

**СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**

Інститут, факультет Транспорту і логістики  
(повне найменування інституту, факультету)

Кафедра Залізничного, автомобільного транспорту, підйомних та  
транспортних машин  
(повна назва кафедри)

## ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту  
освітньо-кваліфікаційного рівня \_\_\_\_\_ магістр \_\_\_\_\_  
(бакалавр, спеціаліст, магістр)  
напряму підготовки \_\_\_\_\_ 275- транспортні технології \_\_\_\_\_  
(шифр і назва напряму підготовки)  
спеціальності \_\_\_\_\_ Транспортні системи \_\_\_\_\_  
(шифр і назва спеціальності)

на тему «Підвищення ефективності ланцюга постачань мороженої  
продукції через оптимізацію роботи логістичного центру»

Виконав: студент групи ТС-163М

Іпатко Я.Ю.  
(прізвище, та ініціали)

.....  
(підпис)

Керівник Кічкіна О.І  
(прізвище та ініціали)

.....  
(підпис)

Завідувач кафедри Горбунов М.І.  
(прізвище та ініціали)

.....  
(підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Інститут, факультет транспорту і логістики  
 Кафедра Залізничного, автомобільного транспорту, підйомних та транспортних машин  
 Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр  
(бакалавр, спеціаліст, магістр)  
 Напрямок підготовки 275- транспортні технології  
(шифр і назва)  
 Спеціальність Транспортні системи  
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2018 року

**ЗАВДАННЯ  
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Іпатко Я.Ю.

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) «Підвищення ефективності ланцюга постачань мороженої продукції через оптимізацію роботи логістичного центру»

**Спец. завдання** Опанувати середовище моделювання Anylogic

**Керівник проекту (роботи)** Кічка О.І., к.т.н., доц.

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від “ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ .2017 року № \_\_\_\_\_ /

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 15.01.2018

3. Вихідні дані до проекту (роботи) статистичні дані компанії «Flagman Seafood»

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Аналіз діючого ланцюга постачань, розклад його на складові та аналіз методів щодо оптимізації найбільш уражених ланок, огляд методів щодо оптимізації існуючої моделі обслуговування, побудова нової імітаційної моделі ЛК як системи масового обслуговування.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Тема, мета, завдання та методи дослідження роботи; актуальність теми роботи; схема декомпозиції системи на підсистеми; схема смо; схеми зв'язку бази даних і моделей підсистем системи; імітаційна модель терміналу та відображення результатів моделювання; демонстрація моделі (У вигляді презентації).

## 6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 20.10.2017

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ /п	Назва етапів дипломного проектування	Строк виконання етапів	Примітка
1.	Збір даних для дипломування	20.10-15.11.17	
2.	Розділ 1	16.11-01.12.17	
3.	Розділ2	02.12-15.12.17	
4.	Розділ3	16.12.17-01.01.18	
5.	Розділ4	02.01-15.01.18	
6.	Рецензування роботи	19-22.01.2018	

Студент Іпатко Я.Ю.  
( підпис ) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) Кікіна О.І.

## РЕФЕРАТ

Робота складається з 66 сторінок; 18 рисунків; 47 літературних джерел.

В роботі розглянуто удосконалення ланцюга постачань мороженої продукції рибопереробного заводу на підставі імітаційного моделювання. Метою дослідження є підвищення ефективності ланцюга постачань через оптимізацію роботи логістичного центру. Для досягнення цілі був зроблений аналіз роботи підприємства та логістичного центру (ЛЦ). Були досліджені: технологічне оснащення ЛЦ, складові приміщення, вантажно-розвантажувальні елементи, під'їзні шляхи та транспортний склад. Також був зроблений аналіз дистрибуторської діяльності компанії і процес надходження та обробки товару до ЛЦ. На основі цих досліджень була побудована комп'ютерна модель роботи ЛЦ за допомогою програми AnyLogic.

ЛАНЦЮГ ПОСТАЧАТЬ, ЛОГІСТИЧНІ ВИТРАТИ, МОДЕЛЮВАННЯ, ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ, КОНЦЕПЦІЯ УПРАВЛІННЯ, СПОЖИВАЧ, ЛОГІСТИЧНИЙ ЦЕНТР, СКЛАДОВЕ ПРИМІЩЕННЯ, МАСОВЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ, СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ

					<i>ВРМ. ТС-16зм. 160-.ПЗ</i>					
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	<i>РЕФЕРАТ</i>					
<i>Разраб.</i>	Іпатко Я.Ю.							<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>										
<i>Руковод.</i>	Кічкіна О.І.							<i>СНУ ім. В.Даля</i>		
<i>Рецензент.</i>										
<i>Утверд.</i>										

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1 .....	9
АНАЛІЗ ЛАНЦЮГА ПОСТАЧАНЬ ТА ІСНУЮЧИХ ПІДХОДІВ ДО УДОСКОНАЛЕННЯ ЙОГО РОБОТИ .....	9
1.1 Функції та діяльність дистриб'юторської компанії «Флагман Сіафуд» ..	9
1.2 Аналіз ланцюга постачань компанії «Flagman Seafood» .....	13
1.3 Аналіз існуючих методів та підходів для оптимізації роботи логістичного центру .....	17
РОЗДІЛ 2 .....	25
АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ДЛЯ УДОСКОНАЛЕННЯ РОБОТИ ЛОГІСТИЧНОГО ЦЕНТРУ ТА ОБГРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНИХ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ЛАНЦЮГА ПОСТАЧАНЬ МОРОЖЕНОЇ ПРОДУКЦІЇ.....	25
2.1 Системний аналіз.....	25
2.2 Визначення системи та її характеристика.....	31
2.3 Імітаційне моделювання .....	33
ВИСНОВКИ ДО 2 РОЗДІЛУ .....	34
РОЗДІЛ 3 .....	35
ФОРМАЛІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ЛОГІСТИЧНОГО КОМПЛЕКСУ ТА ПОБУДОВА МОДЕЛІ.....	35
3.1 Визначення факторів, що впливають на процес моделювання .....	35
3.2 Інформаційна модель роботи логістичного центру .....	37
3.3 Математична формалізація моделі роботи логістичного терміналу.....	38
ВИСНОВКИ ДО 3 РОЗДІЛУ .....	43
РОЗДІЛ 4 .....	45
РЕАЛІЗАЦІЯ МОДЕЛІ ЛОГІСТИЧНОГО ЦЕНТРУ В ANYLOGIC.....	45
ВИСНОВКИ ДО 4 РОЗДІЛУ .....	52
ВИСНОВКИ.....	54
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	56
ДОДАТОК А.....	61

## ВСТУП

В умовах розвитку сучасного бізнесу, не втрачає своєї актуальності сегмент транспортної логістики. Пріоритетним напрямом виступає концепція інтегрованої логістики, яка заснована на забезпеченні неперервності постачання, зниження сукупних витрат в усіх ланках ланцюга від постачальника до споживача при задоволенні всіх запитів споживача.

Від виробництва до споживача продукт має подолати великий шлях, який починається зі збору матеріалів та закінчується в мережах збуту. На цьому шляху продукт долає багато етапів, а також переходить із «рук в руки», адже не завжди виробник може бути відповідальним за усі процеси. Такий шлях називається ланцюгом постачань. Він, нерідко, об'єднує декількох споживачів, транспортувальників, а також постачальників продукції.

Ланцюги постачання бувають досить складними, що виникає питання, а чи є можливість обходитись без них. Це можливо у випадку, коли ми переміщаємо продукти безпосередньо від виробника до кінцевого споживача.

Ланцюги постачання виникають і для того, аби попередити розриви, які виникають у тих випадках, коли постачальники розташовані на великих відстанях від споживачів. Більш того, окрім переміщення матеріалів між географічно віддаленими один від одного операціями ланцюги постачання дозволяють усувати невідповідності між попитом та пропозицією.

Підприємства, які співпрацюють в єдиному ланцюгу поставок мають можливість якісніше та швидше задовольнити потреби споживача, а також зробити це за нижчими цінами, що в результаті дозволить утвердити свої конкурентні переваги на ринку.

Вперше про теорію ланцюга постачань почали говорити ще в 1960-х рр., тоді був закладений і фундамент концепції управління ланцюгом постачань. З того часу компанії намагаються здобути контроль над всіма ланками виробництва, адже це є запорукою прибутковості. Контроль кожного процесу дає можливість підприємству знаходити слабкі місця та ліквідувати їх.

На даний момент цей сегмент логістики тільки здобуває своєї популярності, концепція управління ланцюгом постачань широко експлуатується на Заході, для України, це відносно нова течія. Найбільшою проблемою розвитку цього напрямку залишається недостатня кількість кваліфікованих трудових ресурсів, але з розвитком інформаційних технологій концепція управління здобуває більш уваги, а з тим і розвитку.

Дана робота присвячена оптимізації ланцюга постачань рибопереробного заводу.

**Актуальність проблеми.** Ця тема є дуже актуальною, адже кожне підприємство хоче мінімізувати свої витрати та забезпечити якнайкраще попит споживача. Удосконалення ланцюга постачань призведе до виявлення слабких місць виробництва та їх усунення, в свою чергу це призведе до максимізації кінцевого результату та скороченню поточних витрат.

**Об'єкт дослідження.** Об'єктом дослідження є ланцюг постачання мороженої продукції компанії «Seafood».

**Предмет дослідження.** Предметом дослідження є технологічні процеси в логістичному центрі в ланцюгу постачання мороженої продукції.

**Мета і завдання.** Метою дослідження є удосконалення елементів ланцюга постачань за рахунок моделювання технологічних процесів в логістичному центрі в ланцюгу постачання мороженої продукції.

Для досягнення мети потрібно визначити та вирішити такі завдання:

1. Проаналізувати специфіку та проблематику підприємства, технологічну оснащеність логістичного комплексу, систему обробки вантажу, ланцюг постачань.

2. Дослідити існуючі методи дослідження даної теми, визначити їх значення для даної роботи, та представити власні судження, щодо застосування теоретичних методів та типів моделей для вирішення існуючої проблеми.

3. Здійснити формалізацію технологічних процесів логістичного терміналу, визначити фактори впливу та параметри моделювання.

4. Побудувати імітаційну модель поведінки системи при різних умовах за допомогою програми AnyLogic, провести експеримент роботи СМО.

**Методи дослідження.** Під час написання даної дипломної роботи були аналізовані різні публікації на тему моєї роботи. В основу лягли наукові статті доцента Кічкіної О. І., яка описала та побудувала імітаційну модель роботи системи масового обслуговування прикордонного терміналу в AnyLogic; а також доцента Шраменко Н. Ю., який зміг побудувати та описати фактори впливу на імітаційну модель системи масового обслуговування вантажного терміналу.

**Наукова новизна** полягає в наступному:

- запропоновано новий підхід до роботи системи масового обслуговування логістичного центру;
- розроблена функціональна модель роботи системи масового обслуговування логістичного центру, що дозволяє задовольнити ряд вимог.

**Практичне значення** одержаних результатів виявляється в тому, що імітаційну модель можна використовувати задля зменшення часу оборту в ланцюзі постачань, що дозволяє забезпечити зменшення витрат транспортування, а також дозволяє мінімізувати імовірність псування вантажу. Ця модель дозволить дуже точно передбачити поведінку системи при зміні впливаючих факторів, а також удосконалити систему масового обслуговування.

**Структура роботи:** Дана робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних літератур з 47 найменувань. Зміст викладено на 66 машинописних сторінках і включає 1 додаток та 18 малюнок. Результати магістерської роботи було викладено на науково практичній конференції «Майбутній науковець–2017» 1 грудня 2017 р., м. Сєвєродонецьк: Східноукраїнський. національний університет ім. В. Даля [47].



## РОЗДІЛ 1

# АНАЛІЗ ЛАНЦЮГА ПОСТАЧАНЬ ТА ІСНУЮЧИХ ПІДХОДІВ ДО УДОСКОНАЛЕННЯ ЙОГО РОБОТИ

### 1.1 Функції та діяльність дистриб'юторської компанії «Флагман Сіафуд»

Флагман Сіафуд - безперечний лідер в області торгівлі морепродуктами, що пропонує своїм партнерам найширший асортимент риби і морепродуктів в Україні.

Підприємство пропонує у широкому асортименті охолоджену і заморожену (шокової заморозки) рибу/морепродукти; червону ікру; рибу солону, гарячого і холодного копчення; рибні снеки.

Продукція випускається під ТМ "Flagman", "Флотілія", "Півний NABEER".

Компанія має власні виробничі потужності і переробні цехи, що забезпечують безперебійний випуск товарів. Підприємство оснащено обладнанням від світових лідерів технологічного забезпечення харчової промисловості. Ультрасучасне оснащення виробництва стало запорукою абсолютної якості кінцевого продукту. Всі процеси на виробництві відповідають найсуворішим європейським правилам контролю якості. Завод має сертифікацію HACCP та ISO 22 000.

Щоб бути максимально наближеною до кінцевих споживачів і найкращим чином задовольнити їх потреби, компанія сконцентрувала свої зусилля на розвитку системи прямих продажів. Флагман Сіафуд є одночасно і виробником, і дистриб'ютором своєї продукції. Риба і морепродукти доставляються в будь-яку точку України власним спеціально обладнаним транспортом.

Таким чином, здійснення постійного контролю - від вилову, зберігання, переробки і транспортування до прилавків магазинів - дозволяє Компанії контролювати якість продукції на всіх етапах.

Компанія організовує перевезення своєї продукції за допомогою автомобільного транспорту. Автомобільний парк складається з 50 автомобілів-рефрижераторів різної вантажопідйомності від 2 до 5 тон. Автомобільний парк складається з 30 автомобілів - Mercedes-Benz Sprinter 313, вантажопідйомністю 2 т.; 20 автомобілів - Renault Midlum, вантажопідйомністю 5 т. Всі автомобілі є рефрижератори класу В, вони можуть підтримувати температуру від +12° до -10°. Це є оптимальна температура для перевезення свіжомороженої риби та рибних продуктів. Перевезення вантажу здійснюється в спеціалізованих пластикових ящиках, які розташовуються на палетах, задля збереження вантажу. Перевезення охолодженої риби місцевого вилову здійснюється в пластикових ящиках з льодом.

