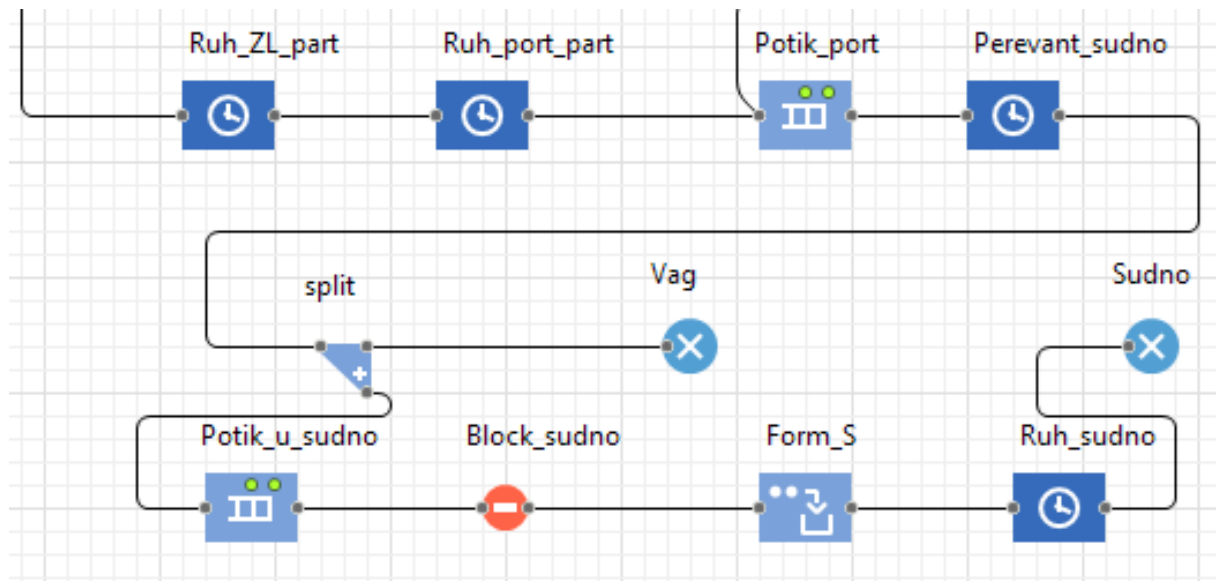


Рисунок 2.21 – Блок імітації доставки продукції «Запоріжжкоксу» водним транспортом

Після елементу `Perevant_sudno` використовується елемент копіювання замовлень `split`, який задіяний через необхідність фіксації статистичних даних щодо використання залізничних вагонів окремо від використання водного транспорту – суден.

«Копії» замовлень, імітуючи вантажопотік, просуваються далі, а «оригінальні» замовлення, імітуючи рух вагонів, знищуються елементом `Vag` типу «sink», головна його функція (окрім технічної) полягає у можливості фіксації статистичних даних.

На рисунку 2.22 показний опис об'єкту Vag типу sink.

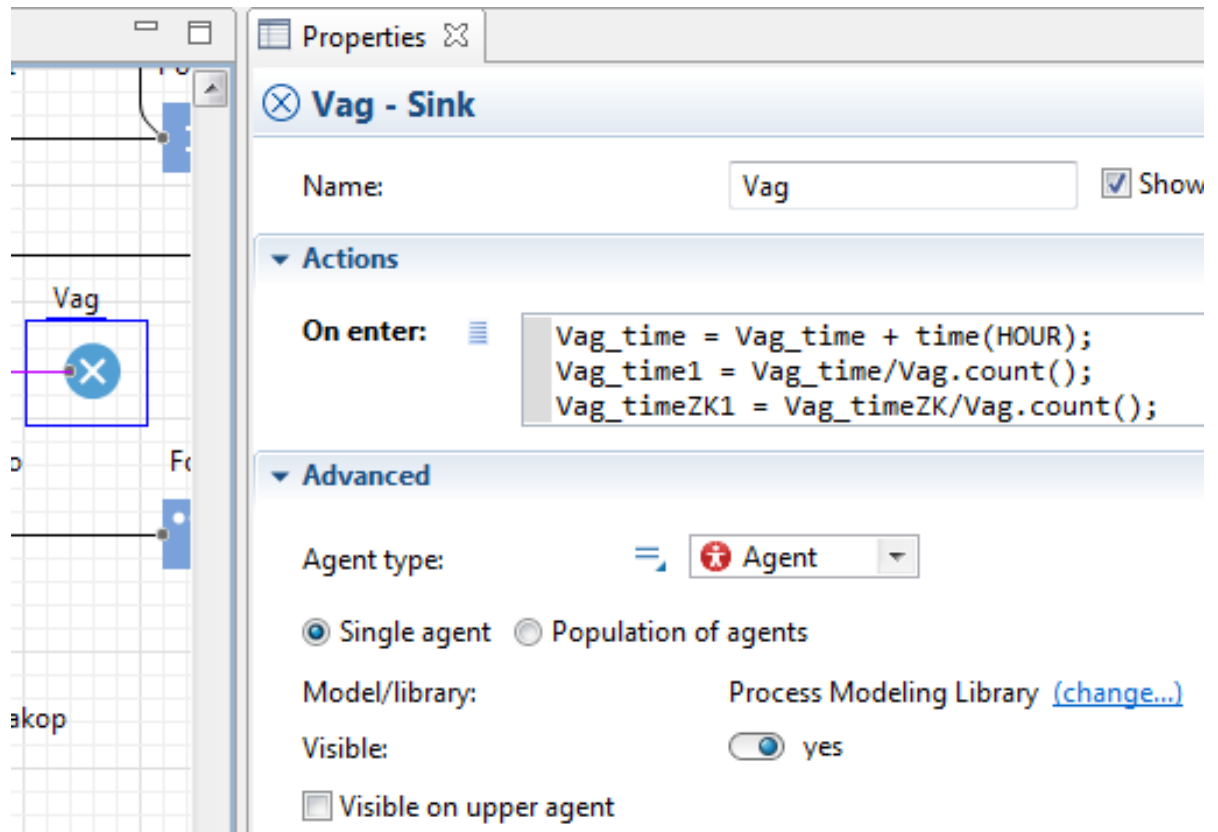


Рисунок 2.22 – Опис об'єкту Vag типу sink

При ходженні замовлення до об'єкту Vag виконуються наступні розрахунки:

$$\text{Vag_time} = \text{Vag_time} + \text{time}(\text{HOUR});$$

$$\text{Vag_time1} = \text{Vag_time} / \text{Vag.count}();$$

$$\text{Vag_timeZK1} = \text{Vag_timeZK} / \text{Vag.count}().$$

Визначається час простою вагонів на підприємстві та від навантаження до вивантаження у порту призначення.

Функція `time(HOUR)` надає поточний час замовлення, при використанні її у будь-якому елементі.

Використовуємо принцип фіксації цього часу із знаком «мінус» на початку технологічної ланки проходження замовлення та із знаком «плюс» при знищенні (або закінченню часу використання) замовлення.

Діленням на кількість замовлень `Vag.count()` отримуємо середнє значення простою вагонів.

Параметри наступного елементу `Potik_u_sudno` типу «черга» (рисунок 2.23) передбачають імітацію накопичення вантажу на складі перед навантаженням на судно.

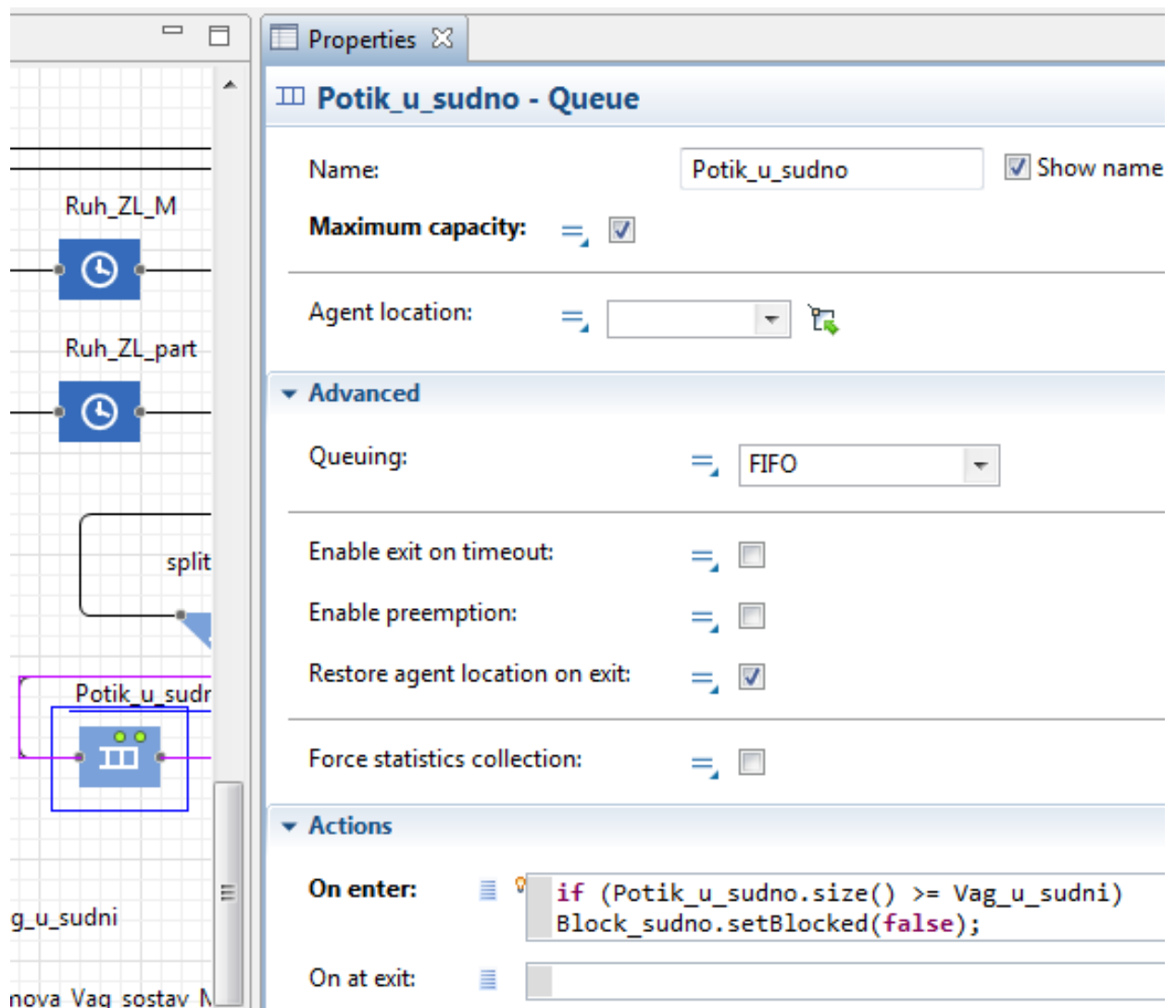


Рисунок 2.23 – Параметри елементу `Potik_u_sudno` типу «черга»

При входженні замовлення до елементу Potik_u_sudno типу «черга», виконуються наступна дія:

```
if (Potik_u_sudno.size() >= Vag_u_sudni)
```

```
Block_sudno.setBlocked(false),
```

у разі накопичення партії вантажу Potik_u_sudno.size(), яка відповідає місткості судна Vag_u_sudni, здійснюється розблокування наступного елементу Vag_u_sudni (рисунок 2.24), який має за замовченням блокувальне значення.

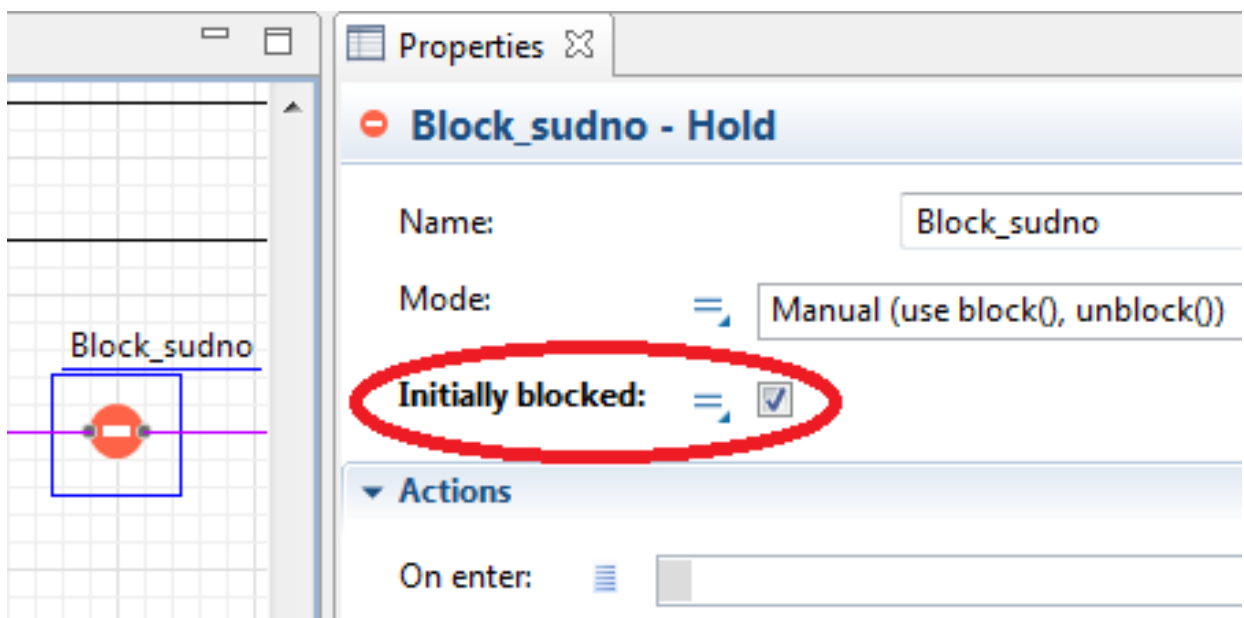


Рисунок 2.24 – Елемент Block_sudno

Наступний елемент Form_S (рисунок 2.25) здійснює групування партії вантажу Vag_u_sudni (рисунок 2.26), який завантажується до судна.