Компанія імпортує більше 300 найменувань риб і морепродуктів з різних країн світу: Норвегія, Ісландія, Іспанія, Данія, Швеція, Греція, Франція, Нідерланди, Шотландія, Ірландія, Литва, Естонія, Росія та ін.



Рис. 1.1 Імпорт рибною продукції компанією Флагман «Seafood».

В даний час Флагман Сіафуд виходить на якісно новий рівень розвитку. Компанія стає все більш ефективною і результативною, потужною і розгалуженою корпорацією, яка може направляти значні ресурси на розвиток перспективних проектів, напрямків, технологій.

Сьогодні Флагман Сіафуд має всі передумови для подальшого збільшення темпів зростання виробництва і продажів, що дозволить вийти на нові рубежі бізнесу та внести все більш вагомий внесок в розвиток ринку морепродуктів в Україні.

Завдяки унікальній концепції ведення бізнесу, Флагман Сіафуд буде збільшувати обсяги продажів морепродуктів і в цілому розвивати ринок торгівлі морепродуктами, залишаючись лідером галузі. Стратегічне завдання компанії – удосконалення процесів доставки риби і морепродуктів до кінцевого споживача.

Продукція компанії Флагман Сіафуд зберігається в сучасному холодильному логістичному комплексі «Ice Terminal». Це дозволяє компанії забезпечити належні умови зберігання для своєї продукції, тим самим підтримуючи її якість на високому рівні.

Найбільший в Україні холодильний логістичний комплекс «Ice Terminal», призначений для зберігання товарів з низькими температурами. Комплекс «Ice Terminal» внесений до Книги Рекордів України в категорії «Бізнес і технології» як найбільший і найсучасніший холодильний логістичний комплекс України.

Характеристики комплексу:

- Зручне географічне розташування за містом прямо на кільцевій дорозі;
- Площа складу: 18 000 кв.м;
- Місткість складу - 25 500 т продукції: 60% складу займають морозильні камери з температурою зберігання до  $-25^{\circ}\text{C}$ ; 40% складу - універсальні камери з температурою зберігання від  $+5^{\circ}\text{C}$  до  $-24^{\circ}\text{C}$ ;

- Кількість вікон для вивантаження / навантаження товару - 14 шт .;
- Обсяг вивантаження / навантаження товару - 1 000 т / добу;
- Сучасне обладнання для завантаження / розвантаження товарів;
- Наявність митно-ліцензійного складу;
- Можливість зберігання нерозмитненого товару в зоні МЛС;
- Площа адміністративної будівлі - 5 000 кв.м .;
- Стоянка вантажних автомобілів на території митно-ліцензійного складу - 90 машиномісць;
- Стоянка легкових автомобілів біля адміністративної будівлі - 150 машиномісць;
- Цілодобова охорона об'єкту.



Рис. 1.2 Логістичний комплекс «Ice terminal»

Логістичний центр «Ice Terminal» надає такі послуги: обробка вантажу по надходженню, розфасовка на партії, організація зберігання та ПРР, а також інші логістичні операції, які пов'язані з оформленням різного роду документів.

## 1.2 Аналіз ланцюга постачань компанії «Flagman Seafood»

Компанія «Flagman Seafood» має досить довгий ланцюг постачань від постачальника продукції до кінцевого споживача, адже рибна продукція, як і всі продукти харчування, потребує спеціальних умов зберігання та переробки.

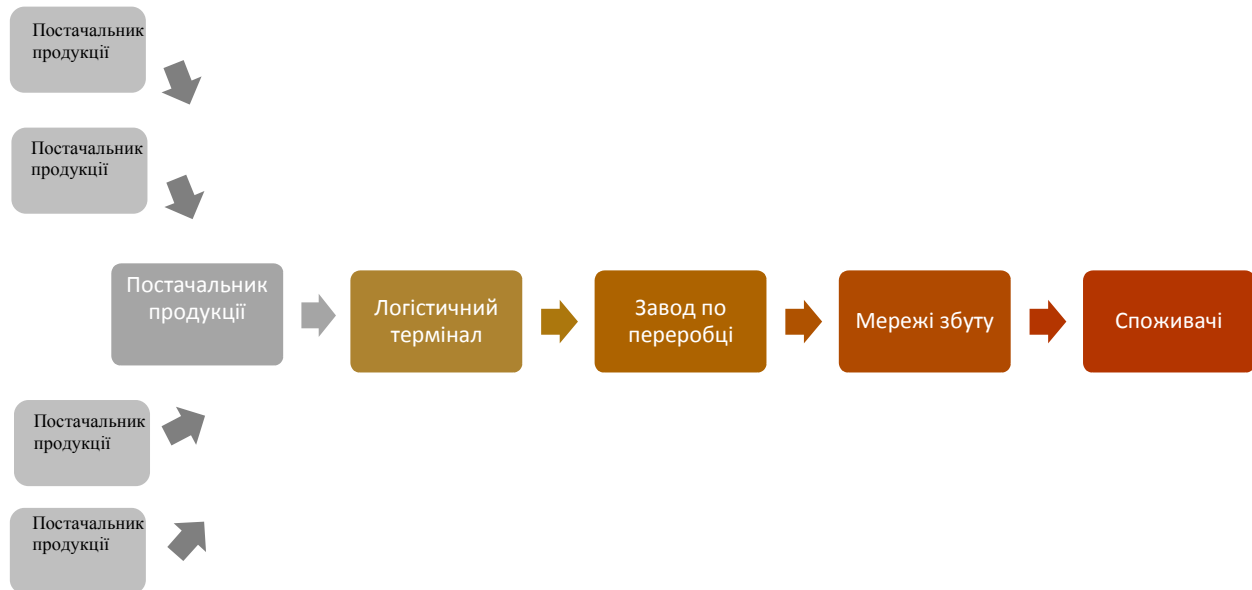


Рис. 1.3 Ланцюг постачання продукції компанії «Flagman Seafood»

Компанія закупає сировину для виробництва в різних країнах світу, потім вона транспортується до логістичного центру, де відбувається сортування продукції, оформлення документів та відправлення продукції до мереж збуту та заводу по переробці. Компанія не користується послугами складів, адже в логістичному комплексі має для себе цілі приміщення для зберігання з потрібною температурою. Вже перероблена продукція не повертається до логістичного центру, адже вона має нові строки придатності та умови зберігання, тому потреба в додатковому зберіганні відсутня. Готова продукція після заводу машинами компанії направляється до мереж збуту.

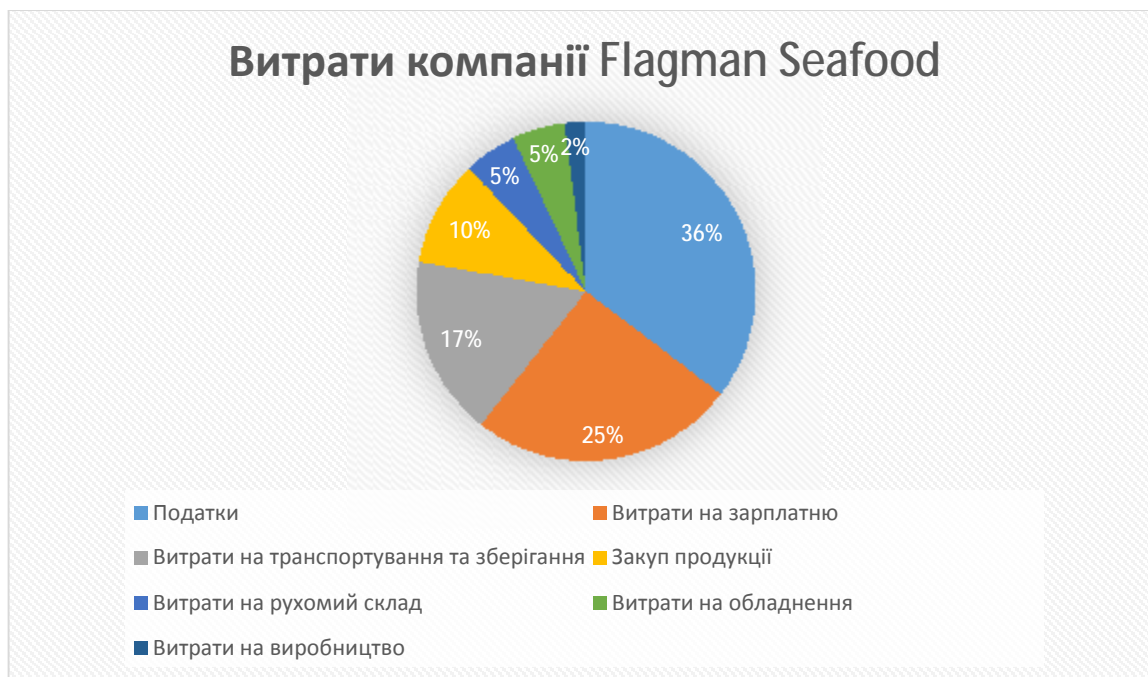


Рис. 1.4 Статистичні дані витрат компанії «Flagman Seafood»

За статистикою компанії не мала частка грошових активів витрачається на транспортування та зберігання.

Ці процеси підлягають найбільшій оптимізації, бо завжди є шляхи вирішення тих чи інших питань завдяки застосуванню нових методів системного аналізу та комп'ютерного моделювання.

Термін транспортування включає в себе не тільки шлях продукції з пункту А до пункту Б. Транспортування це процес навантаження, розвантаження, а також переміщення об'єкту. Кожна з ланок цього процесу має бути виконана вчасно, адже затримка у часі може коштувати підприємству великих грошей.

Транспортування є одним з елементів ланцюга постачань мороженої продукції.

Для кращого аналізу ефективності роботи елементів ланцюга постачань (рис. 1.5), варто розглянути схему втрат грошових ресурсів при умові не функціонування одного з елементів.

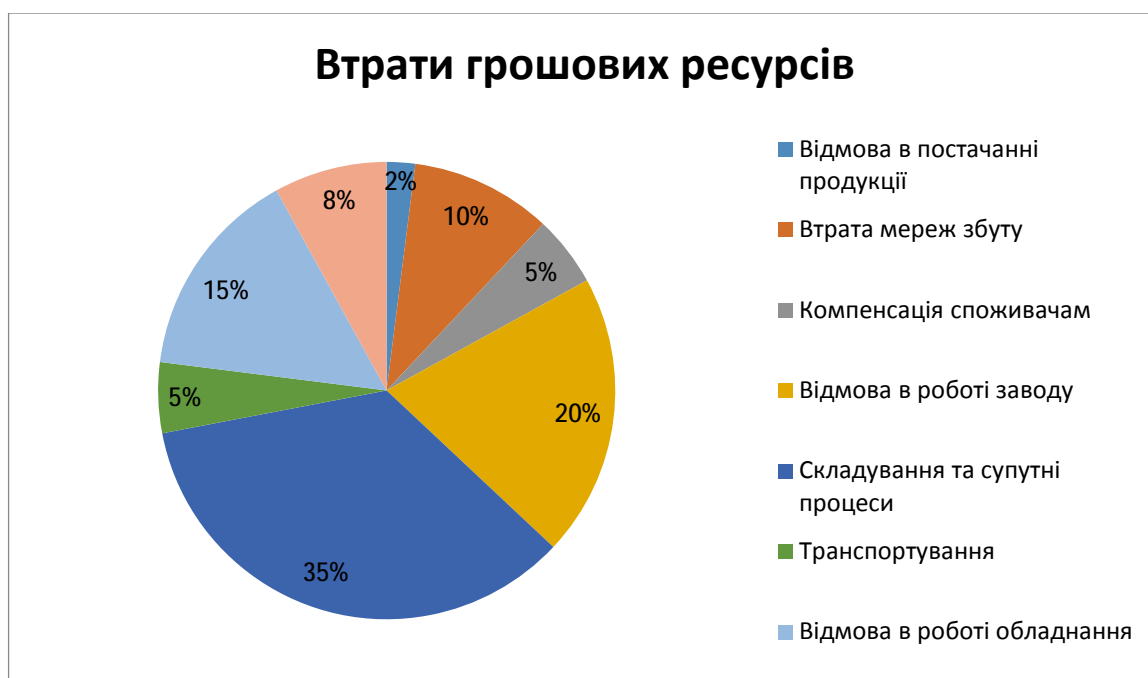


Рис. 1.5 Втрати грошових ресурсів при відмові роботи одного з елементів ланцюга постачань.

Така ситуація склалася виходячи з певних умов. При відмові в постачання продукції одного з постачальників, залишається ще декілька, які можуть компенсувати не достатню кількість певної продукції, також це відкриває можливість пошуку нових, більш вигідних контрактів. Така сама ситуація і з втратою мереж збуту.

Компенсація споживачам можлива лише в певних випадках, коли компанія не дотрималася рецептури, або в упаковці були знайдені сторонні предмети, які спричинила травмування.

Відмова в роботі заводу може стати причиною неотримання продукції споживачем, затримки в обробці, скупчення продукції на складі, псування продукції. Така відмова може статися через проблеми з персоналом, псуванням обладнання чи вплив зовнішніх факторів.

Транспортування, як не дивно, не є найбільшим джерелом витрат, адже вони можуть трапитися при відмові обладнання чи дії людського фактору, коли водій не дотримався технології перевезення.

За статистикою компанії найбільший відсоток грошових витрат при відмові одного з елементів належить процесу складування та супутнім процесам.

Складування продукції компанії «Flagman Seafood» відбувається в логістичному центрі «Ice terminal».

Логістичний центр «Ice terminal» став досить вигідним надбанням для компанії, адже він бере на себе всі операції пов'язані з транспортуванням, зберіганням, митним оформленням та документацією.

За статистикою логістичні центри допомагають мінімізувати загальні витрати на 20-40%.

Що є досить великим показником якісної оптимізації. Але, нажаль, навіть в такому комплексі фахівці стикаються з проблемами втрати часу на НРР та обробці вантажу. Це в свою чергу призводить до додаткових витрат, простою рухомого складу та утворенню черг.

Одночасно на розвантаженні або навантаженні в центрі можуть знаходитися 14 автомобілі. На кожне вікно приходиться по 4 співробітника, які допомагають розвантажувати або завантажувати машину. Середня тривалість НРР складає 50 хвилин. За добу обслуговується близько 300 автомобілів та ще 50 автомобілів чекають своєї черги. Для рибної продукції затримка може виявитися фатальною, адже рефрижератори не можуть підтримувати необхідну температуру з вимкнутим двигуном, в свою чергу збільшення температури призведе до псування товару та збитків. Компанія вже зазнала збитків через затримку та псування продукції на 200000 грн.

Через це постає питання в оптимізації цієї ланки ланцюга постачань, щоб зменшити ризики втрати грошових ресурсів підприємства.



### 1.3 Аналіз існуючих методів та підходів для оптимізації роботи логістичного центру

В основі діяльності логістичного центру лежить багатоканальна система масового обслуговування з очікуванням.

Згідно Т.Ю. Новгородцевій і Д.С. Матусевич, під системою масового обслуговування розуміють об'єкт (підприємство, організація та ін.), діяльність якого пов'язана з багаторазовою реалізацією виконання якихось однотипних завдань і операцій. [13]

Автори Бережна О.В. і Бережний В.І. стверджують, що системи масового обслуговування - це такі системи, в які в випадкові моменти часу надходять заявки на обслуговування, при цьому надійшли заявки і обслуговуються за допомогою наявних у розпорядженні системи каналів обслуговування. [6]

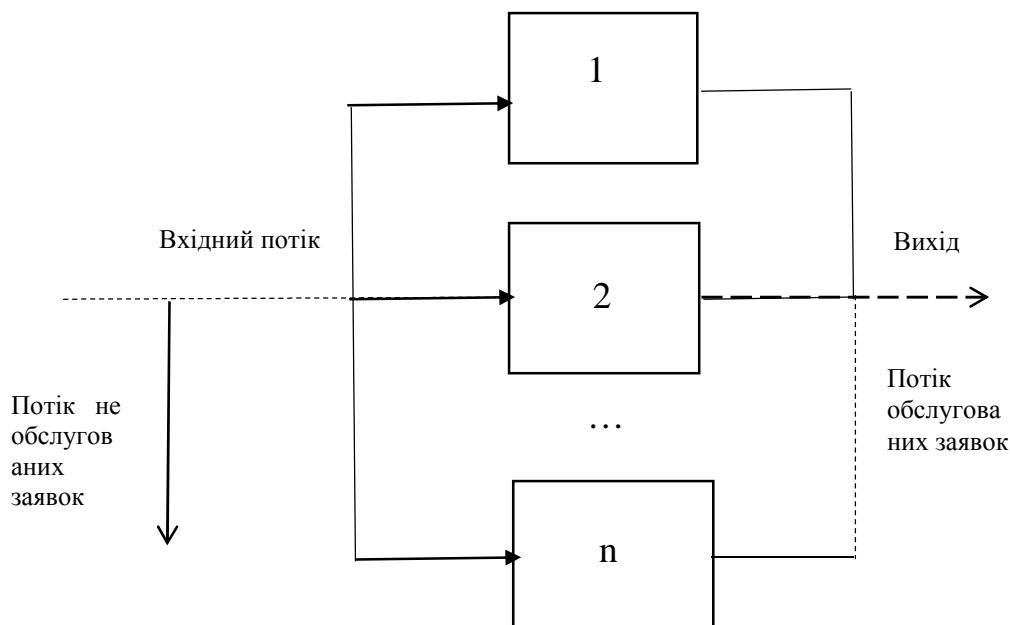


Рис. 1.6 Структура багатоканальної СМО

Методи дослідження СМО були розглянуті в статті «Удосконалення роботи прикордонного логістичного терміналу на базі імітаційного

модельовання» Кічкіної О.І. Вона описала універсальний метод дослідження СМО, як імітаційне модельовання. За основу своєї праці доцент взяла роботу прикордонного логістичного терміналу, що має таку ж СМО, як, і предмет мого дослідження, логістичний комплекс «Ice terminal». [20]

У своїй роботі Кічкіна О. І. визначає, що термінал є складною динамічною системою, з декількома вхідними потоками, з різними підсистемами обслуговування. Також вона визначає, що основним завданням теорії СМО є вивчення режиму функціонування обслуговуючої системи й дослідження явищ, що виникають у процесі обслуговування. Вона відмічає, що у теорії СМО виникають завдання оптимізації: яким чином досягти максимально допустимого рівня обслуговування при мінімальних витратах, пов'язаних із простоем обслуговуючих пристроїв. [20]

Кічкіна О.І. наголошує, що при імітаційному модельованні допомагає передбачити поведінку моделі при різних умовах. При цьому функціонування складних динамічних систем розбивається на елементарні явища, підсистеми й модулі. [20]

Вона описує декілька парадигм імітаційного модельовання, завдяки чому можна виділити чотири різні системи поглядів: динамічні системи, системна динаміка, дискретно-подійне модельовання, мультиагентні моделі. [20]

Також проаналізувавши теоретичні аспекти, вона наводить до прикладу новий напрямок в імітаційному модельованні – так зване агентне (мультиагентне) модельовання, яким і користується для побудови моделі прикордонного терміналу, адже в роботі терміналу беруть участь багато елементів. Кічкіна О.І. виділяє, що важливу роль грає інформаційна забезпеченість для побудови моделі. Для представлення бази даних була використана мова SQL Access класу Engine, яка вбудована в Anylogic. [20]

В статті наводиться, що термінал – як систему, можна представити, як сукупність певних підсистем, в свою чергу її також можна представити у вигляді агрегатів, взаємозалежних спільною обробкою матеріалів. Для опису

використовуються 8 агрегатів :  $M_{ВХ}^{(1)}, M_{ВХ}^{(4)}$  і  $M_{ВХ}^{(7)}$  – вхідні полюси, а  $M_{ВІХ}^{(2)}, M_{ВІХ}^{(6)}$  та  $M_{ВІХ}^{(8)}$  – вихідні полюси системи. Структура зв'язку характеризується таблицею переходів, зв'язок двох агрегатів у якій показана ознаками:

$$\gamma = \begin{cases} \mathbf{1}, & \text{якщо зв'язок елементів існує;} \\ \mathbf{0} & \text{в протилежному стані.} \end{cases}$$

У розглянутій системі одному агрегату може передувати декілька  $n^*$  агрегатів. Це зв'язок типу «сходження» і «розбіжність»:

$$\begin{aligned} j r^1 &= \{j r^{(1,1+2)} = I^{(1,1+2)}\}, \\ j r^{(2-1,2)} &= I^{(2-1,2)} \} = I^{(2)}, \\ j r^2 &= \{j r^{(2,2+3)} = I^{(2,2+3)}\}, \\ j r^{(3-2,3)} &= I^{(3-2,3)} \} = I^{(3)}, \\ j r^3 &= \{j r^{(3,3+5)} = I^{(3,3+5)}\}, \\ j r^4 &= \{j r^{(4,4+5)} = I^{(4,4+5)}\}, \\ j r^{(5-3,5)} &= I^{(5-3,5)} \} \\ j r^{(5-4,5)} &= I^{(5-4,5)} \} = I^{(5)}, \\ j r^5 &= \{j r^{(5,5+6)} = I^{(5,5+6)}\}, \\ j r^{(6-5,6)} &= I^{(6-5,6)} \} = I^{(6)}, \\ j r^7 &= \{j r^{(7,7+8)} = I^{(7,7+8)}\}, \\ j r^{(8-7,8)} &= I^{(8-7,8)} \} = I^{(8)}. \end{aligned}$$

Імітаційна модель, якою займалася Кічкіна О.І. реалізована за допомогою Anylogic. Запропонована модель є лише часткою комплексу імітаційних моделей, що відображають логістичний термінал. Представлена модель вирішує наступні задачі: взаємодія навантажувача з залізничним рухомим складом; взаємодія навантажувача з вантажем; організація черги обслуговування автотрейлерів; взаємодія роботи навантажувачів на

вантажному дворі автотрейлерів; робота трейлерів і завантаження їх навантажувачем; СМО контейнерного двору залізничної станції; взаємодія митної служби з транспортними засобами. [20]. Запропоновані моделі вирішують питання управління процесами в логістичному терміналі, але вони не враховують специфіку мороженої продукції, тому мають бути удосконалені, якщо їх брати за основу для мороженої продукції.

У статті Кічкіної О.І. та Русак А.Л. визначені фактори, що впливають на енерговитрати низькотемпературного складу. [43] З урахуванням цих факторів розроблено нечітку модель прогнозування енерговитрат «холодного» складу, оптимізації ряду складських процесів з використанням енергії з метою зниження як енерговитрат, так і зрештою загальних витрат на зберігання та обробку продукції та сировини. В якості апарату моделювання було застосовано модель Сугено та її нейронечітку адаптацію (ANFIS) за допомогою MathLab Fuzzy Logic Toolbox. Акцент в цій роботі робиться на зменшення енергетичних витрат, що в кінцевому випадку впливає на логістичні витрати, але з огляду на проблематику мого дослідження опосередковано впливає на рух логістичного потоку.

Шраменко Н. Ю. у своїй статті «Розробка імітаційної моделі функціонування вантажного термінального комплексу» розробив у своїй роботі імітаційну модель функціонування термінального комплексу та провів експеримент. Для досягнення цілі дослідження, процес функціонування вантажного терміналу він представив як систему масового обслуговування. Його рішення було обумовлене тим, що представлення вантажного терміналу як системи масового обслуговування дозволить здобути більш точні результати моделювання та врахувати більшу кількість факторів, які впливають на роботу системи, а також отримати інформацію про найбільш важливі її характеристики з урахуванням імовірнісних процесів. [41]

При розробці моделі Шраменко Н. Ю. використовує систему допущень:

- черга автомобілей не перевищує п'яти одиниць;

- стан системи  $S_{00000}$  в розрахунках технологічних параметрів участі не бере, так як виключає вірогідність простою автомобілей в черзі, а простої обладнання не є слідством черги в попередньому стані системи;
- перехід із завданого стану системи здійснюється в найменший за номером стан тільки якщо один автомобіль пройшов всі фази і покинув систему; в усіх інших випадках перехід здійснюється тільки в найбільший стан. [41]

Він обрав термінал у якому процес обробки вантажу поділений на чотири фази. В усіх фазах терміналу необхідно враховувати не стаціонарність процесів, які визначаються факторами зовнішньої середи, а вірогідну їх природу. Серед таких факторів виділяються нерівномірність надходження транспортних засобів та вантажів, зміни вимог власників вантажу з приводу переліку транспортних послуг, відмови в роботі навантажувально-розвантажувальних механізмів, змінний рівень експлуатаційної надійності і т.д. В термінальній системі вхідний потік утворюють автомобілі, які прибувають в випадковий момент часу. [41]

Розвантаження, оформлення документів, збереження вантажу, навантаження – ці операції показують, що система обслуговування є чотирьохфазною. Крім того, така система як термінал є розімкненою системою з очікуванням, оскільки має безліч джерел вимог, кожне з яких потребує обслуговування. [41]

На основі вище сказаного доцент зробив висновок, що вантажний термінал представляє з себе систему масового обслуговування з очікуванням (чергою), функціональність якою є імовірним процесом з дискретним станом та неперервним часом. Крім того аналіз показав, що цей процес є марківським. [41]

Шраменко розробив граф станів для терміналу, який відображає всі вірогідні стани системи, імовірності переході з одного стані в інший та інтенсивності переходів між ними. Він запропонував критерій ефективності

функціонування термінального комплексу  $C$ , який засновано на зменшенні сумарних затрат, які пов'язані з обробкою вантажу:

$$C = f(r, N, M) \rightarrow \min,$$

де  $r$  – кількість автомобілей в черзі;

$N$  – кількість персоналі в підсистемі;

$M$  – кількість НРМ в підсистемі.

Крізь імовірності перебування системи у кожному із станів  $P_{gprq}$  визначаються основні параметри підсистем і ті, які входять в критерій оптимальності:

- відносна пропускна здатність  $q$ ;
- абсолютна пропускна здатність  $A$ ;
- середня кількість автомобілів в черзі  $r$ ;
- середній час простою першої фази  $t_1^{-np}$ ;
- середній час простою другої фази  $t_2^{-np}$ ;
- середній час простою третьої фази  $t_3^{-np}$ ;
- середній час простою четвертої фази  $t_4^{-np}$ ;
- середній час перебування автомобіля в черзі  $t_{\text{сист}}$ ;
- середній час очікування обслуговування  $t_{\text{ож}}$ ;
- середній час простою обладнання  $t_{\text{пр.обл}}$ .