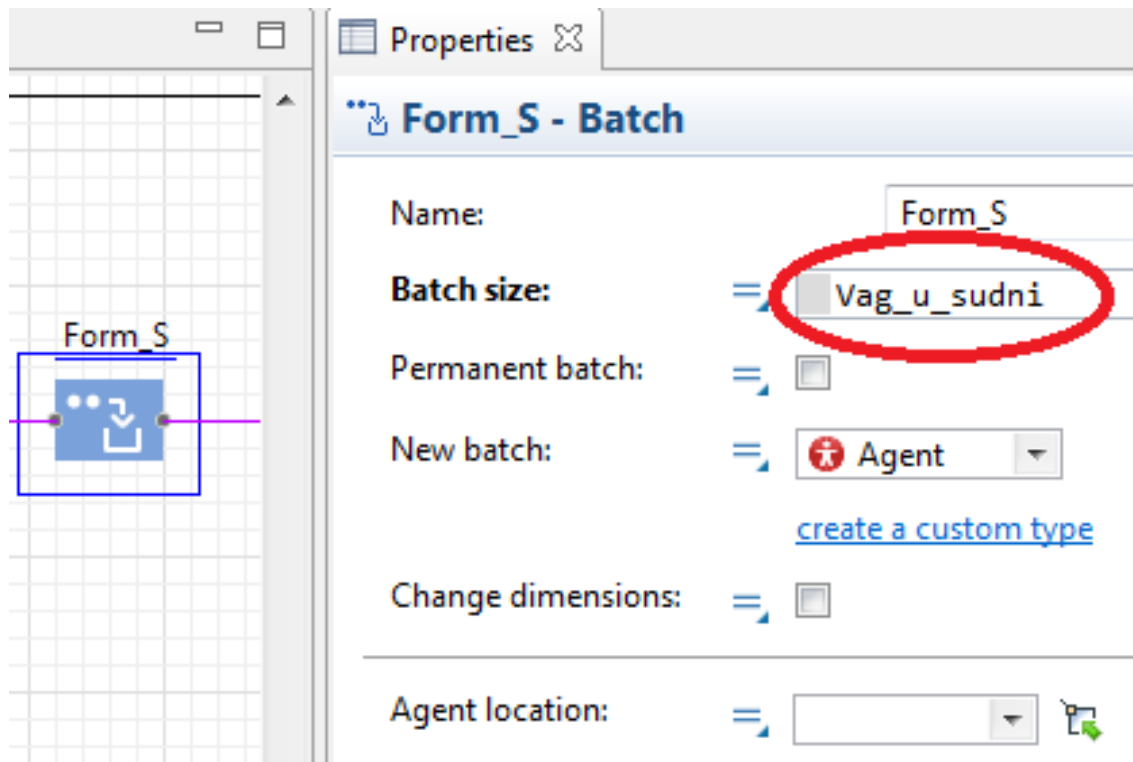


Рисунок 2.25 – Елемент Form_S

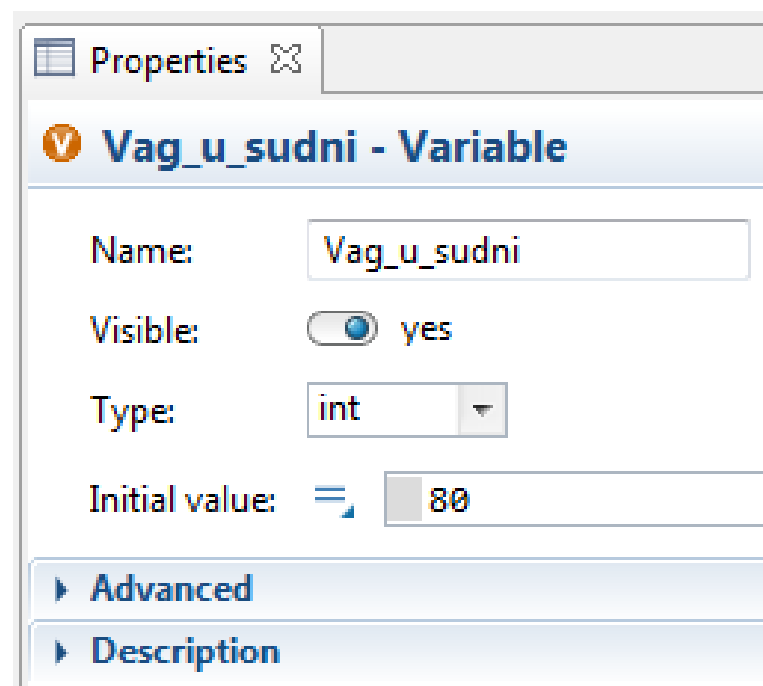


Рисунок 2.26 – Змінна Vag_u_sudni

Елемент Ruh_sudno імітує затримку руху судна до порту призначення споживача (рисунок 2.27).

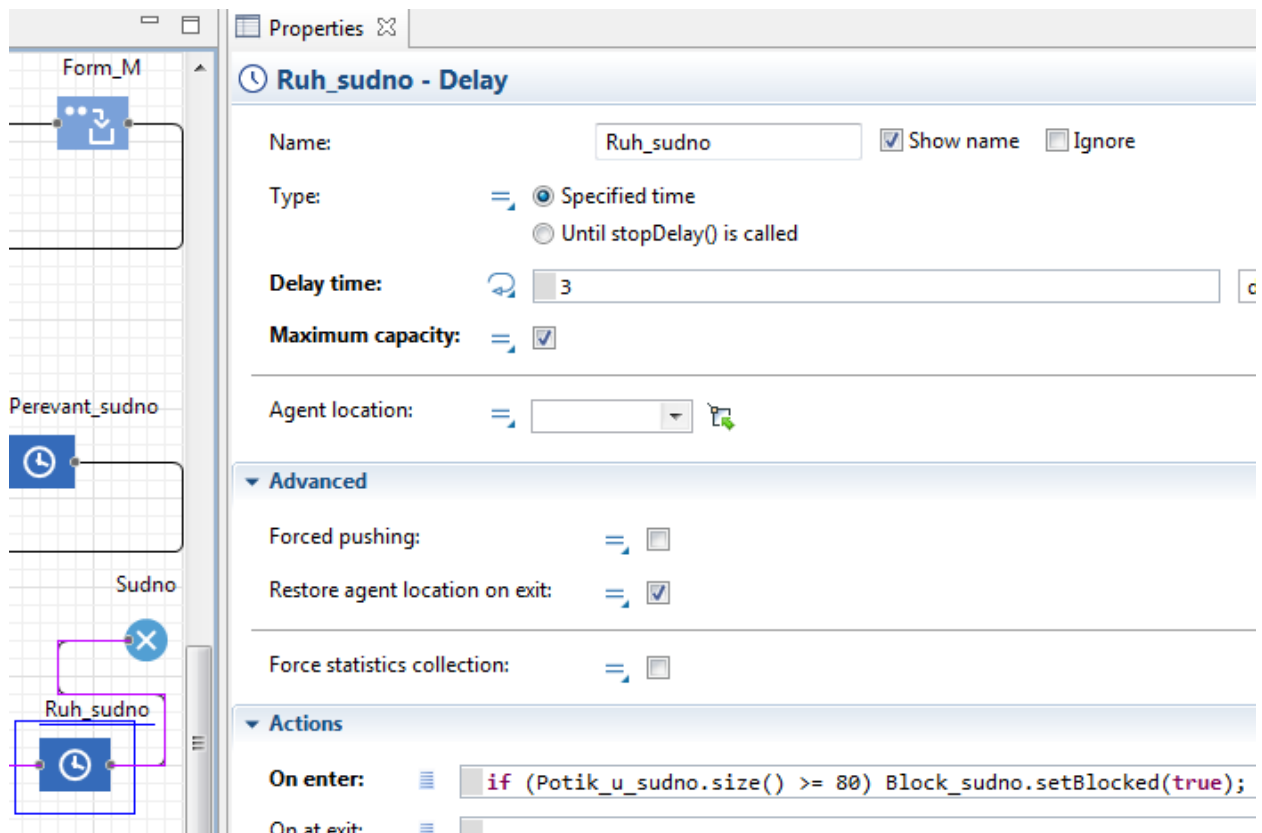


Рисунок 2.27 – Елемент Ruh_sudno

Умова, яка перевіряється при входженні замовлення до цього елементу:
`if (Potik_u_sudno.size() >= 80) Block_sudno.setBlocked(true),`
 здійснює блокування наступного надходження вантажу до судна, при його повному завантаженні та відправленні.

Останній елемент ланцюгу проходження замовлень Sudno типу sink не потребує додаткових умов та наведений на рисунку 2.28.

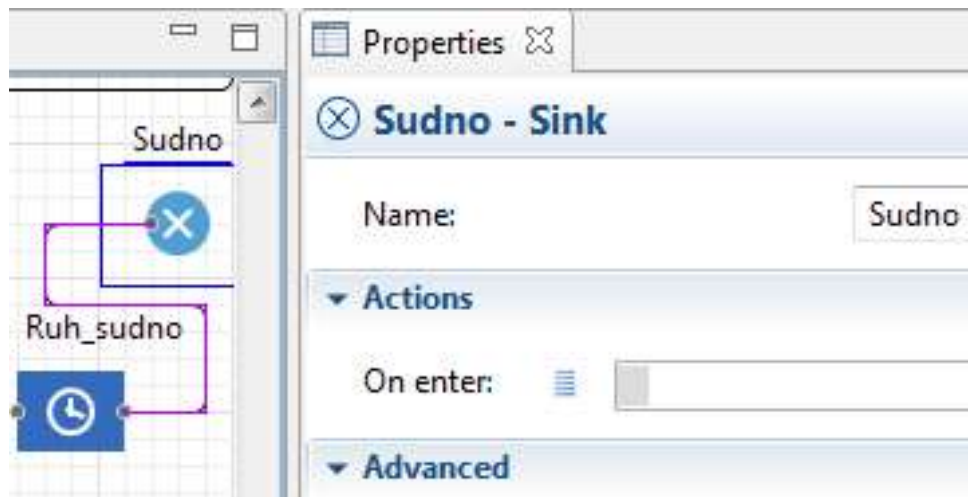


Рисунок 2.28 – Елемент Sudno типу sink

Завершальний фрагмент програми, де наведено усі змінні, які використовуються у розрахунках, елементи введення при моделюванні, коментарі тощо, наведений на рисунку 2.29.

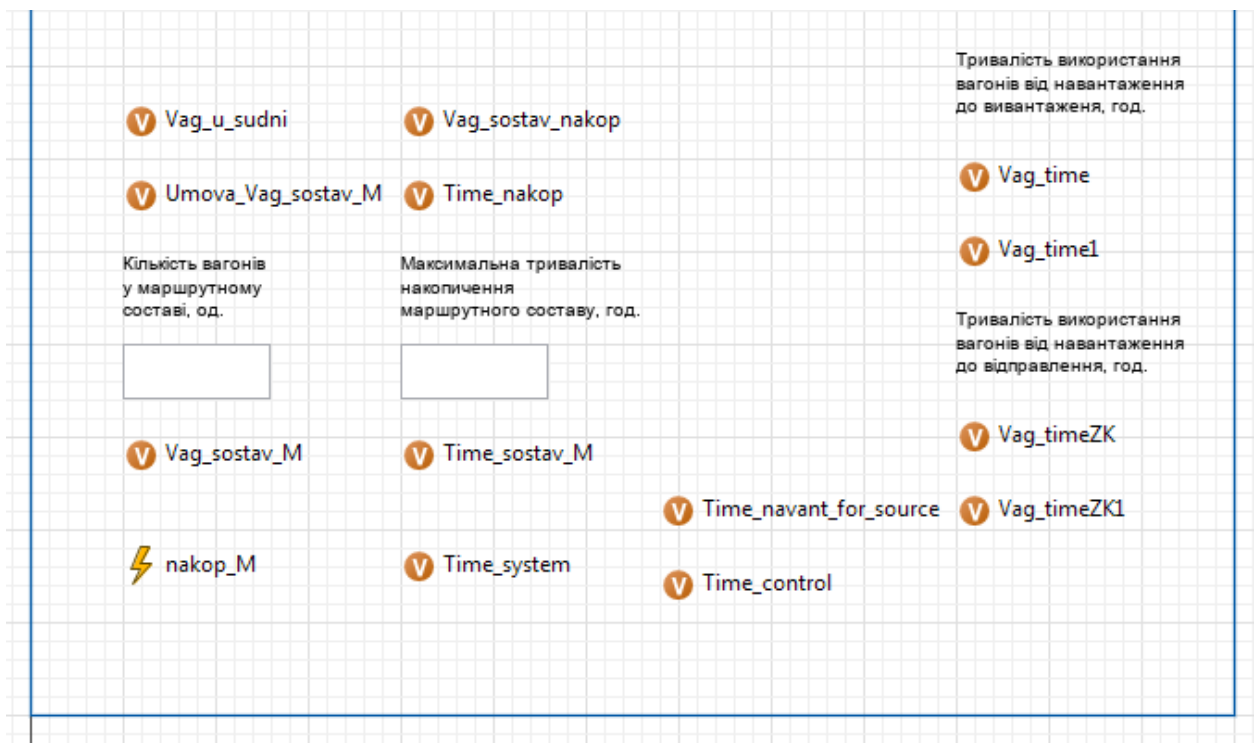


Рисунок 2.29 – Фрагмент програми, де наведено усі змінні, які використовуються у розрахунках, елементи введення при моделюванні та коментарі до них

Загальний вигляд програми в процесі моделювання наведено на рисунку 2.30.

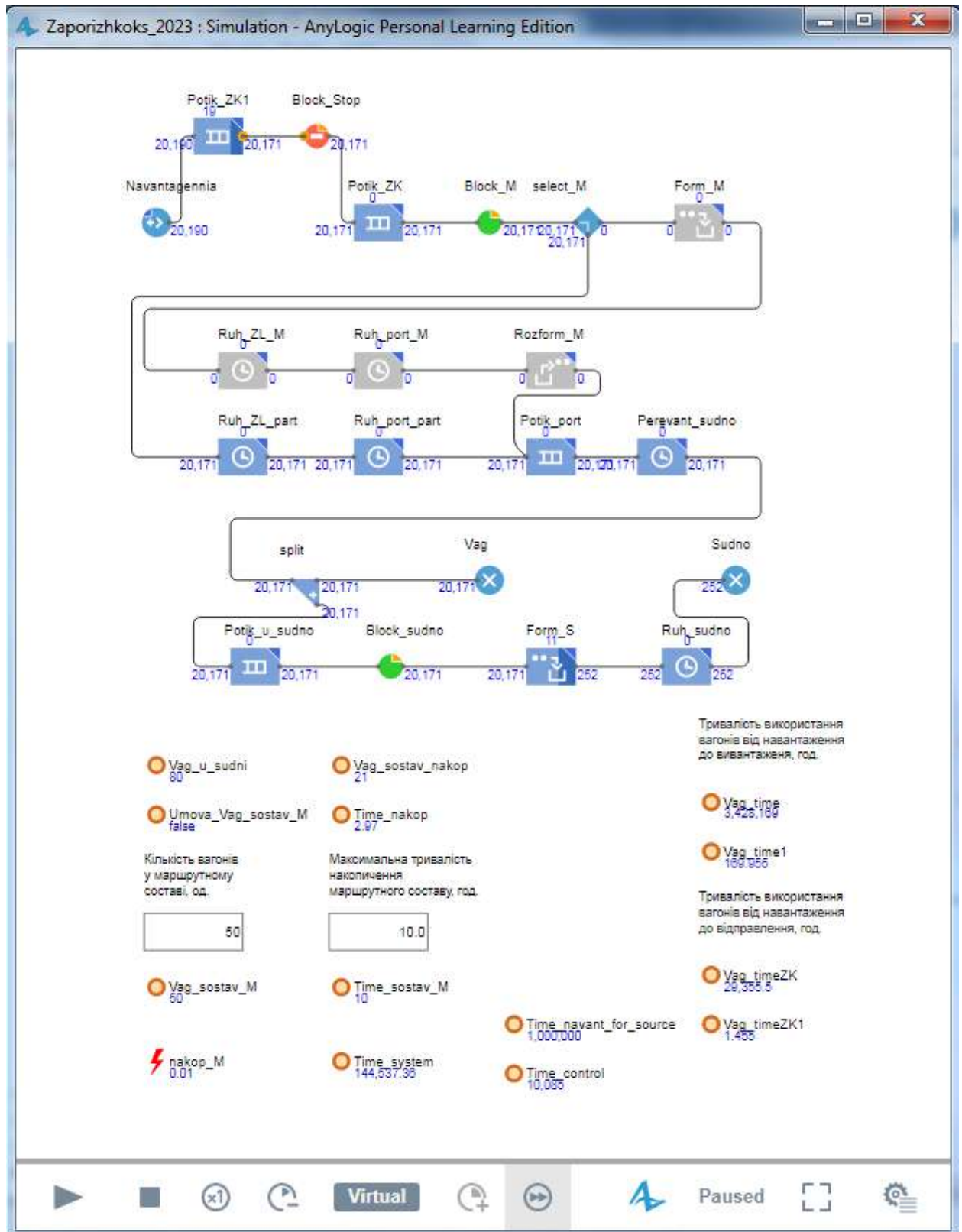


Рисунок 2.30 – Загальний вигляд програми в процесі моделювання

2.2.2 Визначення параметрів моделювання

Проаналізуємо можливості виробничого процесу та фронтів навантаження підприємства. Характеристики фронтів навантаження показані у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Характеристики фронтів навантаження

№ з/п	Вантаж / середнє завантаження напіввагону, т	Кіль- кість бун- керів, од.	Макси- мальна подача, ваг.	Одно- часне наван- таження, ваг.	Термін виконання вантажних операцій, год/ваг.	Розрахун- ковий добовий вагоно- потік, ваг./добу	Середньо- добова переробна спромож- ність, ваг./добу
1	Кокс доменний /41	2	6	1	0,15	9	33
2	Кокс горіх /51,4	3	5	1	0,25	1	25
3	Коксовий дріб'язок /57,4	2	12	1	0,25	4	43
4	Кокс доменний /41	1	4	1	0,25	6	21
5	Кокс горіх /51,4	2	9	1	0,25	1	37

Кінець таблиці 2.2

№ з/п	Вантаж / середнє завантаження напіввагону, т	Кількість бункерів, од.	Максимальна подача, ваг.	Одночасне навантаження, ваг.	Термін виконання вантажних операцій, год/ваг.	Розрахунковий добовий вагонопотік, ваг./добу	Середньодобова переробна спроможність, ваг./добу
6	Коксовий дріб'язок /57,4	2	9	1	0,25	2	37
7	Кокс пековий /52	1	2	1	3,2	1	6

Враховуючи умови невизначеності, в яких перебуває підприємство стосовно планування експортних перевезень, експертним методом приймаємо наступні параметри для роботи імітаційної моделі.

Середній розмір партії вантажу, яка навантажується, приймаємо як середнє значення максимальної подачі з таблиці 2.2. – 6 вагонів.

Слід відмітити суттєві розбіжності між розрахунковим добовим вагонопотоком та середньодобовою переробною спроможністю, яка значно більша.

Розрахунковий добовий вагонопотік наведений по даних минулих періодів, його загальний розмір становить – 24 вагони на добу. За умови середнього розміру партії вагонів у 6 одиниць, це відповідає навантаженню таких груп вагонів кожні 6 годин ($24 \text{ год.} / 6 \text{ год.} = 4 \text{ партії}$, $4 \text{ партії} \cdot 6 \text{ вагонів} = 24 \text{ вагони}$).

В імітаційні моделі будемо використовувати більш оптимістичний параметр – навантаження партій 6 вагонів рівномірним законом розподілу інтервалів часу між черговими навантаженнями партій у діапазоні 3...5 годин, тобто, у середньому кожні 4 години.

Встановимо тривалість руху составів за даними минулих років роботи станції Запоріжжя-Ліве.

Нижче наведено ряд даних часу руху маршрутних составів до Одеського морського торговельного порту (діб):

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

Розташовуємо дані у порядку зростання:

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

Кількість інтервалів групування для побудови діаграми щільності ймовірності розподілу [13,14] за такої кількості даних може бути прийнятою у розмірі 5...7 інтервалів.

Діаграма щільності ймовірності розподілу значень часу руху маршрутних составів до Одеського морського торговельного порту показана на рисунку 2.31.

Найкраще випадкова величина описується рівномірним законом розподілу.

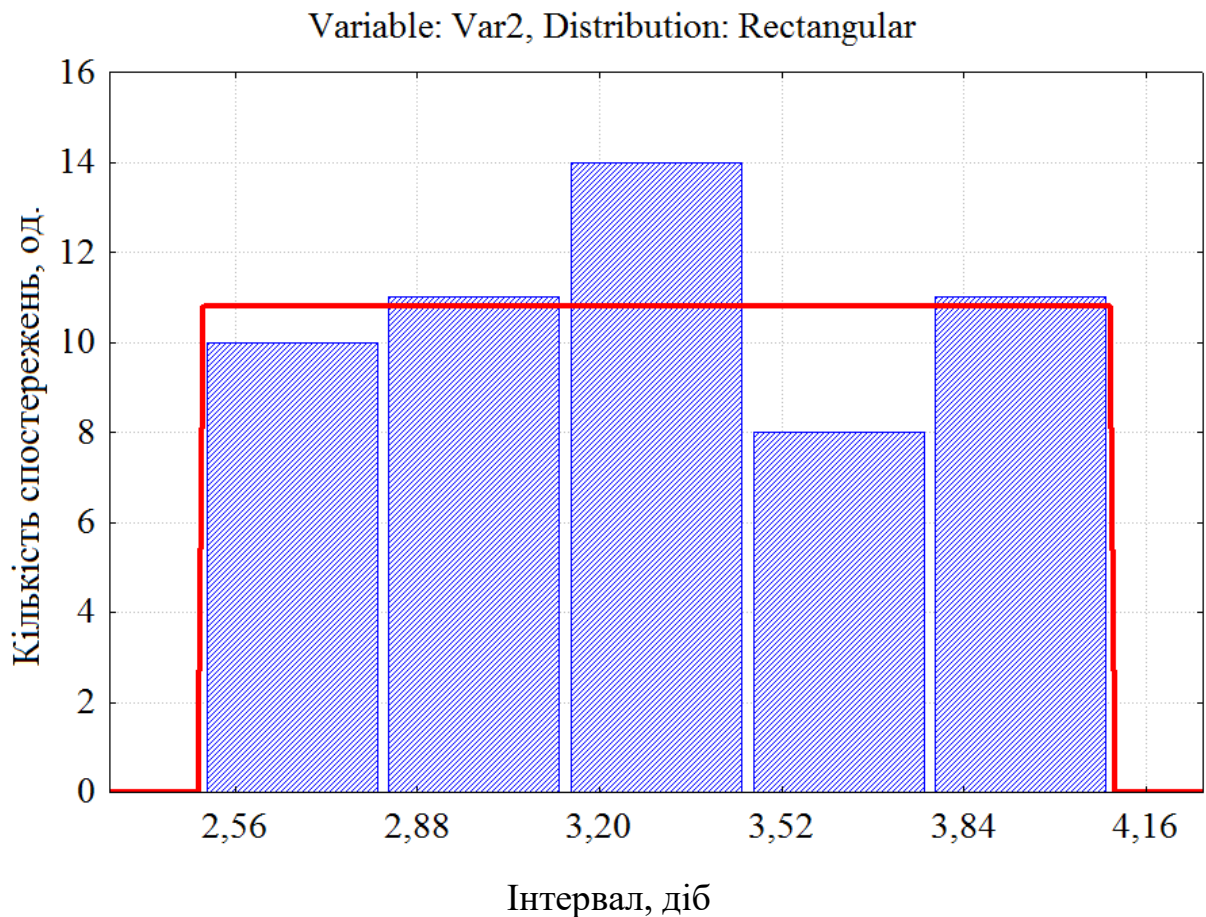


Рисунок 2.31 – Діаграма щільності ймовірності розподілу значень часу руху маршрутних составів до Одеського морського торговельного порту

Нижче наведено ряд даних часу руху збірних составів до Одеського морського торговельного порту (діб):

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

Ті ж дані у порядку зростання:

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

Діаграма щільності ймовірності розподілу значень часу руху збірних составів до Одеського морського торговельного порту показана на рисунку 2.32.

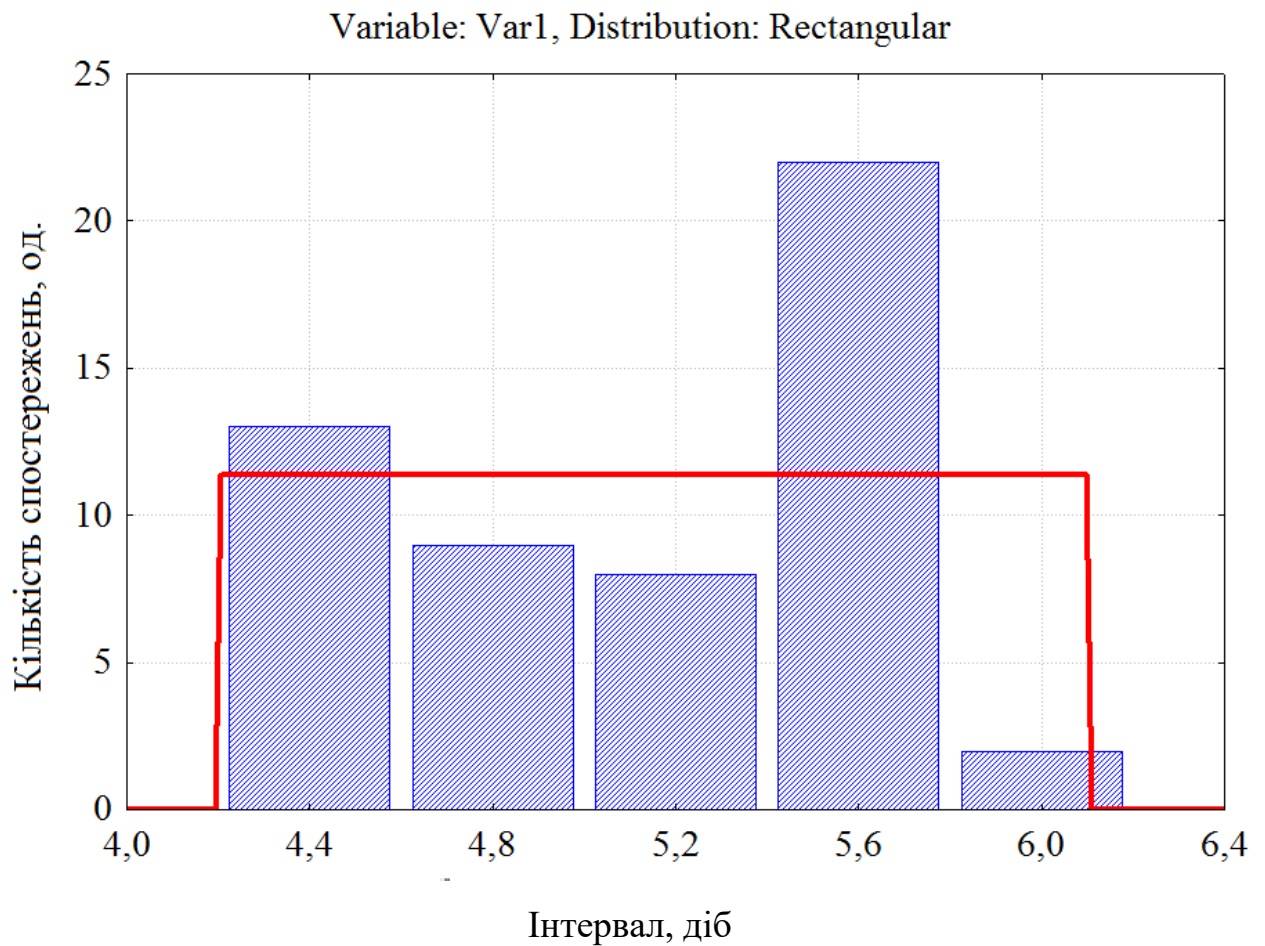


Рисунок 2.32 – Діаграма щільності ймовірності розподілу значень часу руху збірних составів до Одеського морського торговельного порту

Так сам, як і у попередньому випадку, найкращим чином випадкова величина може бути описана рівномірним законом розподілу.