На базі основних технічних параметрів вантажного терміналу доцент дійшов висновку, щодо впливу інтенсивності обслуговування в кожній фазі на сумарні економічні витрати на основі критерію ефективності. В результаті імітаційного моделювання визначені технологічні параметри функціонування терміналу для фактичного його стану. Аналіз результатів моделювання показав, що модель є адекватною і може бути реалізована в реальних умовах. [41]

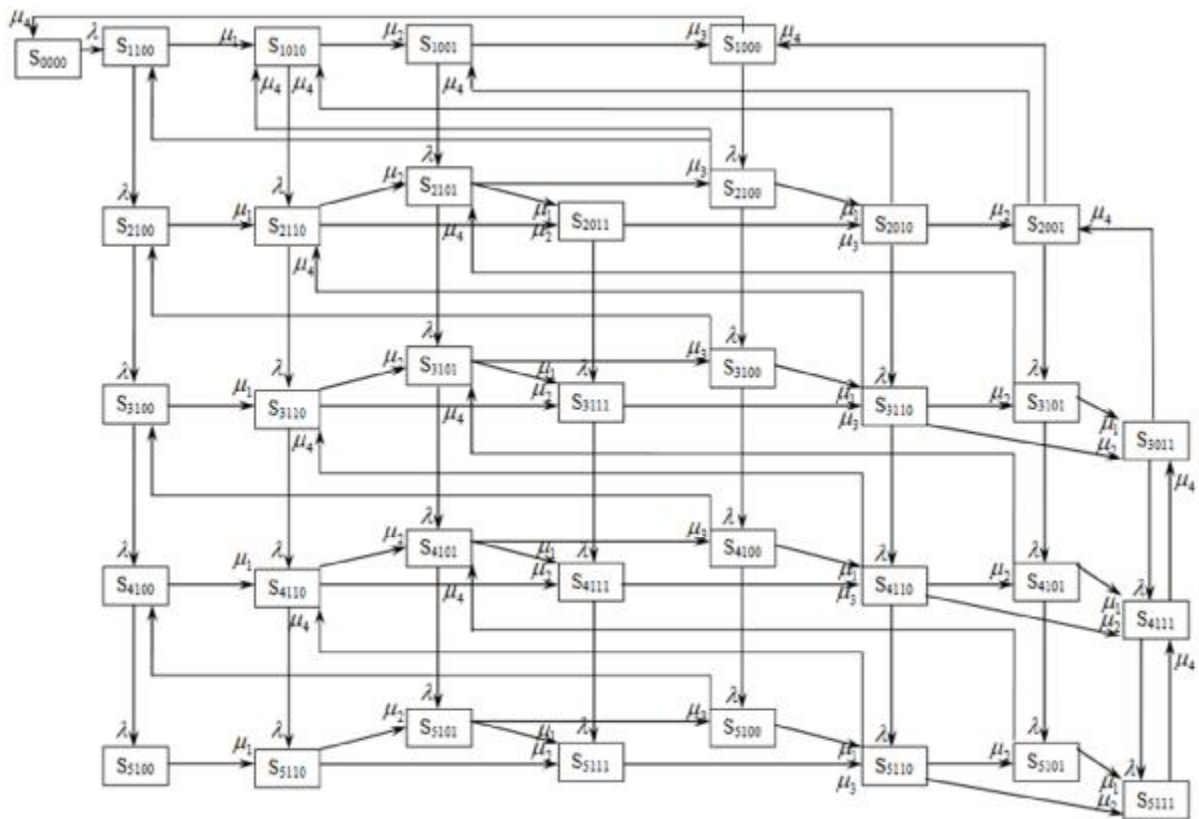


Рис. 1.7 Граф-модель функціонування вантажного термінального комплексу

На основі своєї роботи він зробив висновок, щодо подальшої роботи терміналу, що технологія обслуговування в кожній фазі повинна бути побудована таким чином, щоб час на обслуговування не перевищував нормативного часу знаходження автомобіля в терміналі. [41]

Незважаючи на те, що комплекс має великий показник ефективності, затримка при обслуговуванні все ж таки є, адже СМО не може прийняти всі замовлення вчасно, через це з'являються черги, які є причиною псування продукції та затримки надходження замовлення до споживача. Проблема полягає в браку належних трудових ресурсів, а також в нерациональній роботі СМО. Для визначення стратегії оптимізації було розглянуто дві наукові статті, які повною мірою характеризують існуючу проблему, але вони не

представляють повністю побудовану імітаційну модель, а лише її математичну частину.

Аналіз наукових розробок та публікацій показав, що проблема оптимізації логістичного ланцюга мороженої рибної продукції досліджена не повною мірою. Всі моделі та методи оптимізації, які вдалося проаналізувати стосуються або сухих вантажів, або контейнерних перевезень. Отже тема підвищення ефективності ланцюга постачань мороженої продукції через оптимізацію роботи логістичного центру є актуальною і має певну практичну значимість.

Метою магістерської роботи є удосконалення елементів ланцюга постачань за рахунок моделювання технологічних процесів в логістичному центрі в ланцюгу постачання мороженої продукції.

Для досягнення мети потрібно вирішити такі завдання:

5. Проаналізувати специфіку та проблематику підприємства, технологічну оснащеність логістичного комплексу, систему обробки вантажу, ланцюг постачань.

6. Дослідити існуючі методи дослідження даної теми, визначити їх значення для даної роботи, та представити власні судження, щодо застосування теоретичних методів та типів моделей для вирішення існуючої проблеми.

7. Здійснити формалізацію технологічних процесів логістичного терміналу, визначити фактори впливу та параметри моделювання.

8. Побудувати імітаційну модель поведінки системи при різних умовах за допомогою програми AnyLogic, провести експеримент роботи СМО.



## РОЗДІЛ 2

### АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ДЛЯ УДОСКОНАЛЕННЯ РОБОТИ ЛОГІСТИЧНОГО ЦЕНТРУ ТА ОБГРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНИХ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ЛАНЦЮГА ПОСТАЧАНЬ МОРОЖЕНОЇ ПРОДУКЦІЇ

#### 2.1 Системний аналіз

Будь яке дослідження об'єкта починається з повного його аналізу в цілому. При дослідженні системи – система розбивається на менші підсистеми з їх елементами. Кожний елемент досліджується окрема, задля оптимальної картини, також проводиться дослідження факторів впливу на систему, для цього використовуються різні методи та засоби. Все це об'єднується в велику течію в логістиці – системний аналіз.

В книзі Гайдеса М. А., «Загальна теорія систем (системи та системний аналіз)», системний аналіз описується як – процес отримання відповіді на питання: «Чому виконується (не виконується) головна мета системи?». [12]

Поняття «системний аналіз» включає в себе два інших поняття – «система» та «аналіз». Поняття «система» безперервно зв'язане з поняттям «мета системи». Поняття «аналіз» означає розбір по частинам та розкладання по полицях (класифікація). Тому «системний аналіз» - це розбір цілі системи на підцілі, та розбір самої системи на її підсистеми, аби зрозуміти які системи та чому допоможуть виконати поставлену перед ними мету. [12]

Будь яка система працює за принципом: «необхідно та достатньо», вони є принципами оптимального управління. Поняття «необхідно» визначає якість системи, а поняття «достатньо» - її кількість. Якщо кількісні та якісні параметри системи можуть бути виконані, то вона достатня. [10]

Системний аналіз, допомагає знайти відповідь на питання, чому система не може виконати її головне завдання. Він може показати, що такий-то об'єкт «складається із...для», тобто показати для якої мети зроблений цей об'єкт, з яких елементів він складається, яку роль грає кожний елемент для досягнення даної цілі. [11]

Системний аналіз виконується не довільно, а за чіткими правилами. Основне з яких – облік складності та ієрархії цілей і систем.

Складність системи характеризують та визначають:

- мета (визначають призначення системи);
- блок управління (слідкує за правильністю виконання дій для досягнення цілі);
- ієрархія (визначає взаємовідносини між усіма елементами системи без виключення);
- виконавчі елементи.

Враховуючи все це, можливо досить легко зрозуміти функціональність систем бідь якої складності, зрозуміти, що потрібно для нормального функціонування системи, та зрозуміти, чому система не працює.

Головною перевагою системного аналізу вважається, що тільки він може виявити причини недостатності системи.

В системному аналізі використовуються як математичний апарат загальної теорії систем, так і інші якісні та кількісні методи з області математичної логіки, теорії прийняття рішень, теорії ефективності, теорії інформації, структурної лінгвістики, теорії нечітких множин, методів штучного інтелекту, методів моделювання. [5]

До задач системного аналізу відносяться:

- задача декомпозиції;
- задача аналізу;
- задача синтезу;

В рамках кожної задачі виконуються окремі процедури. Наприклад, задача декомпозиції включає процедури спостереження, вимірювання властивостей системи. В задачах аналізу та синтезу виділяються процедури оцінки досліджуваних властивостей, алгоритмів, які реалізують заданий закон перетворення. Тим самим вводяться різні визначення еквівалентності систем, які роблять можливим постановку задач оптимізації. [5]

Для дослідження системи і подальшого моделювання її поведінки необхідно дослідити її властивості. Властивість - здатність системи проявляти ті або інші якості в процесі взаємозв'язку і взаємозалежності.

Ця здатність обумовлюється внутрішньою природою системи, її будовою, структурою. Властивості можна також розглядати як окремий випадок стосунків. Розрізняють три типи властивостей: [44]

- Властивості, обумовлені структурою і функціями системи;
- Властивості, які формують здатність самозбереження системи;
- Властивості, які характеризують тактику і стратегію поведінки системи досягши мети.

До першого типу властивостей відносять властивості породжені стосунками в системах, так звані системотворні. Це - структурна і функціональна складність, організованість, розчленована, взаємна автономність елементів, варіативна, елементарність, надійність, однорідність, завершеність, мінімальність і так далі. [44]

Транспортні системи відносяться, до так званих складних систем. Складні системи мають ряд властивостей, які необхідно враховувати при їх моделюванні, інакше неможливо говорити про адекватність побудованої економічної моделі. Найважливіші з цих властивостей: [44]

- емерджентність як прояв в найбільш яскравій формі властивості цілісності системи, тобто наявність у системи таких властивостей, які не властиві жодному із складових системних елементів, узятим окремо, поза системою. Емерджентність є результат виникнення між елементами

системи так званих синергетичних зв'язків, які забезпечують збільшення загального ефекту до величини, більшої, ніж сума ефектів елементів системи, діючих незалежно. Тому соціально-економічні системи необхідно досліджувати і моделювати в цілому;

- масовий характер явищ і процесів. Закономірності транспортних процесів не виявляються на підставі невеликого числа спостережень. Тому моделювання транспортних систем повинне спиратися на масові спостереження;

- динамічність процесів в транспортних системах, що полягає в зміні параметрів процесів у транспортних системах під впливом середовища (зовнішніх чинників);

- випадковість і невизначеність в розвитку явищ і процесів. Явища і процеси в транспортних системах носять, в основному, імовірнісний характер, і для їх вивчення потрібне застосування математичних моделей на базі теорії ймовірності і математичної статистики;

- неможливість ізолювати явища, що протікають в транспортних системах, і процеси від довкілля, щоб спостерігати і досліджувати їх в чистому вигляді;

- активна реакція на нові чинники, що з'являються, здатність транспортних систем до активних, не завжди передбачуваних дій залежно від відношення системи до цих чинників, способів і методів їх дії.

Виділені властивості транспортних систем, природно, ускладнюють процес їх моделювання, проте ці властивості слід постійно мати на увазі при розгляді різних аспектів математичного моделювання, починаючи з вибору типу моделі і кінчаючи питаннями практичного використання результатів моделювання.

Стосовно методів системного аналізу, то їх існує безліч, але особливе місце займає метод моделювання. Він реалізує принцип адекватності в теорії систем, тобто опис системи в якості адекватної моделі. У системному

аналізі метод моделювання відіграє визначальну роль, так як будь-яка реальна складна система при досліджуванні та проектуванні може бути представлена тільки певною моделлю (концептуальною, математичною, структурної і т.п.). [2]

У системному аналізі використовують такі методи моделювання:

- імітаційне моделювання;
- ситуативне моделювання;
- інформаційне моделювання.

Крім того широко використовуються методи індукційного та редуційного моделювання. [2]

Для опису формальної частини системи логістичний центр, краще використовувати статистичні методи, адже вони дозволяють відобразити систему за допомогою випадкових (стохастичних) подій, процесів, які описуються відповідними ймовірнісними (статистичними) характеристиками і статистичними закономірностями. Статистичні методи якнайкраще підходять для опису систем масового обслуговування. [2]

Користуючись інформацією щодо системного аналізу та варіацій систем, можна описати систему логістичного центру більш детально. Вона є стохастичною, динамічною.

Система логістичного центру складається з декількох підсистем:

- підсистема надходження вантажу: вантаж надходить до комплексу автомобільним транспортом, автомобіль під'їжджає до навантажувально-розвантажувального віконця, де співробітники займаються вантажем, якщо вільного віконця немає, автомобіль під'їжджає на стоянку та чекає своєї черги;

- підсистема навантаження та розвантаження вантажу: вона складається з персоналу та супровідного транспорту, при надходженні вантажу, або його відправленні, співробітники привозять вантаж спеціальними маленькими машинами до віконця, поки водій чекає на

оформлення супровідних документів, вони завантажують або розвантажують вантаж, користуючись супровідним обладнанням та дотримуючись техніки зберігання та перевезення вантажу.;

- підсистема оформлення документів для супроводу вантажу: документацією займається цілий відділ, він же займається і митним оформленням та контролем вантажу, з надходженням вантажу, водій йде до документаційного відділу, де здобуває книжку МДП для міжнародного перевезення та транспортну накладну для перевезення в межах країни;

- підсистема переміщення на/зі склад/у: вона включає в себе під'їзні шляхи, персонал, а також малогабаритний транспорт для перевезення, транспортування продукції проводиться в тарі, в якій вона була доставлена, логістичний комплекс представляє собою великий холодильний термінал, транспортування проводиться декількома маленькими машинами в супроводі відповідальних за цей вантаж співробітників, транспортування на склад проводиться до холодильного приміщення, яке належить той чи іншій компанії;

- підсистема складування: включає в себе холодильні камери, складові приміщення, необхідну технологічну базу, кожна компанія має своє холодильне приміщення з необхідними умовами для потрібної продукції, якщо виробник має декілька видів продукції з різною температурою зберігання, то зберігання проводиться в двох різних приміщеннях.