За даними сайтів [15,16] була визначена відстань та час руху суден за двома варіантами доставки (рисунки 2.33 та 2.34).

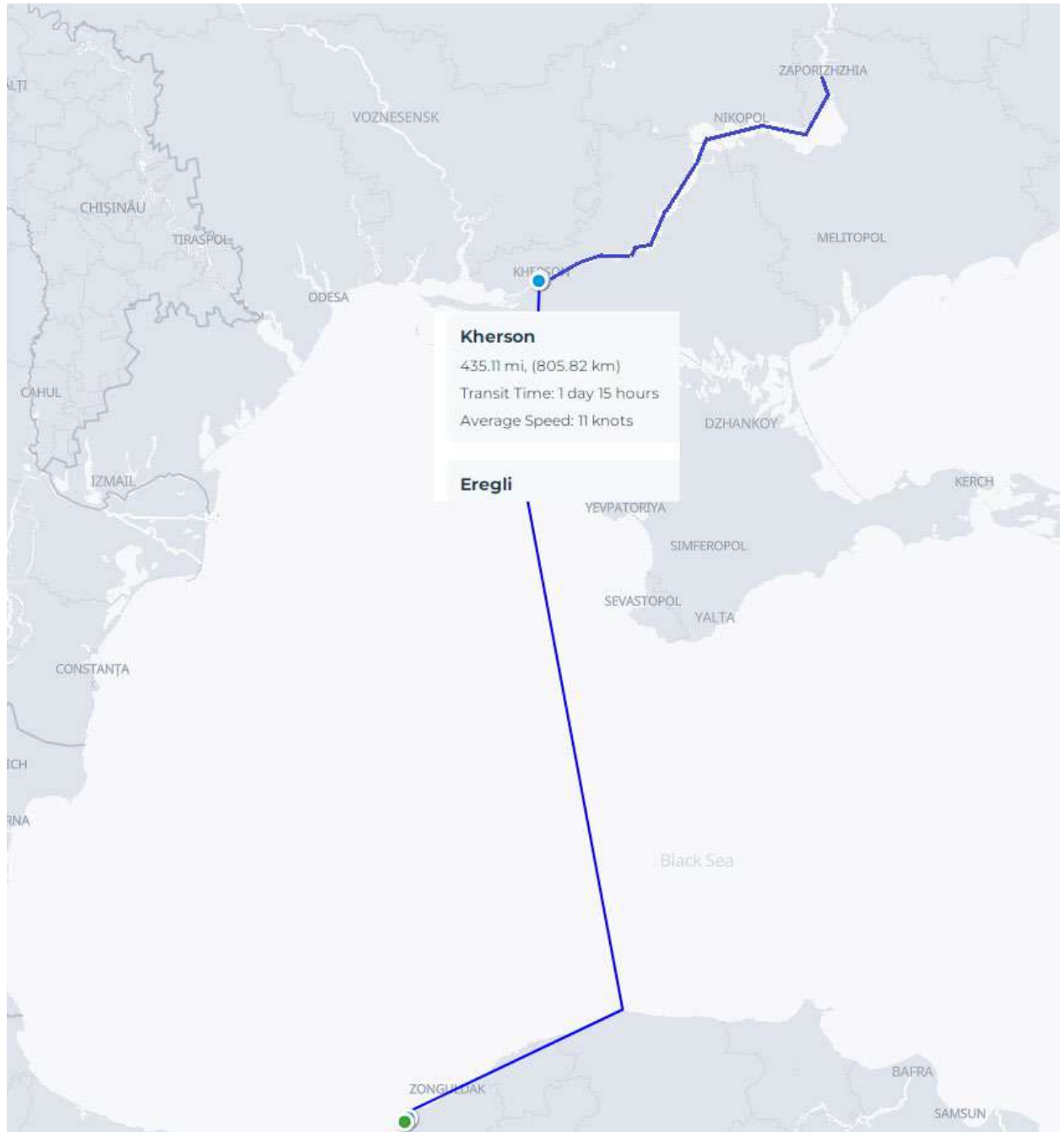


Рисунок 2.33 – Визначення відстані та часу доставки із Запорізького річкового порту

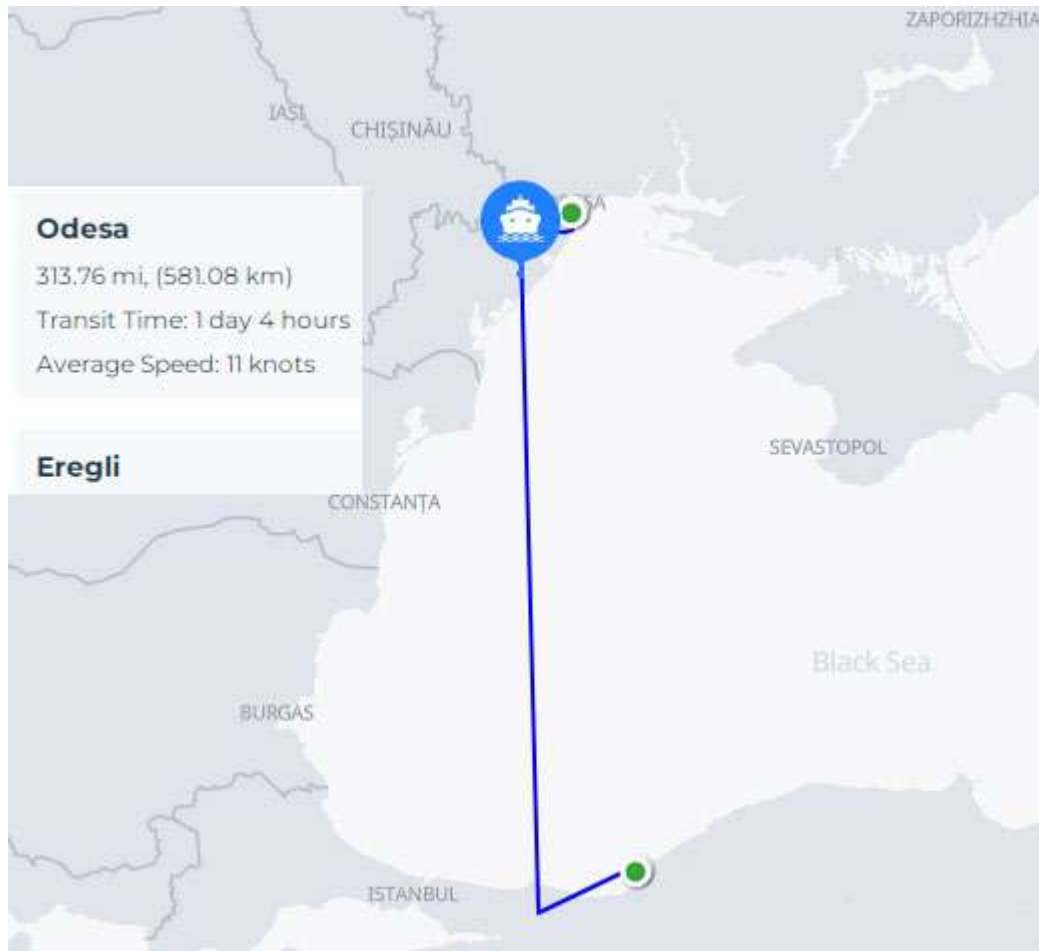


Рисунок 2.34 – Визначення відстані та часу доставки із Одеського морського торговельного порту

Прийнято наступні значення тривалості перевезень:

- з Запорізького річкового порту – 2,2 доби;
- з Одеського морського торговельного порту – 1,2 доби.

Слід відмітити, що причали Одеського порту дозволяють обслуговувати судна з осадкою до 7,1 метри, що надає можливість використання суден більшої вантажопідйомності, ніж причали Запорізького порту. Але задачі, поставлені в даній магістерській роботі, дещо вужчі та інші. Врахування даного фактору можливе в інших роботах.

2.3 Експерименти та обробка результатів роботи моделі

2.3.1 Дослідження показників ефективності доставки продукції через порт міста Одеса

Вносимо вихідні дані інтенсивності планового навантаження готової продукції до елемента генерації замовлень Navantagennia розробленої програми (рисунок 2.35).

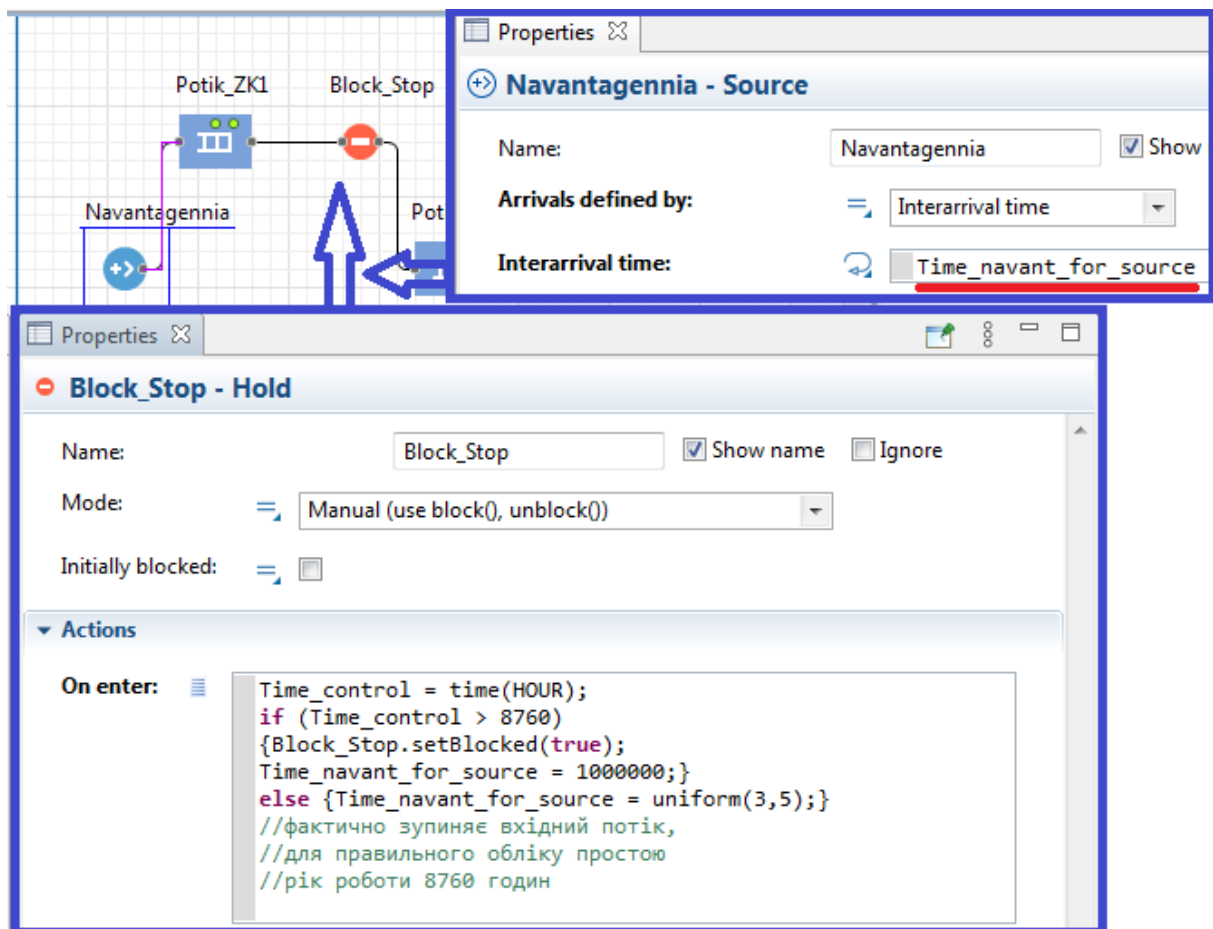


Рисунок 2.35 – Параметри елемента генерації замовлень Navantagennia

Інтенсивність задається інтервальним часом у вигляді випадкової величини, розподіленої за рівномірним законом розподілу: $\text{uniform}(3,5)$, де перший параметр – мінімальне, а другий – максимальне значення інтервалу послідовного навантаження продукції у годинах.

Кількість замовлень-агентів, що утворюються – 6.

Тривалість маневрової роботи із формування составів була встановлена одразу при розробці моделі у розділі 2.2 за даними ЄТП підприємства Ruh_ZL_part – 2,5 години для збірних відправлень, Ruh_ZL_M – 4 години для маршрутів.

Тривалість руху залізничних составів прописуємо у елементах (рисунки 2.36, 2.37):

- Ruh_port_M (для маршрутів) – uniform (2.5,4.1), рівномірний розподіл;
- Ruh_port_part (для партій вагонів) – uniform (4.2,6.1), рівномірний розподіл.

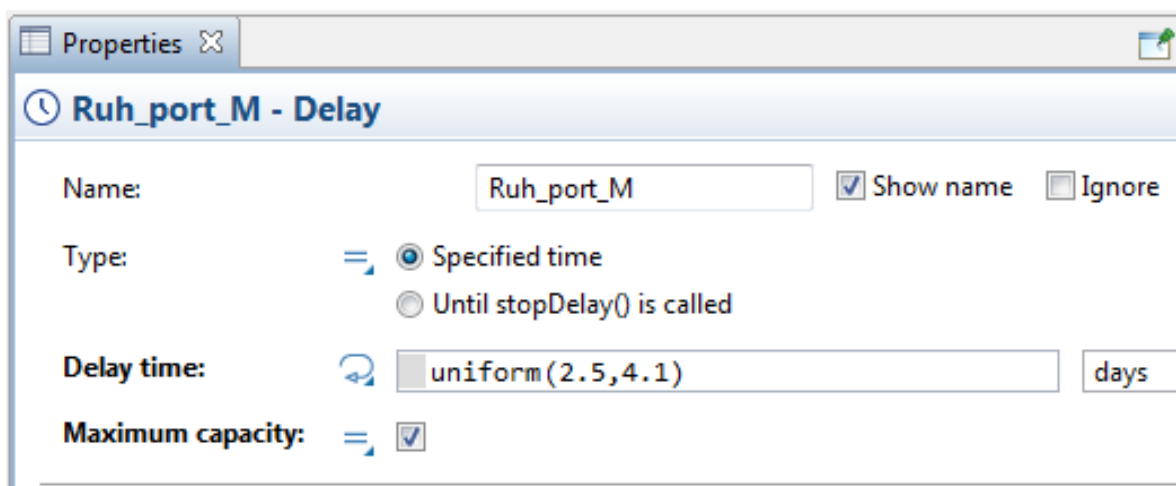


Рисунок 2.36 – Параметри Ruh_port_M

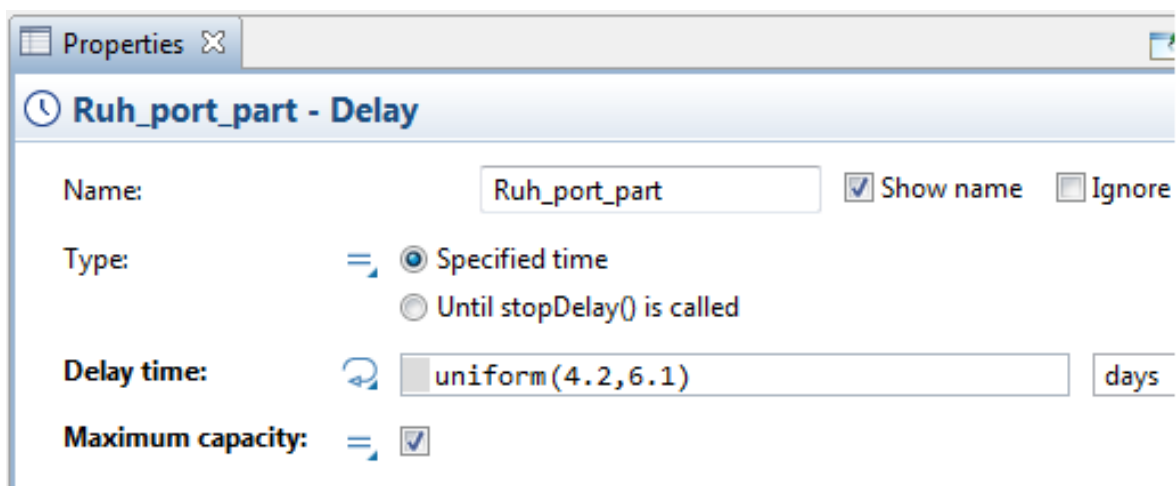


Рисунок 2.37 – Параметри Ruh_port_part

2.3.2 Експерименти на моделі доставки продукції через порт міста Одеса

Здійснено планування проведення експериментів - таблиця 2.3.

Таблиця 2.3 – План проведення експериментів

Експеримент	Час накопичення маршрутних составів, годин
1	30
2	35
3	40
4	45
5	50

Діапазон часу на накопичення маршрутних составів обмежено показником 30 годин, оскільки за меншої тривалості при заданій інтенсивності виробництва на експорт (у середньому – 36 вагонів на добу) ймовірність накопичення маршрутів розміром 50 вагонів є малоймовірним.

Максимальний термін 50 годин обрано через те, що його перевищення є недоцільним, оскільки різниця між доставкою у порт вагонів маршрутними складами швидше у порівнянні із збірними у середньому становить менше 2 діб.

Результати першого експерименту показані на рисунку 2.38.

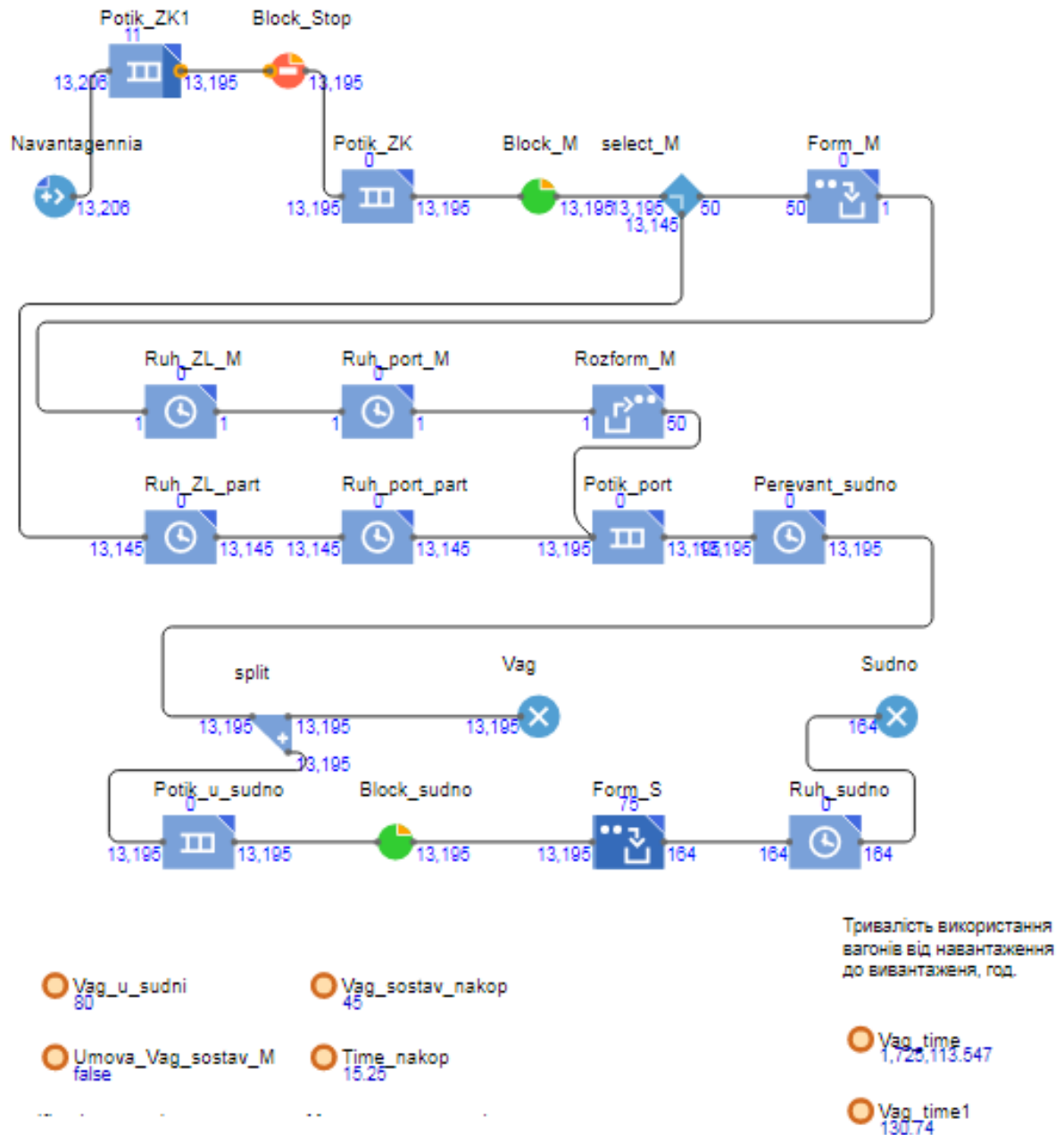


Рисунок 2.38 - Результати першого експерименту

Як бачимо, за параметрами елемента Form_M за рік було сформовано лише один маршрутний состав. Аналогічним чином виконуємо наступні експерименти. Їх результати представлено у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Експерименти на моделі доставки продукції через порт міста Одеса

№ експ.	Максимальний час очікування накопичення маршрутів, год.	Кількість вагонів, од.	Вагони у складі збірних поїздів, од.	Вагони у складі маршрутів, од.	Кількість маршрутів, од.	Середня тривалість використання одного вагону, год.
1	30	13195	13145	50	1	131
2	35	13123	4573	8550	171	114
3	40	13159	109	13050	261	98,6
4	45	13135	35	13100	262	98,7
5	50	13135	35	13100	262	98,7

З огляду на отримані результати, доцільним є поставити ще додаткові експерименти в діапазоні від 35 до 40 годин часу очікування накопичення маршрутів.

Проводимо потрібні прогони моделі та доповнюємо дані результатів – отримуємо таблицю 2.5.

Таблиця 2.5 – Додаткові експерименти на моделі доставки продукції через порт міста Одеса

№ експ.	Максимальний час очікування накопичення маршрутів, год.	Кількість вагонів, од.	Вагони у складі збірних поїздів, од.	Вагони у складі маршрутів, од.	Кількість маршрутів, од.	Середня тривалість використання одного вагону, год.
1	30	13195	13145	50	1	131
2	35	13123	4573	8550	171	114
3	36	13165	2915	10250	205	109
4	37	13117	1517	11600	232	104
5	38	13165	765	12400	248	101
6	39	13153	153	13000	260	98,7
7	40	13159	109	13050	261	98,6
8	45	13135	35	13100	262	98,7
9	50	13135	35	13100	262	98,7

На рисунку 2.39 наведено графік залежності середнього часу тривалості використання вагону в залежності від часу накопичення маршрутів.

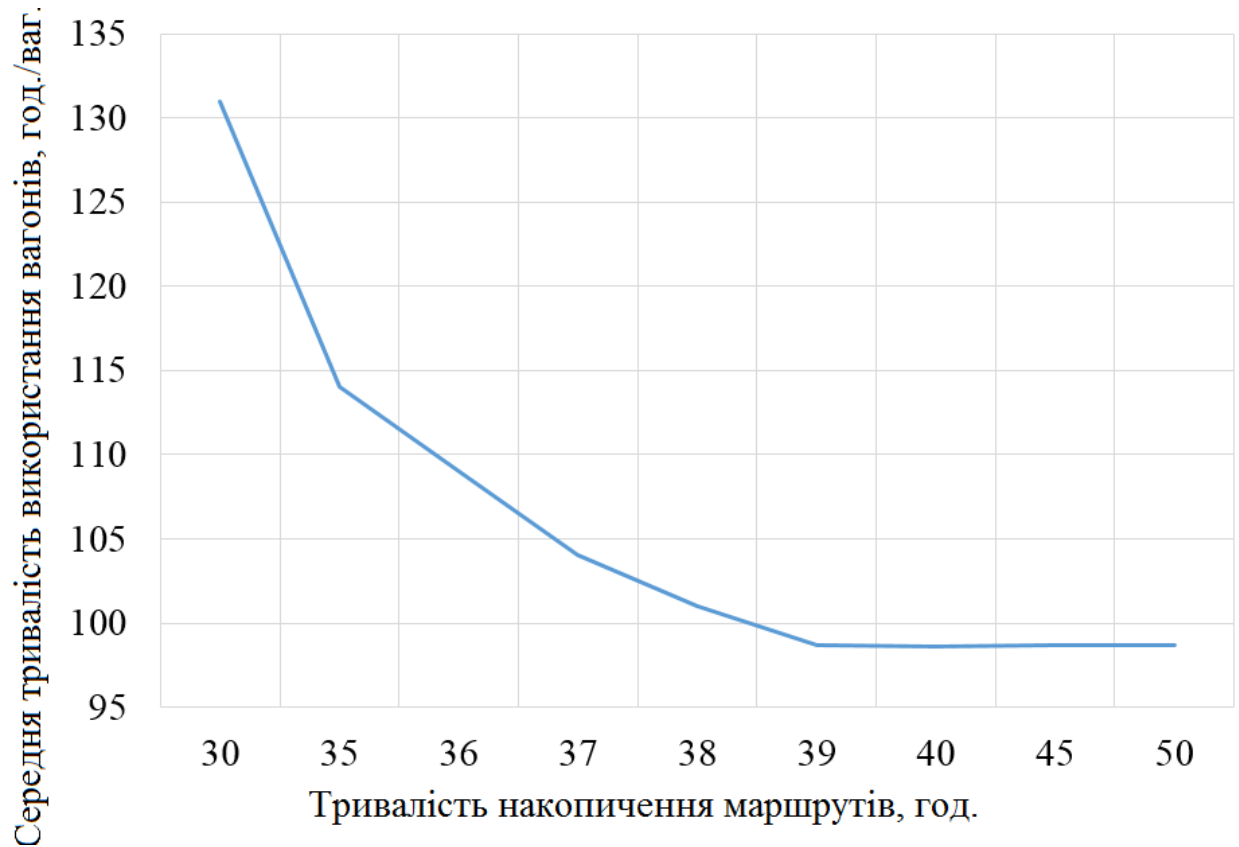


Рисунок 2.39 – Графік залежності середнього часу тривалості використання вагону в залежності від часу накопичення маршрутів

Найменша тривалість користування вагонами спостерігається при тривалості накопичення – до 40 годин.