Провівши системний аналіз логістичного центру, як цілісної системи, ми дійшли висновку, що найбільшою проблемою та слабким місцем даної системи є система обслуговування, а саме підсистема навантаження-розвантаження. Адже через неефективну політику використання трудових ресурсів та механічних засобів, в логістичному центрі відбуваються затримки. Затримки на навантаженні-розвантажуванні

мороженої продукції призводять до псування товару, а з ним і збитків, які несе компанія.

Серед методів моделювання найбільш оптимальним варіантом було обрано метод імітаційного моделювання, адже він базується на використуванні методів статистики та мов програмування.

## 2.2 Визначення системи та її характеристика

Кожен об'єкт представляє собою систему, яка підпорядковується своїм законам, та діє за своїм сценарієм.

Єдиного визначення поняття «система» на сьогоднішній день немає. В якості «робочого» поняття в літературі під системою розуміють сукупність елементів та зав'язків між ними, які мають певну цілісність. [2]

Системи прийнято розділяти на фізичні та абстрактні, динамічні та статистичні, прості та складні, природні та штучні, з управлінням та без, непереривні та дискретні, детерміновані та стохастичні, відкриті та замкнуті. [2]

Розділення системи на фізичні та абстрактні дозволяє розрізнити реальні системи та системи, які є лише відображенням реальних об'єктів. Прості та складні підкреслюють, що розглядається складні системи більшого масштабу, при цьому виділяють структурну та функціональну складність. [2]

Як показав нам системний аналіз – проблема, яку має логістичний комплекс, полягає в системі масового обслуговування, якою є логістичний комплекс.

Систему масового обслуговування загалом можна уявити як сукупність послідовно пов'язаних між собою вхідних потоків вимог на обслуговування, черг, каналів обслуговування і потоків обслужених замовлень. Будь-який пристрій, який безпосередньо обслуговує замовлення, називають каналом обслуговування. [1]

Системи масового обслуговування за наявністю тої чи іншої ознаки можна класифікувати так:

- за характером надходження замовлень у систему: на системи з регулярним і випадковим потоками замовлень;
- за кількістю замовлень, які надходять в одиницю часу: на систему з ординарним і неординарним потоками замовлень;
- за зв'язком між замовленнями: на системи без післядії від замовлень, які надійшли, і з післядією;
- за характером поведінки замовлень у системі: з відмовами, з обмеженим очікуванням і з очікуванням без обмежень;
- за способом вибору замовлень на обслуговування: з пріоритетом, за часом надходження. Випадково, останнього обслуговують першим;
- за характером обслуговування замовлень: на системи з детермінованим і випадковим часом обслуговування;
- за кількістю каналів обслуговування: на одноканальні і багатоканальні системи;
- за кількістю етапів обслуговування: на однофазні і багатofазні системи;
- за однорідністю замовлень, які надходять на обслуговування: на системи з однорідними і неоднорідними потоками замовлень;
- за обмеженістю потоку замовлень: на замкнені і розімкнені системи. [1]

Система логістичного центру є багатоканальною СМО з очікуванням, а саме з необмеженою чергою. Її потік замовлень є регулярним неоднорідним, з випадковим часом на обслуговування.

Така система характеризується постійним потоком надходження заявок та часом очікування, при цьому, як було досліджено раніше (1 розділ), в ЛЦ одночасно можуть обслуговуватися лише 14 автомобілі,



середня тривалість обслуговування 50 хвилин. Кожен канал обслуговування функціонує окремо та не залежить один від одного.

Основна мета оптимізації такої системи – це зменшення часу очікування на обслуговування, щоб скоротити витрати через простої автомобілів.

### 2.3 Імітаційне моделювання

Моделювання є одним із методів вирішення практичних задач. Найчастіше рішення проблеми не можна знайти шляхом проведення натурних експериментів: будувати нові об'єкти, руйнувати або вносити зміни в вже готову інфраструктуру може бути надто дорого, небезпечно чи просто нереально. В таких випадках будується модель реальної системи, тобто описується вона за допомогою мови моделювання. [7]

Імітаційне моделювання – це метод дослідження, що полягає в імітації на ЕОМ за допомогою програм процесу функціонування системи або окремих її частин та елементів. [7]

Методи імітаційного моделювання:

- системна динаміка;
- дискретно-подійне моделювання;
- агентне моделювання.

Дискретно-подійне моделювання використовується для побудови моделі, яка відображає розвиток системи в часі, коли стан змінних змінюється миттєво в конкретний момент часу. [6]

Агентне моделювання – метод, який досліджує поведінку децентралізованих агентів та те, як вона визначає поведінку всієї системи в цілому. [6]

З точки зору імітаційного моделювання – найкраще для побудови комп'ютерної моделі логістичного центру підійде дискретно-подійне моделювання, адже цей метод допомагає краще зрозуміти динаміку поведінки системи.

## ВИСНОВКИ ДО 2 РОЗДІЛУ

Користуючись системним аналізом для дослідження системи, можна зробити висновок, що логістичний комплекс це складна стохастична динамічна система.

Результат декомпозиції системи- виділення декільких підсистем:

- підсистема надходження вантажу;
- підсистема навантаження/розвантаження вантажу;
- підсистема транспортування вантажу по складу;
- підсистема переробки вантажу;
- підсистема складування;
- підсистема оформлення супровідних документів;
- підсистема комплектації замовлень;
- Підсистема відправки вантажів.

Для опису системи доцільно використати методи формалізації систем.

Для симуляції технологічних процесів вирішено використати методи імітаційного моделювання.

Статистичні методи допомогли виявити, що система логістичний центр – багатоканальна СМО з необмеженою чергою, з регулярним та неоднорідним потоком замовлень, та з випадковим часом на обслуговування.

Обрано дискретно- подійну парадигму побудови імітаційної моделі, що дозволить краще за інші визначити параметри для оптимальної роботи СМО, а також передбачити фактори впливу на процеси в системі.

## РОЗДІЛ 3

### ФОРМАЛІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ЛОГІСТИЧНОГО КОМПЛЕКСУ ТА ПОБУДОВА МОДЕЛІ

#### 3.1 Визначення факторів, що впливають на процес моделювання

Будь-яка система існує і функціонує в середовищі, отже весь час піддається впливу внутрішніх та зовнішніх факторів, які можуть мати як детермінований так й стохастичний характер. В процесі формалізації системи необхідно визначити ці фактори, їх характер та ступінь впливу на систему. Особливо важливим це є для побудови імітаційної моделі.

Імітаційне моделювання дозволяє перенести досліджувану систему в штучну середу, представити усі технологічні процеси, передбачити ризикові стани, ввести систему в стан активної роботи без наслідків для роботи реальної системи.

На даний момент розвиток методів моделювання перейшло в фазу, коли проводити експерименти можливо в симуляційному режимі, адже для цього кожен рік створюються нові комп'ютерні програми, або вже наявні програми доробляються та здобувають ще більше можливостей та інструментів для точнішого моделювання.

Задля тих чи інших потреб створюються імітаційні моделі, які переміщують потрібний об'єкт або систему в комп'ютерний простір, доповнюють його необхідними ознаками, ставлять перед собою задачу, для чого була створена модель та симулюють її поведінку.

Після вдалого результату модель поведінки адаптується та реалізується в реальному часі, а, якщо результат виявився негативним, то необхідно шукати нові шляхи вирішення питання, або міняти концепцію своєї задачі.

В цій роботі стоять декілька завдань, які мають бути вирішені для покращення роботи системи:

- завдання продуктивності: мінімізація часу на обслуговування, а також часу очікування в черзі на обслуговування.
- завдання ефективності: оптимізація роботи трудових та технічних ресурсів.

Будь-яка система схильна до впливу факторів різного характеру. Також, навіть, система рішень схильна до впливу. Будь-яка зміна може привести як до кризи в системі, так і до її розвитку.

До факторів впливу на рішення задач, щодо оптимізації системи відносять: простір, час, невизначеність або випадковість, причино-наслідкові зв'язки, взаємодія з іншими процесами.

Простір – це відстань, яку має подолати вантаж перед навантаженням, або відстань до складу від розвантажувального віконця.

Час – це той час, який витрачається на навантаження та розвантаження автомобілів.

Випадковість – це факт прибуття та від'їзді машин з вантажем, адже він є стохастичним.

Причинно-наслідкові зв'язки – людський фактор, погодні умови, відмови в роботі обладнання.

Взаємодія з іншими процесами - може слугувати затримка процесу обслуговування.

З огляду на всі ці фактори, можемо зробити висновок, що імітаційне моделювання є найбільш придатним для розв'язання основної задачі магістерської роботи.

Аналітичне моделювання не може відобразити повний образ системи, адже при такому виді моделювання використовуються основні ймовірнісні розподіли, а в результаті ми здобуємо усереднені показники, які не дають підвищеної точності. Логістичний комплекс не може бути описаним тільки

за допомогою імовірнісних розподілів, адже ці система є складною з великою кількістю показників.

Аналітичне моделювання не може повною мірою врахувати вплив випадкових чинників на систему, таких як: погодні умови, поруш

### 3.2 Інформаційна модель роботи логістичного центру

Для побудови будь-якої моделі потрібно мати необхідну інформаційну базу. Інформаційна модель невід'ємна частина побудови імітаційної моделі. Вона повинна відображати стан об'єктів управління, а також забезпечити оптимальний баланс інформації, яка циркулює в системі управління, вона повинна відповідати всім вимогам та можливостям розробника моделі.

Основною формою через яку відбувається надання інформації моделі є база даних. Ця база об'єднує усю потрібну інформацію для користувача, а також відомості, щодо системи. Вона повинна бути впорядкована та вмістка.

На даний момент існує безліч способів організації бази даних, але об'єктивних причин в магістерській роботі буде використана MS Access мовою SQL, це дозволяє використовувати якомога більше інформації, не зважаючи на її складність.

Для побудови імітаційної моделі ми представляємо базу даних, яка складається з таких елементів (таблиць):

- автомобілі-рефрижератори;
- холодильні приміщення;
- складське приміщення;
- допоміжна техніка (малогабаритні автомобілі для перевезення вантажу по комплексу);
- вікна для розвантаження-навантаження.

Ці елементи об'єднує між собою зв'язок типу «один к багатьом» та «багато к багатьом». Тип зв'язків, представленого комплексу, є досить поширеним для імітаційних моделей, так як робота логістичного центру має стохастичний характер.

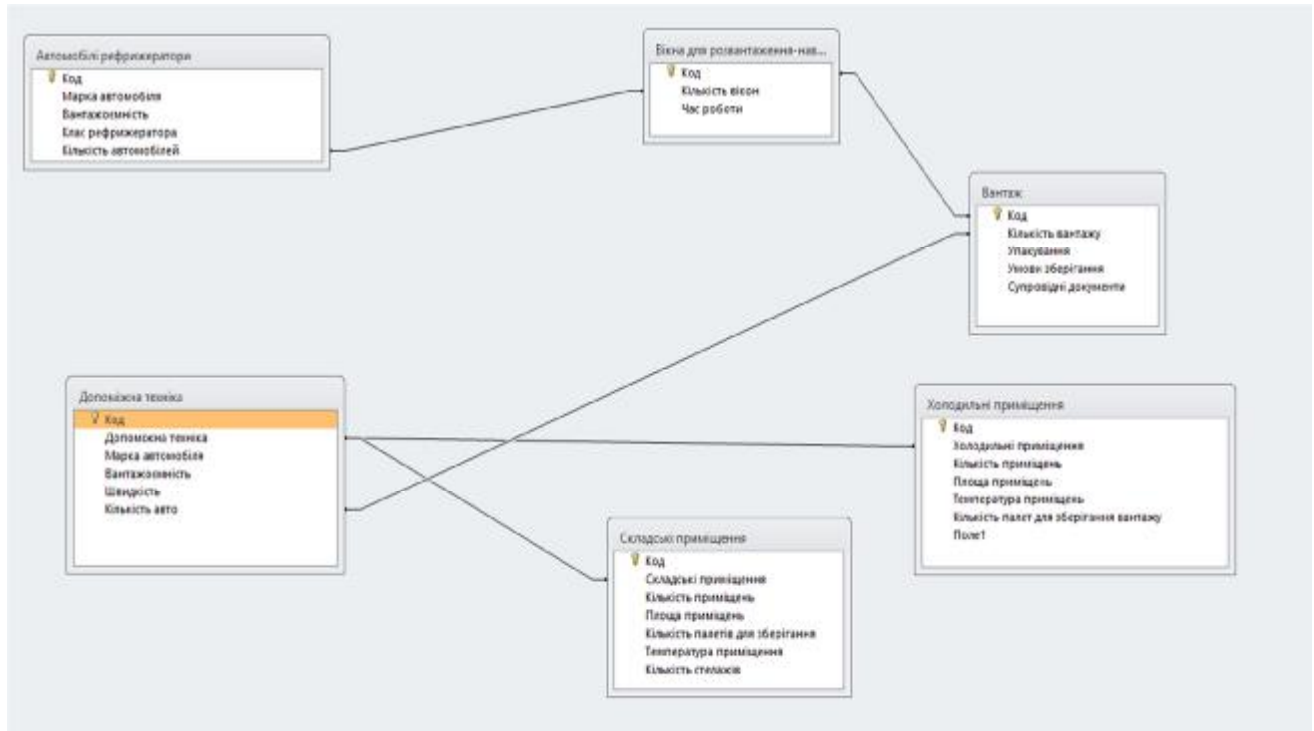


Рис. 3.1 База даних логістичного терміналу в MS Access

### 3.3 Математична формалізація моделі роботи логістичного терміналу

Логістичний комплекс, як вже було сказано вище, представляє собою систему масового обслуговування, яка складається з декількох підсистем.

Система обслуговування складається з розвантаження, оформлення документів, складування вантажу та навантаження, це доводить, що обслуговування є чотирьохфазним. Завдяки цьому була створена граф-модель (рис. 3.2) станів системи логістичного центру, де добре видно перехід системи з одного в інший стан, а також імовірності, які впливають на зміну стану.