2.3.3 Експерименти на моделі доставки продукції через порт міста Запоріжжя

Час руху составів до порту міста Запоріжжя з ПрАТ «Запоріжжкокс» є набагато меншим, ніж до порту міста Одеси.

Тривалість руху маршрутних составів приймаємо рівномірно розподіленою у діапазоні 12...25 годин, збірних составів – 35...56 годин.

Така різниця пояснюється тим, що маршрутні состави рухаються від станції Запоріжжя-Ліве до станції Порт Велике Запоріжжя, а збірні состави прямують за планом формування через станцію Запоріжжя 2.

За раніше встановленим планом здійснюємо реалізацію моделі (рисунки 2.40 та 2.41).

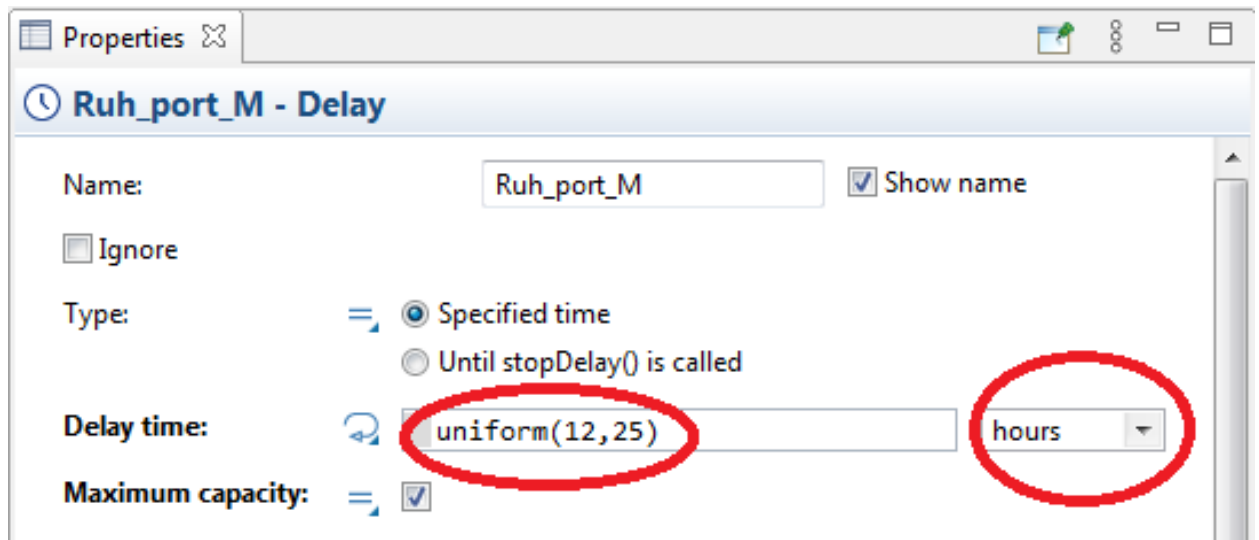


Рисунок 2.40 – Параметри Ruh_port_M для доставки у порт міста Запоріжжя

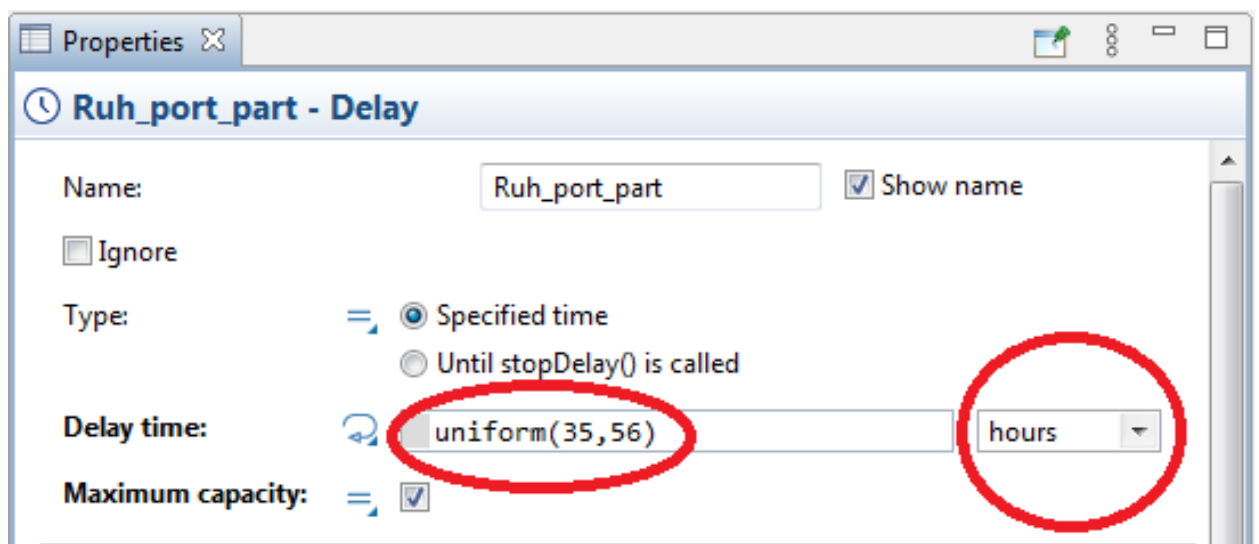


Рисунок 2.41 – Параметри Ruh_port_part для доставки у порт міста Запоріжжя

Результати прогонів моделі представлені у таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Експерименти на моделі доставки продукції через порт міста Запоріжжя

№ експ.	Максимальний час очікування накопичення маршрутів, год.	Кількість вагонів, од.	Вагони у складі збірних поїздів, од.	Вагони у складі маршрутів, од.	Кількість маршрутів, од.	Середня тривалість використання одного вагону, год.
1	30	13123	13123	0	0	53
2	35	13117	4567	8550	171	47
3	40	13147	147	13000	260	38,9
4	45	13123	23	13100	262	38,7
5	50	13123	23	13100	262	38,7

З огляду на отримані результати, доцільним є встановити тривалість очікування накопичення маршрутів до 45 годин.

На рисунку 2.42 наведено графік залежності середнього часу тривалості використання вагону в залежності від часу накопичення маршрутів.

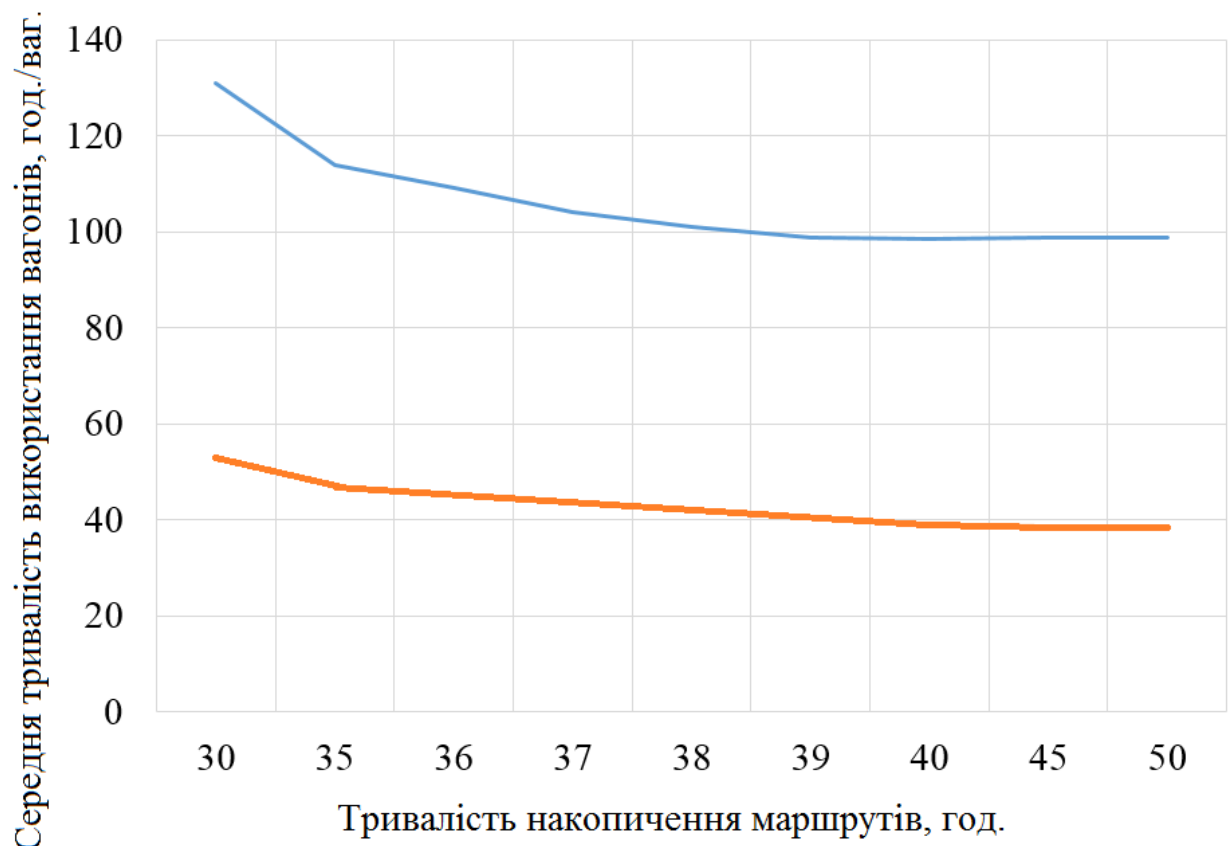


Рисунок 2.42 – Графік залежності середнього часу тривалості використання вагону в залежності від часу накопичення маршрутів
(верхній графік – для порту міста Одеса,
нижній – для порту міста Запоріжжя)

Визначивши технічні параметри роботи із мінімальними значення ми часу використання вагонів за варіантами – 98,6 годин/вагон (Одеса) та 38,7 годин/вагон (Запоріжжя), переходимо до економічної частини проєкту.

3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

В магістерській роботі розглядається ситуація з розвитку підприємства ПрАТ «Запоріжжкокс» в умовах післявоєнного відновлення. Передбачається відновлення постачань продукції на експорт. На прикладі постачань до промислового міста-порту Єреглі на турецькому узбережжі Чорного моря, де розташований найбільший металургійний завод компанії Erdemir, розроблено імітаційну модель, завдяки якій визначені технічні показники використання транспортних засобів за двома маршрутами перевезень:

- варіант 1 — доставка залізничним транспортом до Одеського морського торгового порту з подальшою відправкою суднами місткістю 6000 тонн до Єреглі;
- варіант 2 — доставка залізничним транспортом до Запорізького річкового порту з подальшою відправкою суднами місткістю 3500 тонн до Єреглі (варіант розглядається в контексті відновлення греблі Каховської ГЕС, можливість більшого рівня завантаження суден обмежується глибиною річки Дніпро на ділянці Запоріжжя-Херсон, яка становить близько 4 м).

В другій частині, за допомогою імітаційної моделі, встановлена доцільність максимальної тривалості накопичення маршрутних залізничних составів на коліях підприємства, за якої забезпечується мінімальний час перебування вагонів на маршруті доставки:

- для варіанту 1 — до 40 годин на накопичення забезпечують середній час використання одного вагону на маршруті 98,6 год./ваг.;
- для варіанту 2 — до 45 годин на накопичення забезпечують середній час використання одного вагону на маршруті 38,7 год./ваг.

В якості прикладу розглядається перевезення пеку кам'яновугільного твердого, код 471 – відноситься у відповідності до 3-го тарифного класу, тарифний коефіцієнт – 2,834. У разі перевезення маршрутними відправками, відстань перевезень становить 533 км (рисунок 3.1), а у складі збірних поїздів – 872 км.



Рисунок 3.1 – Схема маршруту разі перевезення маршрутними відправками до порту Одеси (позначено голубим кольором)

Розмір тарифу для універсального орендованого піввагону при завантаженні 52 тони становить 4597 грн.

Тож, з урахуванням тарифного коефіцієнту [17] та ПДВ, провізна плата становитиме $4597 \cdot 2,834 \cdot 1,2 = 15633,48$ грн за вагон.

Приймаємо до уваги, що уданому випадку частина шляху (близько 260 км) приходить на неелектрифіковані ділянки (між станцією Апостолово та Колосівка) – рисунок 3.2.



Рисунок 3.2 – Схема маршруту разі перевезення маршрутними відправками до порту Одеси (фіолетовим кольором позначено неелектрифіковані ділянки)

У разі перевезення за планом формування для збірних відправлень весь шлях проходження вагонів є повністю електрифікованим, але він набагато довший. При доставці вагонів до Запорізького порту тариф становить 2972,3 грн, лінії є електрифікованими.

Вартість оренди вагону приймаємо 1350 грн [18].

Рейсове фрахтування передбачає встановлення плати за доставку однієї тони вантажу. Приймаємо її у розмірі 45\$ на тону [19] для суден 6000 т.

Вартість перевезення судами типу ріка-море [20] приймаємо у розмірі $20 + 45 = 65\$$ на тону для судна 3500 т (з урахуванням відстані перевезень за проектом).

Виконаємо економічні розрахунки [21-23] за варіантами перевезень на основі встановлених техніко-економічних параметрів (таблиця 3.1).

Таблиця 3.1 – Техніко-економічні параметри

№ з/п	Параметр	Значення	Од. виміру
1	Планова кількість продукції на експорт	680	тис. т на рік
2	Розрахункова кількість вагонів	1377	од.
3	Вартість тарифу на перевезення залізничним транспортом за варіантом 1	15633,48	грн/ваг.
4	Вартість тарифу на перевезення залізничним транспортом за варіантом 2	2972,3	грн/ваг.
5	Середній час користування одним вагоном за період доставки за варіантом 1	98,6	год.
6	Середній час користування одним вагоном за період доставки за варіантом 2	38,7	год.
7	Вартість оренди 1 вагону	1350	грн/добу

Кінець таблиці 3.1

№ з/п	Параметр	Значення	Од. виміру
8	Розрахункова кількість суден за варіантом 1	114	од.
9	Розрахункова кількість суден за варіантом 2	194	од.
10	Вартість перевезення вантажу за 1 варіантом	9801	тис. грн/ судно
11	Вартість перевезення вантажу за 2 варіантом	8258	тис. грн/ судно
12	Викиди CO ₂ при перевезеннях залізничним транспортом з електротягою	15	г/ткм
13	Викиди CO ₂ при використанні на перевезеннях залізничним транспортом лише дизельної тяги	35	г/ткм
14	Викиди CO ₂ при перевезеннях вантажів водним транспортом	30	г/ткм
15	Вартість квот на CO ₂	3600	грн/т

Вартість квоти на тону CO₂ може суттєво варіюватись, залежно від:

- регіону;
- попиту та пропозиції квот на ринку;
- економічних умов;
- політичної ситуації.

В проєкті прийнятий плановий показник на основі спілкування із штучним інтелектом та даними різних інтернет-ресурсів.

3.1 Варіант 1

Вартість витрат за доставку встановимо за виразом:

$$C_{\text{річ}} = C_{\text{зт}} + C_{\text{вт}} (+ C_{\text{кв}}), \quad (3.1)$$

де $C_{\text{річ}}$ – загальні річні витрати, грн/рік;

$C_{\text{зт}}$ – витрати на залізн. транспорт, грн/рік;

$C_{\text{вт}}$ – витрати на водний транспорт, грн/рік;

$C_{\text{кв}}$ – витрати на квоти, грн/рік (покажемо умовно в рамках дослідження магістерської роботи).

В даному варіанті слід розглянути можливість доставки за збільшеним маршрутом, який не передбачає неелектрифікованих залізничних ліній.

В цьому випадку тариф на перевезення становить 23210,46 грн/вагон. Тож вартість тарифу на рік становитиме:

$$1377 \cdot 23210,46 = 31960803,42 \text{ грн.}$$

Обсяг CO₂:

$$680000 \text{ т} \cdot 743 \text{ км} \cdot 15 \text{ г/ткм} = 7578600000 \text{ г} = 7578,6 \text{ т.}$$

Вартість квот на CO₂:

$$7578,6 \text{ т} \cdot 3600 \text{ грн/т} = 27282960 \text{ грн.}$$

Загалом:

$$31960803,42 + 27282960 = 59243763,42 \text{ грн.}$$

Плановий короткий маршрут.

Вартість тарифу на рік:

$$1377 \cdot 15633,48 = 21527301,96 \text{ грн.}$$

Обсяг CO₂:

$$680000 \text{ т} (273 \text{ км} \cdot 15 \text{ г/ткм} + 260 \text{ км} \cdot 35 \text{ г/ткм}) = 8972600000 \text{ г} = 8972,6 \text{ т.}$$

Вартість квот на CO₂:

$$8972,6 \text{ т} \cdot 3600 \text{ грн/т} = 32301360 \text{ грн.}$$

Загалом:

$$21527301,96 + 32301360 = 53828661,96 \text{ грн,}$$

що на 5415101,46 грн менше, тож розрахунки виконуємо для більш короткого маршруту.

Витрати на залізничний транспорт визначимо за формулою:

$$C_{\text{зт}} = N_{\text{в}} (T_{\text{в}} C_{\text{в}} + C_{\text{тар}}), \quad (3.2)$$

де $N_{\text{в}}$ – кількість вагонів, од.;

$T_{\text{в}}$ – час користування одним вагоном, год.;

$C_{\text{в}}$ – вартість години користування $1350/24 = 56,25$ грн/год.;

$C_{\text{тар}}$ – вартість тарифу на перевезення 1 вагону, грн.

Виконаємо розрахунки за (3.2):

$$C_{зт1} = 1377 \cdot (98,6 \cdot 56,25 + 15633,48) = 29164488,21 \text{ грн.}$$

Витрати на доставку водним транспортом визначимо за формулою:

$$C_{вт} = N_c C_c, \quad (3.3)$$

де N_c – кількість суден, од.;

C_c – вартість доставки вантажу на 1 судні, грн.

Виконаємо розрахунки за (3.3):

$$C_{вт1} = 114 \cdot 9801000 = 1117314000 \text{ грн.}$$

Витрати на квоти визначаємо за формулою:

$$C_{кв} = V_c (P_{зт} V_{зт} + P_v V_v) / 1000000, \quad (3.4)$$

де V_c – вартість квот на 1 тону CO_2 , грн;

$P_{зт}$ – обсяг роботи у ткм залізничним транспортом;

$V_{зт}$ – викиди залізничного транспорту гр/ткм;

P_v – обсяг роботи у ткм водним транспортом;

V_v – викиди водного транспорту гр/ткм.

Для варіанту 1

$$P_{зт} V_{зт} = 680000 \text{ т} (273 \text{ км} \cdot 15 \text{ г/ткм} + 260 \text{ км} \cdot 35 \text{ г/ткм}) = 8972600000 \text{ г.}$$

$$P_v V_v = 680000 \text{ т} \cdot 581 \text{ км} \cdot 30 \text{ г/ткм} = 11852400000 \text{ г.}$$

Виконаємо розрахунки за (3.4):

$$C_{\text{кв1}} = 3600 (8972600000 + 11852400000) / 1000000 = 74970000 \text{ грн} = 75 \text{ млн грн.}$$

Загальні витрати за (3.1):

$$C_{\text{річ1}} = 29164488,21 + 1117314000 = 1146478488 = 1\,146,5 \text{ млн грн.}$$

3.2 Варіант 2

Виконаємо розрахунки витрат на залізничний транспорт за (3.2):

$$C_{\text{зт2}} = 1377 \cdot (56,25 \cdot 38,7 + 2972,3) = 7090413,98 \text{ грн.}$$

Виконаємо розрахунки за (3.3) витрат на водний транспорт:

$$C_{\text{вт2}} = 194 \cdot 8258000 = 1602052000 \text{ грн.}$$

Витрати на квоти за формулою (3.4):

$$C_{\text{кв2}} = 3600 (21 \cdot 680000 \cdot 15 + 680000 \cdot 1080 \cdot 30) / 1000000 = 80086320 \text{ грн} = 80,1 \text{ млн грн.}$$

Загальні витрати за (3.1):

$$C_{\text{річ2}} = 7090413,98 + 1602052000 = 1609142414 = 1\,609,1 \text{ млн грн.}$$

Економія за варіантом 1 становить:

$$1609,1 - 1146,5 = 462,6 \text{ млн грн/рік.}$$

Економічні показники наведено у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Економічні показники, млн грн на рік

№ з/п	Показник	Значення	
		Варіант 1	Варіант 2
1	Витрати на доставку залізничним транспортом	29,2	7,1
2	Витрати на доставку водним транспортом	1117,3	1602
3	Загальна вартість доставки	1146,5	1609,1
4	Економія	462,6	-
5	Вартість квот на CO ₂	75	80,1

Відповідно до таблиці 3.2 перший варіант доставки продукції ПрАТ «Запоріжжкокс» через порт Одеси більш вигідний, також за цим варіантом менші викиди CO₂ та, відповідно, вартість квот.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В дипломному проекті розглядається організація перевезень на експорт продукції ПрАТ «Запоріжжкокс» .

В проекті розглядається аналіз потенційних небезпек, які можуть вплинути на дослідника під час збору даних для дипломної роботи та проводяться заходи по їх усуненню.

4.1 Аналіз потенційних небезпек

- при навантаженні коксу, який в стані навалом, пил сильно діє на організм вантажника і на дослідника. При вдиханні можливе запалення слимакових дихальних шляхів, а також явлення загального отруєння (нудота);
- при перевантаженні коксу з хоперів, можливо обрушення сипучих матеріалів на робітників, що призведе до травм;
- при вантажно-розвантажувальних роботах можливо переохолодження робітників в холодний час року, що призводить до простудних захворювань;
- недостатньо освітлення на накопичувальних майданчиків може призвести до обрушення коксу з-за невірної навантаження-розвантаження;
- при перевезенні коксу навалом, є можливість його розм'якшення при підвищених температурах до 80оС (в залежності від сорту) та затвердіння. При охолодженні створюється маса, яка важко розколюється. При розколюванні коксу виникає велика кількість пилу;

- при перевантаженні коксу на морський транспорт навалом при швидкості повітря більш 3 м/с кокс може оказувати фотодинамічний вплив (дія на шкіру) на людину, яка знаходиться майже на відстані до 25 м від місця виробництва перевантаження;
- ураження робітників та дослідника електричним струмом від не ізольованих чи пошкоджених кабелів порталних кранів, що призводить до електричної травми людини або пожежі;
- наїзди залізничним транспортом на робітників та дослідника у разі неузгодження дій складачів поїздів з головним диспетчером;
- при обробці даних на ПК, на дослідника діє негативний вплив шкідливих факторів середовища в дослідницькій лабораторії.

В додатку А показані заходи по їх усуненню. В додатку Б розроблені розрахунки з даних, заміряних шкідливих факторів в лабораторії дослідника, де є ПК, для визначення доплати за ці шкідливі фактори.

4.2 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях

4.2.1 Заходи з пожежної безпеки

Для попередження займання ізоляції на складі необхідно захистити електропроводку від пошкодження, розмістивши її в товстостінні труби, відповідно вимогам ДСТУ 7237:2011 «Система стандартів безпеки праці. Електробезпека». На складі з вугіллям клас можливої пожежі буде визначен як «А», а категорія приміщення складу по пожежній безпеці – до «Г». Площа складу складає – 1650 кв.м. Згідно НАПБ 03.001-2004 «Типові норми належності вогнегасників» обираються 6 порошкових вогнегасників ВП-8. Первинні засоби пожежогасіння розташовуються при вході до складу на пожежному щиті, та із внутрішньої сторони на стінах чи колонах складу.

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

На майданчику площею 4550 кв. м необхідно розташувати пожежні щити. Клас можливої пожежі на майданчику дорівнюється А (кокс), по пожежонебезпеці до категорії Д. Необхідна кількість вогнегасників згідно НППБ 03.001- 2004 «Типові норми належності вогнегасників» обираються 12 водяно порошкові вогнегасники ВП-8.

Первинні засоби пожежогасіння розташовуються на пожежних щитах.

4.2.2 Заходи з цивільного захисту

Цивільний захист (ЦЗ) на промисловому об'єкті (надалі - на об'єкті) організується з метою захисту персоналу об'єкта і населення, що проживає поблизу від нього, від надзвичайних ситуацій (НС) природного, техногенного і військового характеру. Організація цивільного захисту представлена у додатку В.

ВИСНОВКИ

Проект спирається на потенціальну можливість розвитку ПрАТ «Запоріжжкокс» в умовах післявоєнного відновлення із урахуванням відновлення постачань продукції на експорт, особливо в період відновлення металургійної галузі.

На прикладі постачань до промислового міста-порту Єреґлі на турецькому узбережжі Чорного моря, де розташований найбільший металургійний завод компанії Erdemir, у першому розділі магістерської роботи визначені варіанти маршрутів перевезень:

- варіант 1 – доставка залізничним транспортом до Одеського морського торгового порту з подальшою відправкою суднами місткістю 6000 тонн до Єреґлі;
- варіант 2 – доставка залізничним транспортом до Запорізького річкового порту з подальшою відправкою суднами місткістю 3500 тонн до Єреґлі.

В другій частині, за допомогою імітаційної моделі, встановлена доцільність максимальної тривалості накопичення маршрутних залізничних составів на коліях підприємства, за якої забезпечується мінімальний час перебування вагонів на маршруті доставки:

- для варіанту 1 – до 40 годин на накопичення забезпечують середній час використання одного вагону на маршруті 98,6 год./ваг.;
- для варіанту 2 – до 45 годин на накопичення забезпечують середній час використання одного вагону на маршруті 38,7 год./ваг.

В економічній частині визначено, що перший варіант доставки продукції ПрАТ «Запоріжжкокс» через порт Одеси більш вигідний (були враховані витрати на залізничний та водний транспорт).

Економія першого варіанту у порівнянні з другим становить 462,6 мільйонів гривень на рік.

Також за цим варіантом менші викиди CO₂ та, відповідно, вартість квот. Таким чином, магістерська робота також має важливе екологічне значення.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Компанія Метінвест долучилася до розробки Зеленої стратегії України. URL : <https://www.unian.ua/economics/other/kompaniya-metinvest-doluchilasya-do-rozrobki-zelenoji-strategiji-ukrajini-12408048.html> (дата звернення: 10.09.2023).
2. Офіційний сайт підприємства ПрАТ «Запоріжжкокс». URL : <http://www.zaporozhcoke.com/> (дата звернення: 10.09.2023).
3. Підготовка вугільної шихти та виробництво коксу. URL : <https://www.youtube.com/watch?v=0iNmcOIWezs> (дата звернення 15.10.2023).
4. Огляд ринку коксу України. URL : http://www.rurik.com.ua/documents/research/coke_9m_2013_review.pdf (дата звернення 15.10.2023).
5. Виробництво коксу в Україні впало на 59% у 2022 році. URL : <https://dia.dp.gov.ua/virobnictvo-koksu-v-ukra%D1%97ni-vpalo-na-59-u-2022-roci/> (дата звернення 16.10.2023).
6. Дослідження тенденцій розвитку коксохімічного виробництва в Україні у 2007-2010 роках. URL : <https://is.gd/Lfi8uJ> (дата звернення 16.10.2023).
7. Україна: імпорт і експорт коксу у вересні 2012 року. URL : <https://ukrchem.dp.ua/2012/11/19/ukraina-import-i-eksport-koksa-v-sentyabre-2012-goda.html> (дата звернення 16.10.2023).
8. Офіційний сайт підприємства ПрАТ «Запоріжжкокс» : «Про нас». URL : <https://zaporozhcoke.com/o-nas/> (дата звернення 17.10.2023).
9. Вагони коксогасильні. URL : <http://lib.dts.dp.ua/> (дата звернення 17.10.2023).