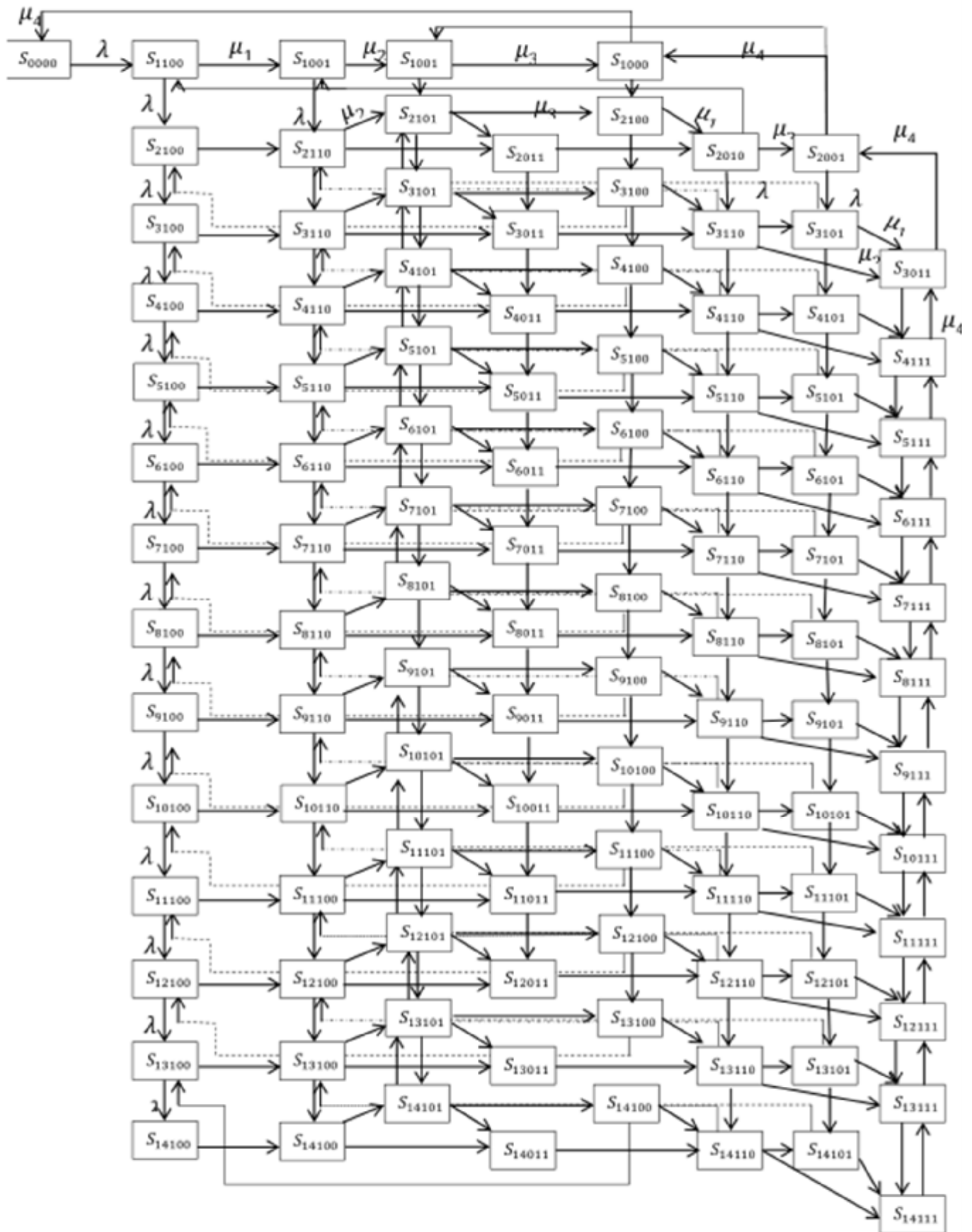


Рис. 3.2 Граф-модель работы логистического комплекса

В системі 14 обслуговуючих каналів, стан системи відображається як  $S_{0000}$ , де новий стан буде відображатися зміною однієї з чотирьох цифр.  $\lambda$  – інтенсивність вхідного потоку, а  $\mu_i$  – інтенсивність обслуговування.

$S_{0000}$  – виключає можливість простою автомобілів в черзі.

Якщо заявка входить в стан  $S_{1100}$  з інтенсивністю вхідного потоку  $\lambda$  і всі наступні фази не зайняті на обслуговуванні, то заявка проходить всі фази  $S_{1010}$ ,  $S_{1001}$ ,  $S_{1000}$  з інтенсивністю обслуговування  $\mu_1, \mu_2, \mu_3$  та завершивши обслуговування переходить в стан  $S_{0000}$  з інтенсивністю  $\mu_4$ .

Якщо на шляху заявки трапляється, що канал, наприклад, 1 вже зайнятий обслуговуванням, то заявка переходить на обслуговування іншим каналом, аж до поки всі канали не будуть зайняті обслуговуванням.

Якщо перший канал зайнятий обслуговуванням, то заявка йде до другого каналу і система вже має декілька станів, в тому числі і стан очікування.

Розглянемо більш детально поведінку обслуговування каналом 2, завдяки цьому можна зрозуміти як поведуться інші 12 каналів, адже принцип, інтенсивність обслуговування та інтенсивність вхідного потоку є не змінними величинами.

Коли заявка з інтенсивністю вхідного потоку  $\lambda$  переходить в стан  $S_{2100}$ , далі у неї є лише один шлях до стану  $S_{2110}$  з інтенсивністю обслуговування  $\mu_1$ , потім у системи є три шляхи переходу при різних умовах.

1. При умові коли шлях до наступного стану вільний (коли канал не обслуговує нікого), система переходить до стану  $S_{2101}$  (інтенсивність  $\mu_2$ ). Коли всі наступні шляхи вільні система переходить в стани  $S_{2100}$  та  $S_{1100}$  з інтенсивністю обслуговування  $\mu_3, \mu_4$ . Якщо перехід до стану  $S_{2100}$  не можливий, заявка відправляється в стан очікування  $S_{2011}$  і має 2 напрямлення, якщо інший канал обслуговування вільний система переходить в стан очікування  $S_{3111}$ , якщо всі канали зайняті заявка



переходить в стани очікування  $S_{2010}$ ,  $S_{2001}$  з інтенсивністю  $\mu_3, \mu_2$ , при умові, що будь-який канал обслуговування звільняється заявка переходить або в стани  $S_{1010}$ ,  $S_{1001}$ ,  $S_{1000}$ , або в стани очікування  $S_{3110}$ ,  $S_{3101}$  і т.д.

2. При умові, що нижчі канали зайняті обробкою замовлень, заявка переміщується в стани очікування  $S_{2011}$ ,  $S_{2010}$ ,  $S_{2001}$  з інтенсивністю  $\mu_2, \mu_3$  і чекає до поки один з каналів не відповість позитивним станом.

3. Коли заявка переміщається між каналами до поки не знайде вільний канал.

Принцип роботи системи «дерево», адже при відмові одного елементу система переходить в декілька інших. На схемі (рис. 3.2) детально видно як заявка на обслуговування рухається по системі при відмові в обслуговуванні та як утворюється черга.

### 3.4 Побудова моделі в AnyLogic

AnyLogic є досить універсальною програмою для імітаційного моделювання, адже має в собі велику кількість інструментів та об'єктів для моделювання, які дозволяють дуже точно передати стан модельованої системи. Розробники програми кожен рік випускають оновлення, які оптимізують роботу інструменту, доповнюють деталями для більш коректного моделювання.

Ця програма включає в себе графічну мову моделювання, а також вона дозволяє користувачу розширяти моделі за допомогою Java.

Інтерфейс AnyLogic 7 дуже простий, та дозволяє використати максимум можливостей.

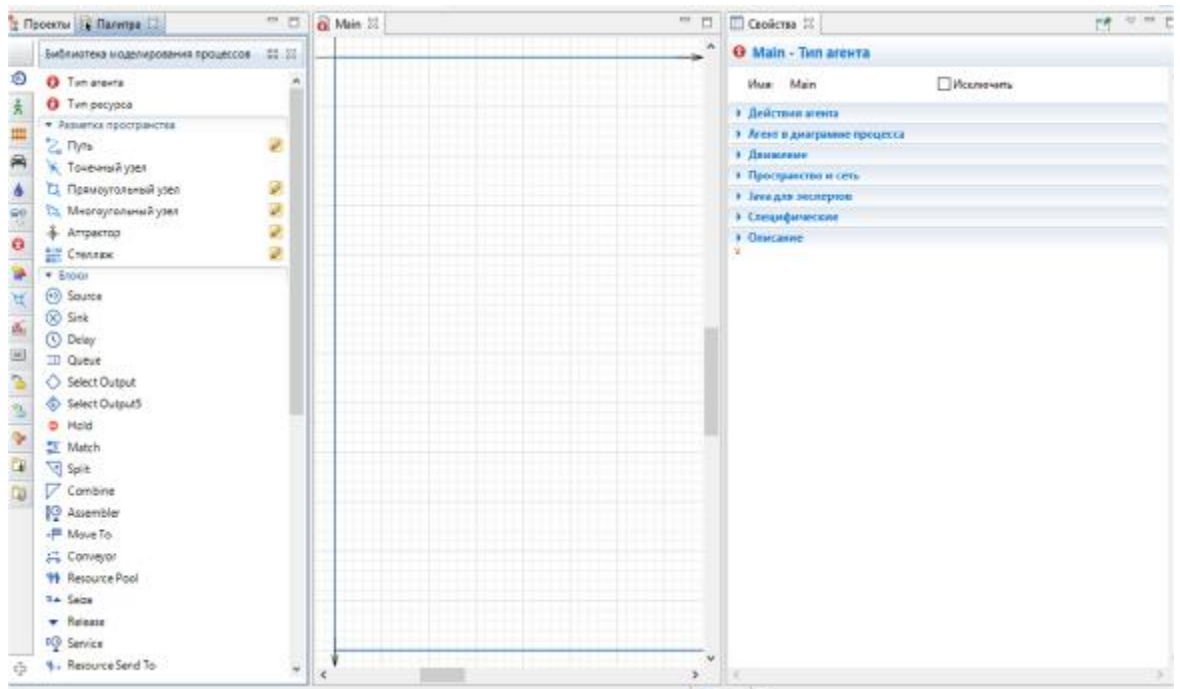


Рис. 3.3 Интерфейс программы AnyLogic

Для розробки моделі логістичного комплексу AnyLogic підходить якнайкраще, адже є всі необхідні імітаційні елементи. Порівняно з AnyLogic6 головний екран став простіший в користування, як бачимо на рисунку 3.3, змоделювати можна найдрібніші деталі.

На рисунку добре видно, де знаходиться область моделювання візуальна та агентна. Для побудови моделі логістичного центру нам знадобляться такі агенти: source, queue, move to, hold, delay, enter, sink, restricted area start, restricted area end, rack store, rack pick, split та інші.

Для побудови рухомої частини знадобляться: шлях, точковий вузол, стедаж, аттрактор.

Елемент розмітки простору Аттрактор дозволяє задавати точні місця знаходження агентів в прямокутному або багатокутної вузлі.

Якщо за допомогою вузла можна задати місце призначення руху, (наприклад, в об'єкті Move To), то аттрактором можна задати точне місце всередині вузла, в яке прибуде агент.

Ви можете використовувати об'єкт Move To, щоб задавати аттрактор як місце призначення; таким чином, ви зможете задати дуже точне місце прибуття агента.

За допомогою вузла можна так само задати місце очікування (наприклад, в блоках Delay або Queue), а аттракторами в вузлі задати точні місця знаходження агентів під час очікування.

На рис. 3.3 в зоні справа відображаються характеристики агента, а також є зона для редагування, в яку заносяться параметри системи та пишеться код для функціонування.

### ВИСНОВКИ ДО 3 РОЗДІЛУ

Дослідження та формалізація схеми роботи логістичного комплексу дозволила виявити фактори впливу на систему: простір, час, невизначеність або випадковість, причинно-наслідкові зв'язки, взаємодію з іншими процесами.

Для побудови імітаційної моделі запропоновано базу даних, яка складається з таких елементів:

- автомобілі-рефрижератори;
- холодильні приміщення;
- складське приміщення;
- допоміжна техніка (малогабаритні автомобілі для перевезення вантажу по комплексу);
- вікна для розвантаження-навантаження.

База даних побудована за допомогою MS Excel (Access), мовою SQL.

За допомогою математичної моделі ми надійшли висновку, що зв'язок між елементами системи типу «сходження» і «розбіжність».

Була здійснена формалізація системи «логістичний комплекс» за допомогою якої визначені можливі стани системи та характер переходів із одного стану в інший.

Були визначені елементи програмування AnyLogic за допомогою яких будується модель логістичного комплексу: source, queue, move to, hold, delay, enter, sink, restricted area start, restricted area end, rack store, rack pick, split та інші.

## РОЗДІЛ 4

## РЕАЛІЗАЦІЯ МОДЕЛІ ЛОГІСТИЧНОГО ЦЕНТРУ В ANYLOGIC

Реалізація моделі в ANYLOGIC починається з побудови її ситуаційної частини. Потрібно вистроїти всі процеси послідовно та з'єднати їх між собою. Основна складність полягає в тому, щоб не втратити жодного елемента, адже це може вплинути на те, що система не буде працювати і ми не отримаємо належний результат.