10. Про реалізацію експериментального проекту «Будівництво Каховського гідровузла на р. Дніпро. Відбудова після руйнування Каховської ГЕС та забезпечення сталої роботи Дніпровської ГЕС у період відбудови». URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/730-2023-%D0%BF#Text> (дата звернення 18.10.2023).

11. Бюро корабельних інженерів. URL : <https://nab-marine.com/ru/nashi-proyekty/127-damage-control-plan> (дата звернення 19.10.2023).

12. 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 19.10.2023).

13. 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.

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

15. Searates. <https://www.searates.com/ru/services/distances-time/> URL : (дата звернення 10.11.2023).

16. Річкова інформаційна служба. URL : <https://ukrris.com.ua/services/distance/> (дата звернення 10.11.2023).

17. Зміни до збірника тарифів на перевезення вантажів залізничним транспортом у межах України. Офіційний сайт Укрзалізниці. URL : https://www.uz.gov.ua/files/file/cargo_transportation/legal_documents/%D0%9D%D0%B0%D0%BA%D0%B0%D0%B7%20%E2%84%96161%20%D0%B2%D1%96%D0%B4%2026.04.2016.pdf (дата звернення 10.11.2023).

18. Ставки плати за використання власних вагонів перевізника АТ "Укрзалізниця". URL : https://www.uz.gov.ua/cargo_transportation/tariff_conditions/stavky/stavky23/ (дата звернення 10.11.2023).

19. Ставки фрахту в регіоні Чорного моря та поточні тенденції експорту. Журнал «Судноплавство». URL : <https://ua.sudohodstvo.org/stavky-frahtu-v-regioni-chornogo-morya-ta-potochni-tendencziyi-eksportu/> (дата звернення 10.11.2023).

20. Огляд річкових портів і терміналів України станом на 2021 рік. Міністерство інфраструктури України. URL : <https://mtu.gov.ua/files/Vodnyi/%D0%90%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D1%96%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%BD%D1%96%20%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D1%96%D0%B0%D0%BB%D0%B8.docx> (дата звернення 10.11.2023).

21. Економіка залізничного транспорту [Текст]: підручник / за ред. Ю. В. Кулаєва, Ю. С. Бараша, М. В. Гненного; Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. - Дніпропетровськ, 2014. - 480 с.

22. 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.

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

24. 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: НУ «Запорізька політехніка». Каф. ОП і НС.

25. 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).

26. 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).

27. Шоботов В. М. Цивільна оборона: Навчальний посібник: Вид. 2-ге, перероб. – К.: Центр навчальної літератури, 2006. – 438 с.

ДОДАТОК А

ЗАХОДИ ПО ЗАБЕЗПЕЧЕННЮ БЕЗПЕКИ

1. Під час розвантаження коксу з хоперів необхідно, при відкритті люків, робітнику відійти на безпечну відстань щоб запобігти травмування. «Правила охорони праці під час навантажувальних-розвантажувальних робіт» Наказ № 21 від 19.01.2015.

2. При навантаженні коксу, який в стані навалом, його збризкують водою перед навантаженням для зменшення пиловиникнення. Для цього на ділянці встановлюють водопровідні крани для поливу та каналізаційні трапи.

3. Вантажні роботи з коксом та його транспортування не дозволяється при швидкості повітря більш ніж 3 м/сек. Всі роботи на відкритому повітрі повинні виконуватися відповідно Наказу № 822 від 26.07.2004 «Про затвердження Правил норм перевезення небезпечних вантажів».

4. Для уникнення можливих наїздів залізничним транспортом необхідно щоб робітники та дослідники були вдягнені в жилети зі світловідбивними смугами та узгоджувати свої дії з головним диспетчером по радіозв'язку відповідно Наказу № 822 від 26.07.2004 «Про затвердження Правил норм перевезення небезпечних вантажів».

5. Для попередження ураження електричним струмом необхідно проводити перевірку знань на 4 чи 3 групи з електробезпеки, забезпечувати устрій захисного заземлення, проводити періодичні перевірки справності кабельних барабанів. Всі силові кабелі для уникнення випадкового пошкодження укладені в спеціальні жолоба.

ДОДАТОК Б

ЗАХОДИ З ВИРОБНИЧОЇ САНІТАРІЇ ТА ГІГІЄНИ ПРАЦІ

1. Для попередження попадання пилу від руди, коксу, вапняку та інших в легені робітників необхідно застосовувати засоби індивідуального захисту. До таких відноситься застосування респіраторів. ДСТУ 7339:2011 «Системи стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту».

2. Для попередження переохолодження робітників необхідно забезпечити їх теплим одягом відповідно ДСТУ 7339:2011 «Системи стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту».

3. 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 або світлодіодні прожектори.

Відповідно замірам в лабораторії де є ПК, заносимо ці дані в таблицю Б.1 відповідності, що впливають на дослідника в процесі провадження іспитів.

Відповідно до додатка А [24], за витратами енергії, визначаємо категорію робіт для дослідника лабораторії обладнаної ПК. Умови праці, за витратами енергії, не перевищують 140 Вт (90-120 ккал/год.) та повинні відповідати легким фізичним роботам – категорії Іб.

Таблиця Б.1 – Значення показників лабораторії

Фактор (показник)	Фактичне значення	Час дії год.
Умови праці:		
Мікроклімат за ТНС-індексом, $t, ^\circ C$	27	8
Освітленість приміщення $E, лк$	320	8
Розряд і підрозряд зорових робіт, $З_{ор}$	A-2	—
Рівень шуму $L, дБ A$	86	5
Напруженість праці:		
Загальні енергозатрати організму, Bm	300	7
Стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук)	38000	6
Важкість праці:		
Тривалість зосередження уваги (в % від часу зміни)	76	7
Тривалість робочого дня, год.	8	8

З додатків [24], відповідно до категорії робіт Іб, розряду зорових робіт А-2 та виявлених показників умов та напруженості праці, визначаємо ГДК (ГДР) виявлених факторів і показників та вносимо їх значення до стовпчика 4 таблиці Б.2 «Результати оцінювання за бальною шкалою».

Таблиця Б.2 – 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, $t, ^\circ C$	27	8	22,9-25,8	3	3.3	3
Освітленість приміщення $E, лк$	320	8	400	—	3.1	1
Розряд і підрозряд зорових робіт, $З_{ор}$	A-2	—	—	—	—	—
Рівень шуму $L, дБА$	86	5	50	—	3.1	0,63
Загальні енергозатрати організму, Bm	300	7	290	0,91	3.2	2
Стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук)	38000	6	40000	0,71		
Тривалість зосередження уваги (в % від часу зміни)	76	7	75	0,89		
Тривалість робочого дня, год.	8	8	8	0,15		

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

- для гігієнічної оцінки мікроклімату використовуємо ТНС-індекс, додаток Б [24]. Розрахунковий коефіцієнт $X_{визн}$ при оцінці мікроклімату визначаємо в балах, за формулою:

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

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

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

$$X_{визн} = \frac{П_{вим} \cdot T \cdot K_{знач}}{8 \cdot P_{доп}} = \frac{300 \cdot 7 \cdot 1,0}{8 \cdot 290} = 0,91;$$

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

$$X_{визн} = \frac{П_{вим} \cdot T \cdot K_{знач}}{8 \cdot P_{доп}} = \frac{38000 \cdot 6 \cdot 1,0}{8 \cdot 40000} = 0,71;$$

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

$$X_{визн} = \frac{П_{вим} \cdot T \cdot K_{знач}}{8 \cdot P_{доп}} = \frac{76 \cdot 7 \cdot 1,0}{8 \cdot 75} = 0,89;$$

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

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

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 $X_{визн} = 2$, з таблиці 7.2 – 3 клас, 2 ступінь (3.2) [24];

- при оцінці освітленості робочої зони приміщення, клас та ступінь шкідливості умов праці визначаємо у відповідності до $P_{вим} = 320$ лк, за додатками Г та табл. Г.1 – 3 клас, 1 ступінь (3.1) [24];

- для гігієнічної оцінки рівня шуму, клас та ступінь шкідливості умов праці визначаємо у відповідності до виміряного значення рівня шуму $P_{вим} = 86$ дБА, за додатками Д та табл. Д.1 – 3 клас, 1 ступінь (3.1) [24];

- клас і ступінь важкості та напруженості праці визначаємо як суму розрахованих балів усіх показників $X_{визн}$ за формулою [24]:

$$X_{сум} = \sum_{i=1}^n X_i = 0,91 + 0,71 + 0,89 + 0,15 = 2,66.$$

З таблиці [25] за значенням суми розрахованих балів показників $X_{сум} = 2,66$ – 3 клас, 2 ступінь (3.2);

Тому що загальна гігієнічна оцінка умов праці за ступенем шкідливості та небезпечності, з урахуванням комбінованої та сумісної дії виробничих факторів, встановлюється за найбільш високим класом та ступенем шкідливості окремих факторів і показників, тому в результаті досліджень, відповідно до розрахунків, встановлено, що умови праці на робочому місці дослідника лабораторії обладнаної ПК належать до 3 класу, 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 8 годин, тому коректування не потрібно – $X_{cm} = X_i = 1$;

- для оцінки впливу шуму, виходимо з того, що його рівень відповідає 3 класу, 1 ступеню умов праці та діє протягом 5 годин, тому значення X_i визначаємо за формулою 7.4 [24]:

$$X_i = X_{cm} \cdot \frac{T}{8} = 1 \cdot \frac{5}{8} = 0,63;$$

- 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 [24]:

$$X_{факт} = \sum_{i=1}^n X_i = 3 + 1 + 0,63 + 2 = 6,63.$$

Розмір доплати за умовами праці визначаємо в залежності від їх фактичного стану – $X_{факт} = 6,63$, 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», розмір доплати до тарифної ставки (окладу) – 16 % [24].

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

1. Умови, важкості та напруженості праці на робочому місці дослідника в 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 I б, тому необхідно привести ці умови у відповідність до нормативних значень, які відповідають оптимальним параметрам для категорії I б, а саме:

- мікрокліматичні умови, за інтегральним показником теплового навантаження середовища - ТНС-індексом - $20,2-22,8^{\circ}\text{C}$;

- освітленість приміщення для роботи з дисплеями й відповідає розряду зорових робіт А-2, нормована загальна освітленість якого, на робочих столах – $E = 400 \text{ лк}$;

- рівень шуму в робочій зоні дослідника – 50 дБА ;

- загальні енергозатрати організму, до 174 Вт ;

- стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук), до 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 [25,26] які забезпечать нормалізацію умов праці, наприклад:

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

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

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

- для зменшення загальних енергозатрат організму, необхідно скоротити тривалість робочого дня до 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 [24], у розмірі 16 %.

ДОДАТОК В

ОРГАНІЗАЦІЯ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ

Основними завданнями ЦЗ [27] на об'єкті є:

- захист персоналу об'єкта і населення від НС;
- підвищення стійкості функціонування об'єкта в умовах НС;
- проведення аварійно-рятувальних і інших невідкладних робіт у вогнищах ураження і зонах катастрофічного затоплення.

На всіх об'єктах цивільний захист (ЦЗ) організовується з метою своєчасної підготовки їх до захисту від наслідків надзвичайних ситуацій (НС), зниження втрат, створення умов для підвищення стійкості роботи об'єктів і своєчасного проведення рятувальних і інших невідкладних робіт (РІНР).

Відповідальність за організацію й стан ЦЗ, за постійну готовність її сил і умов до проведення РІНР несе відповідальність начальник ЦЗ (НЦЗ) об'єкта – керівник підприємства, установи, організації.

Штаб ЦЗ проводить захід щодо захисту працівників і службовців і забезпечує своєчасне оповіщення населення про погрозу або виникнення НС. Організовує й забезпечує безперервне керування ЦЗ. Розробляє план дій органів керування й сил ЦЗ об'єкта із застереженням і ліквідації НС, періодично змінюється й організовує його виконання. Організовує й контролює навчання працівників, що служать із ЦЗ й підготовки невоєнізованих формувань об'єкта.

На об'єкті залежно від характеру його виробничої діяльності створюються служби ЦЗ: оповіщення і зв'язки; медична; радіаційного й хімічного захисту; охорони цивільного порядку; протипожежна; енергопостачання й світломаскування; аварійно-технічна; притулків і укриттів; транспортна; матеріально-технічного постачання й інші.

На них покладає виконання спеціальних заходів і забезпечення дій формувань при проведенні РІНР.

Управління службами виконують їх начальники, які призначаються наказом НЦЗ об'єкта, із числа начальників відділів, цехів, на базі яких вони створені. Начальники служб зобов'язані підтримувати в постійній готовності сили і засоби служби, знати моральні та ділові якості підлеглих і проводити з ними виховну роботу, заняття і навчання. Начальники служб беруть участь у розробці плану дій органів управління і сил із запобігання та ліквідації НС і самостійно розробляють необхідні документи служби. На них покладає своєчасне забезпечення підлеглих формувань спеціальним майном і технікою.