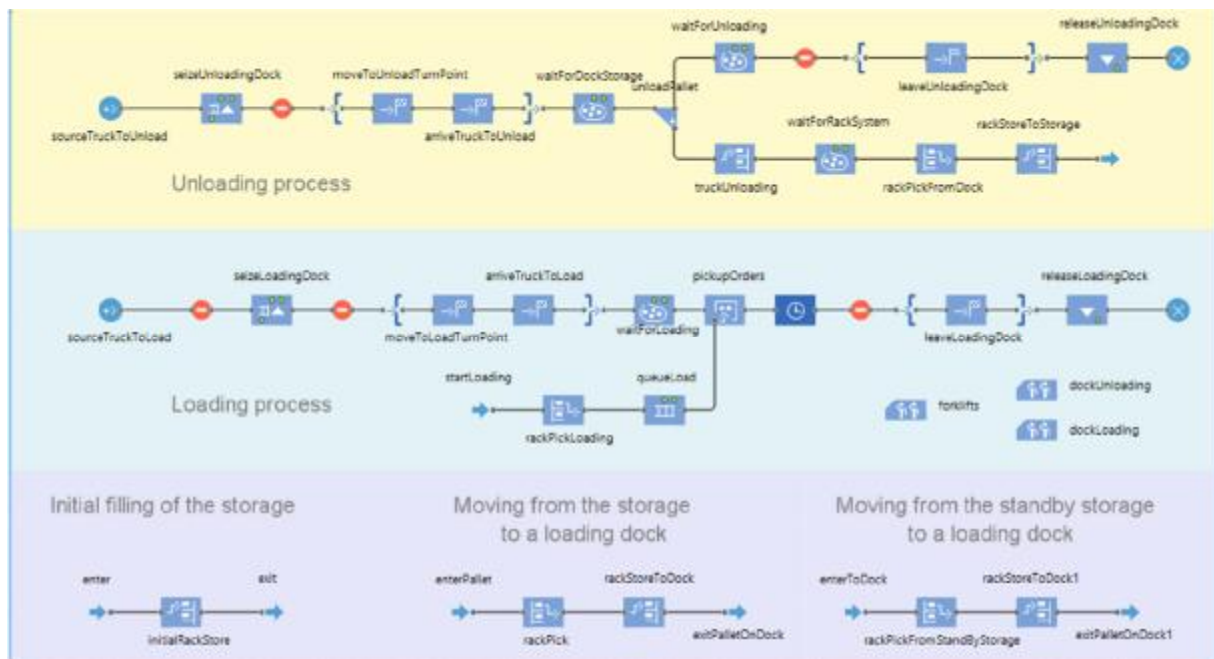


Рис. 4.1 Ситуаційна частина побудови системи логістичного терміналу

Як ми бачимо на рисунку 4.1 весь процес обслуговування розділений на дві основні частини (навантаження та розвантаження) та на 3 підпорядковані частини (рух вантажу по складу).

Схема завантаження (розвантаження) включає в себе рух транспортного потоку, його розподілення, оформлення супровідних документів, процес з участю вантажу та подальше розподілення потоку.

Для навантаження та розвантаження транспортний потік роздвоюється, адже для обслуговування є дві окремі зони.

Ця схема також передбачає формування черги, адже елемент `restricted area start` дозволяє прохід в зону з обмеженою кількістю елементів, які можуть одночасно знаходитися в цій зоні.

Заявка на обслуговування (рис. 4.2) також розроблена у вигляді схеми.

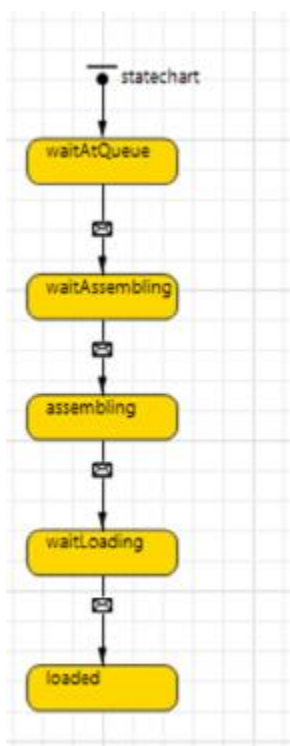


Рис. 4.2 Схема надходження заявки на обслуговування

На схемі добре видно, що заявка на обслуговування проходить 5 стадій.

Задля кращого проектування був створений початковий екран (рис. 4.3), де можливо задати вхідні та вихідні параметри, також є скорочений опис всіх стадій.

Побудова моделі була зроблена англійською мовою, адже компанія є міжнародною і більшість співробітників логістичного відділу розробляють свої проекти англійською.

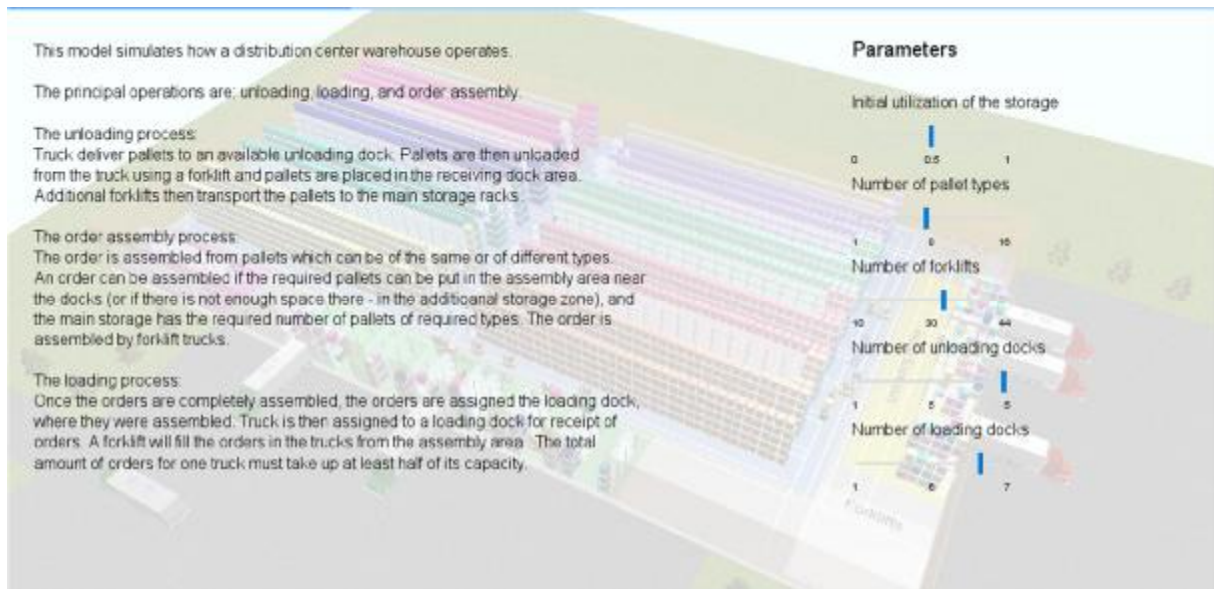


Рис. 4.3 Головний екран побудованої моделі

Програма здійснює фіксацію всіх змін роботи моделі: обсяг транспортного потоку, обсяг вантажопотоку, роботу навантажувачів та розвантажувачів, ярусність складування контейнерів, час на опрацювання.

Результати експлуатації моделі представлені у вигляді графіків та діаграм, можливо зімітувати роботи системи за довгий період для більш детального результату. Також на сторінці зі статистикою можна змінювати параметри, які впливають на роботу системи.

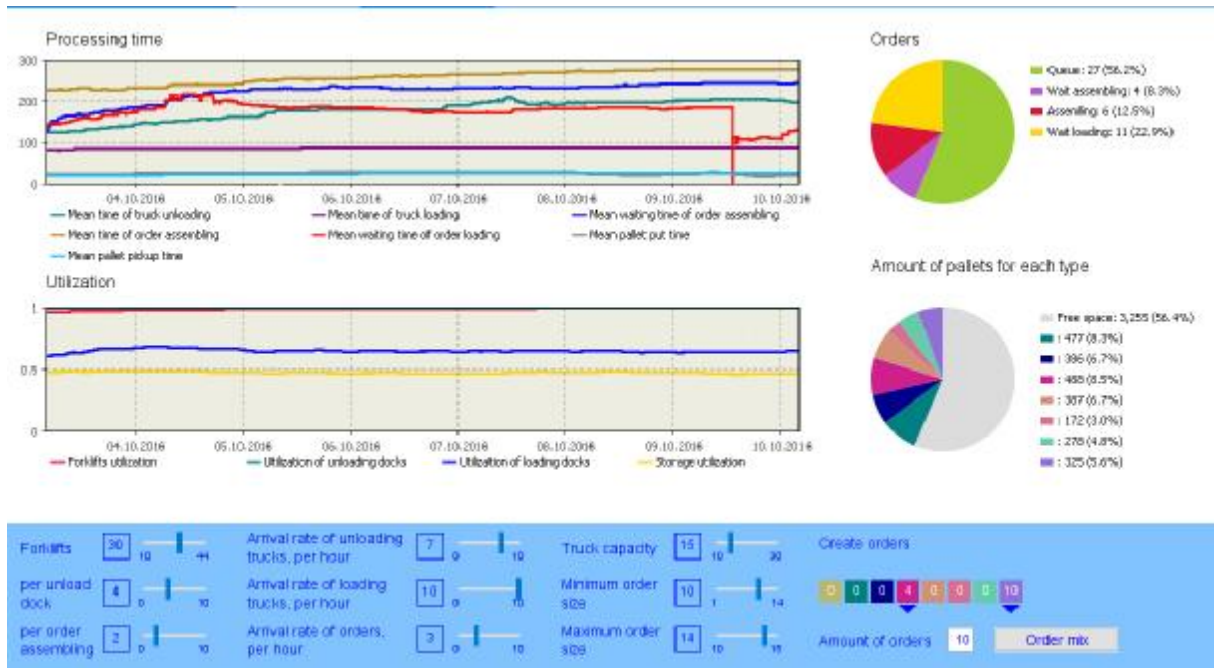


Рис. 4.4 Статистика роботи моделі з заданими параметрами

Як ми бачимо, розглянуто роботу комплексу за тиждень. Робота комплексу представлена в двох графіках, перших графік представляє собою час обробки замовлення. Другий показує наскільки система справляється з вхідним потоком.

Також був створений екран замовлень (рис. 4.5), який показує оброблення замовлення, скільки чекають на оброку та скільки вже вийшли з зони.



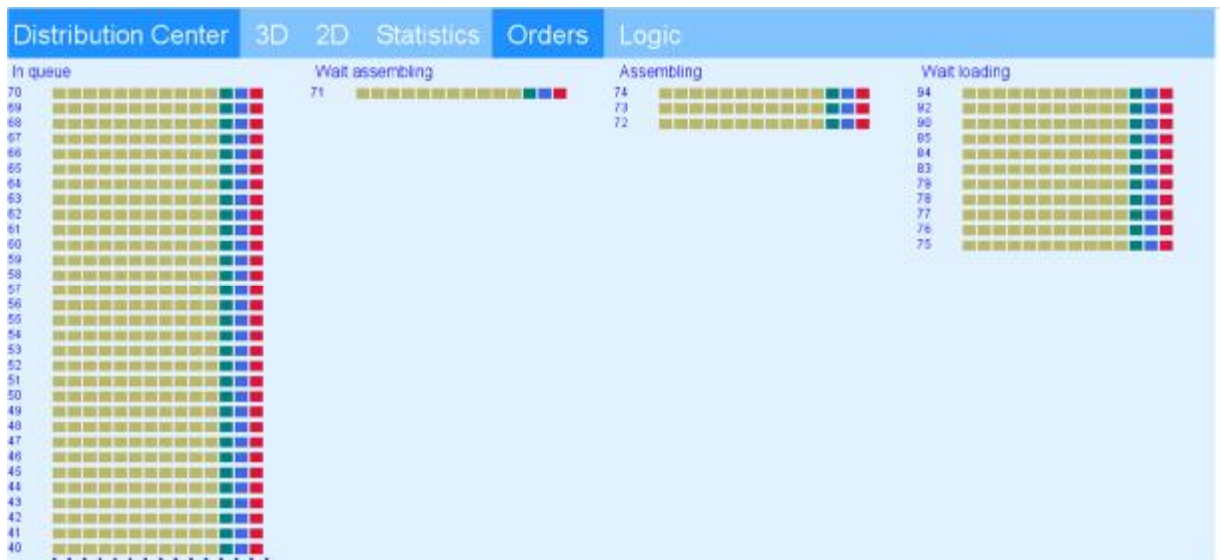


Рис. 4.5 Екран обробки замовлень

Одною з задач, які постали на шляху побудови моделі, була побудова функціонуючої 3D моделі. Побудова почалася з перенесення всіх потрібних елементів на робочий простір та зі з'єднання всіх елементів за допомогою елемента «шлях». Схема комплексу (рис. 4.6) показує рух автомобіля, його паркування, рух допоміжного складу, а також схему пересування між елементами складу.

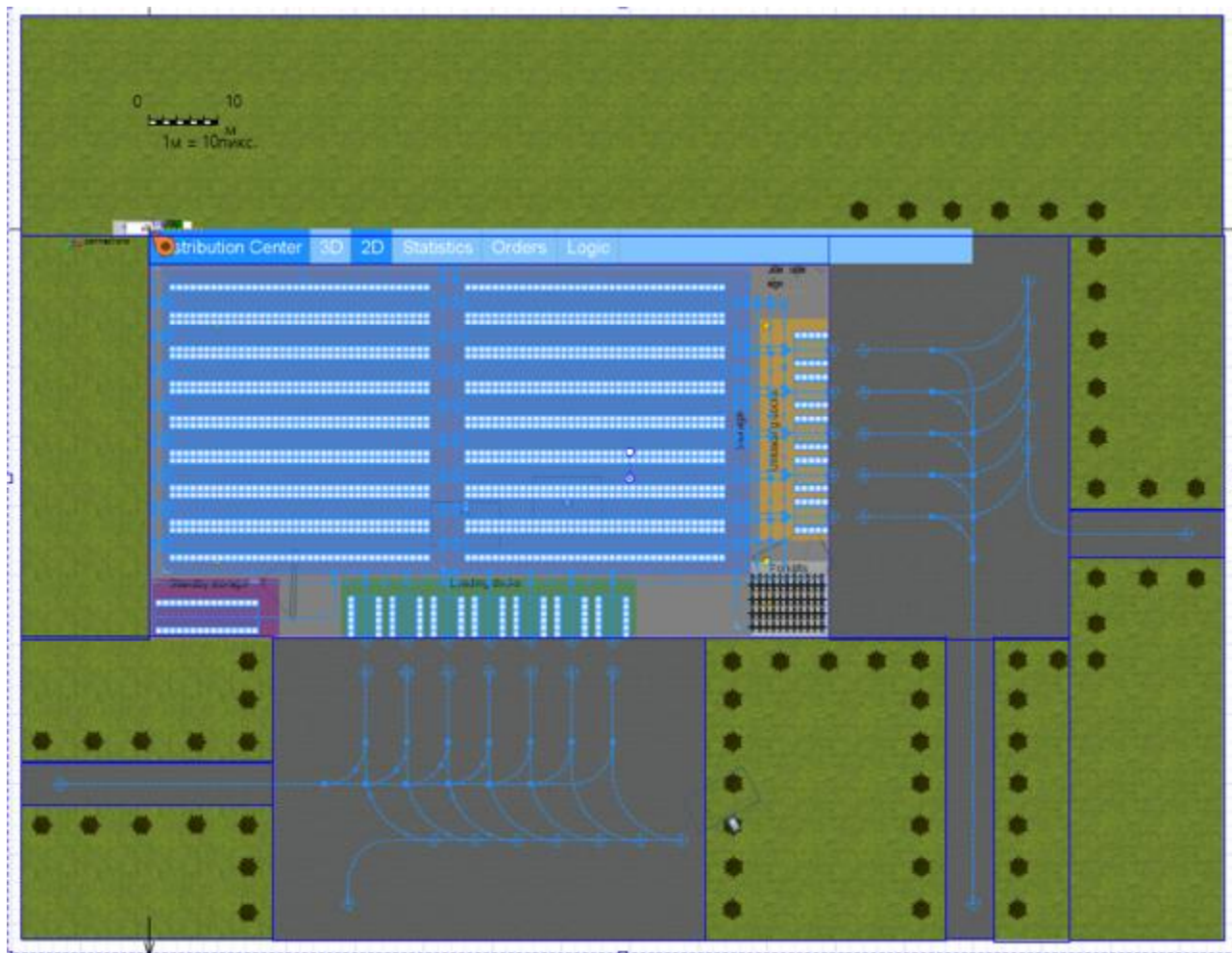


Рис. 4.6 Схема руху в логістичному центрі

Для моделі було створено два простору 3D та 2D. Обидва простори показують роботу системи, зміни її стану, вхідний та вихідний потік, а також рух на складі.

Простори були наповнені потрібними елементами: автомобілями, типами палетів, транспортом, що бере участь в навантаженні та розвантажуванні.

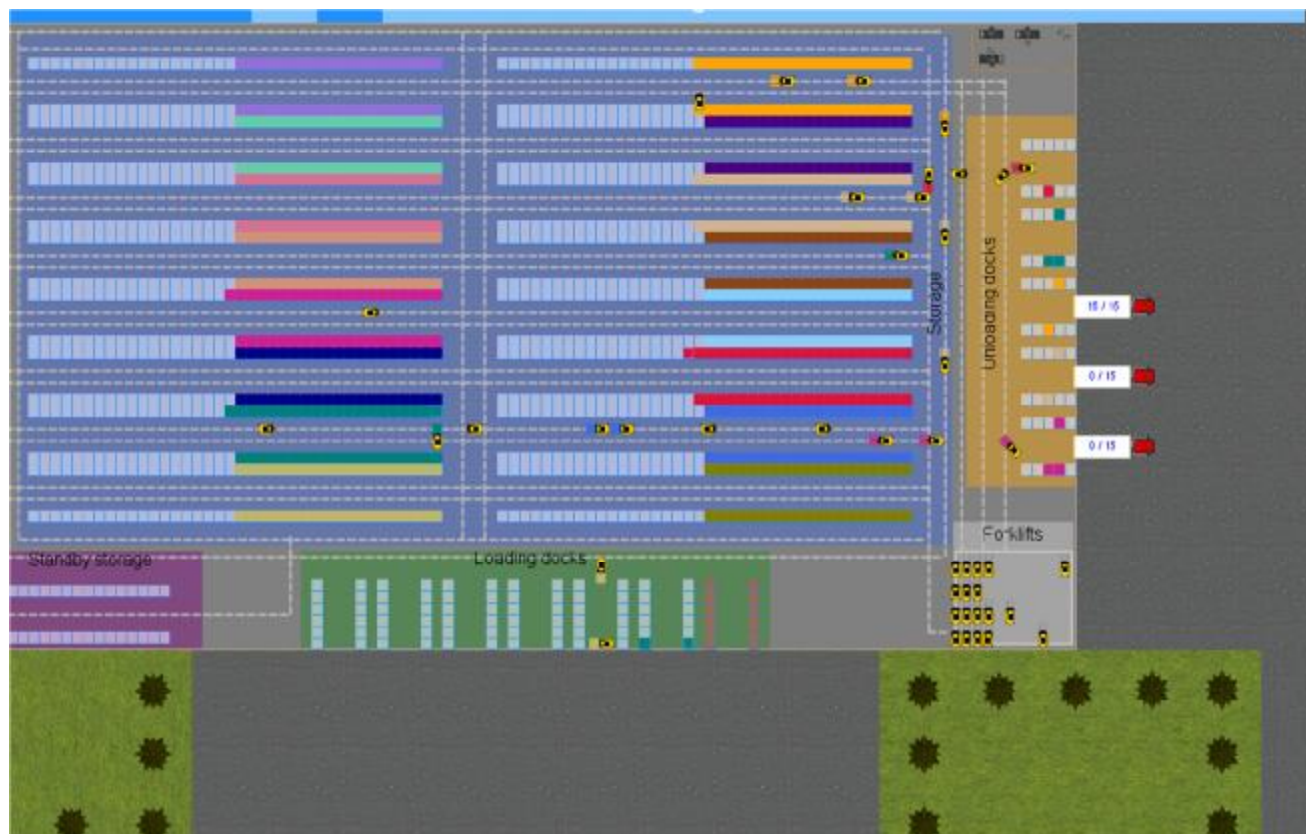


Рис. 4.7 Робота моделі в 2D просторі

В 3D просторі краще видно, як виглядає логістичний комплекс, скільки ярусів мають стелажі, скільки займає який вантаж та як проходить навантаження (розвантаження).

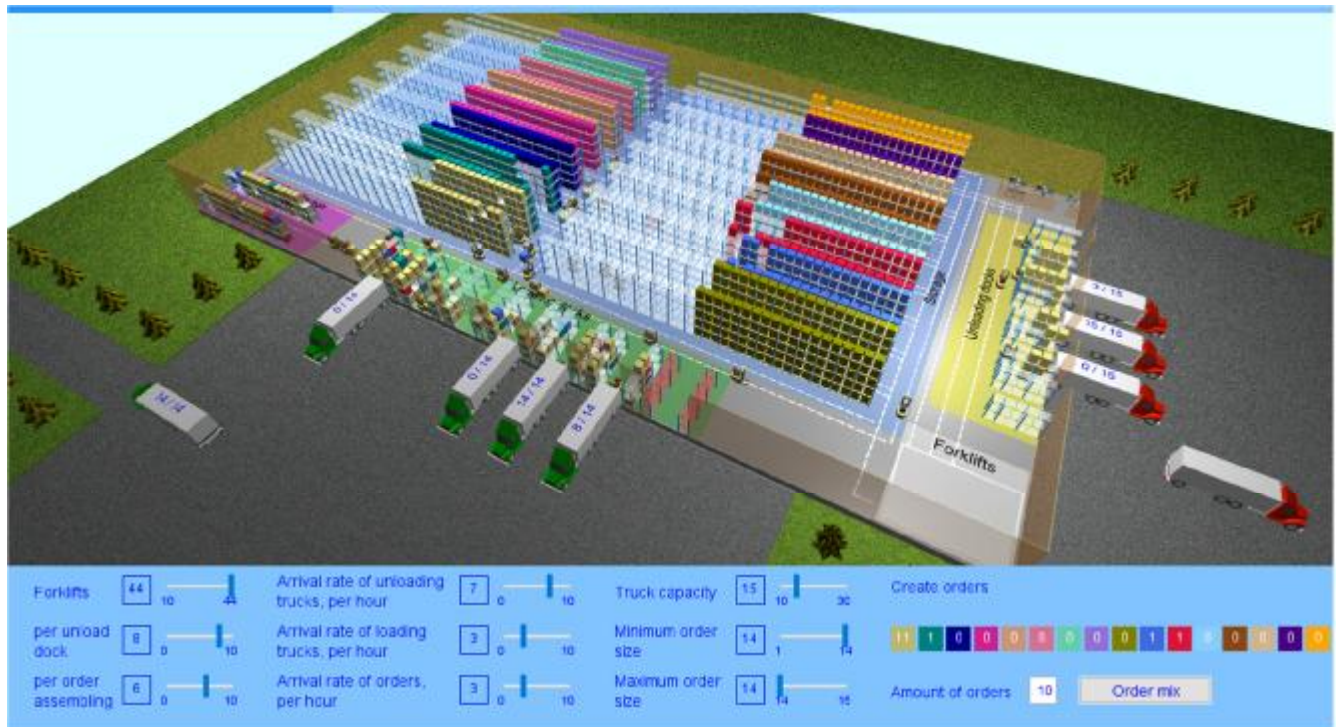


Рис. 4.8 Робота логістичного комплексу в 3D просторі

Модель є не зовсім повномірною, але вона добре показує роботу логістичного комплексу та завдяки цій моделі можна зрозуміти, які параметри варто змінити, задля кращого функціонування системи.

Цю модель можна використовувати, як освітню базу, а також як базу для розширення та доповнення необхідними деталями.

## ВИСНОВКИ ДО 4 РОЗДІЛУ

Була побудована імітаційна модель логістичного центру в програмному забезпеченні AnyLogic. Дана модель дозволяє передбачити поведінку системи при зміні параметрів, також вона допомагає розрахувати оборот вантажу за певний період часу, кількість вхідного та вихідного потоку, параметри впливу на систему. Все це надає можливість оптимізувати роботу системи, що призведе до усунення наявних проблем.

Інтерфейс моделі дозволяє змінювати параметри впливу на систему від кількості вантажу, який надходить до кількості різних варіантів палет. Модель була побудована в 3D та 2D просторі, що забезпечує більшу її ефективність.

Також були представлені схеми логічної частини моделі та статистика.

## ВИСНОВКИ

Завдяки формалізації процесів, були визначені основні параметри впливу на систему. За допомогою робочого простору AnyLogic була побудована імітаційна модель з урахуванням всіх характеристик даної системи. Імітаційна модель є достатньо адекватною та повною мірою відображає реальні стани системи при зміні параметрів впливу.

Задачі, які були поставлені на початку дослідження були вирішені:

1. Було розглянуто роботу підприємства, систему руху вантажу, технічну оснащеність логістичного комплексу, систему обробки вантажу, ланцюг постачань. Було виявлено, що ланцюг постачань складається з багатьох елементів, якщо хоч один з елементів не функціонує, або функціонує з порушеннями, це відображається на стані всього ланцюга постачань та його ефективності. Значним слабким елементом в ланцюзі постачань компанії є робота логістичного комплексу. Основними елементами, які є ризиковими для роботи є: час обробки вантажу в логістичному комплексі, кількість транспортного потоку та час очікування в черзі.

2. Проведений аналіз літературних джерел (статей, дипломних робіт та ін.), показав, що тема є актуальною та має спільний аспект в усіх роботах. Були проаналізовані роботи Кічкіної О.І., Шраменко Н.Ю. В цих роботах логістичний комплекс розглядається як система масового обслуговування з багатьма факторами впливу. Кічкіна О.І. користувалася імітаційним моделюванням для вирішення проблеми, Шраменко в свою чергу, займався лише математичною частиною дослідження.

3. Методом дослідження системи був обраний системний аналіз, завдяки цьому було описано систему «логістичний комплекс». Логістичний комплекс представляє собою СМО є багатоканальною з необмеженою чергою, з регулярним та неоднорідним потоком замовлень, та з детермінованим часом на обслуговування. Методом вирішення існуючої

проблеми стало імітаційне моделювання. Імітаційне моделювання типу дискретно-подійне, яке допомагає якомога точніше представити систему та змоделювати перехід від одного стану до іншого. Інструментом реалізації імітаційного моделювання була обрана програма Anylogic 7. Опис інформаційної частини моделі був зроблений за допомогою MS Excel (Access), мовою SQL. Формалізація математичної частини показала систему в вигляді графу з видимістю переходів з одного стану в інший, також були визначені фактори впливу на систему: простір, час, невизначеність або випадковість, причинно-наслідкові зв'язки, взаємодія з іншими процесами.

4. Побудова імітаційної частини складалася з декількох частин. Спочатку була побудована логічна частина, а потім до кожного елементу був написаний спеціальний скрипт, який відображає теперішній або майбутній стан системи. Потім була побудована візуальна частина імітаційної моделі. Вона була створена в двох просторах: 3D та 2D; для кращого розуміння поведінки системи. Проведений експеримент показав, що система працює адекватно, завдяки зручному інтерфейсу є можливим редагування параметрів впливу на систему. Завдяки побудованій моделі ми змогли змоделювати роботу логістичного центру, передбачити можливий оборот вантажу та транспортного потоку. Модель показує елементи, які можуть бути оптимізовані, також основним параметром задля чого вся робота була проведена є час. Завдяки моделі, яка працює в реальному часі, ми побачили скільки часу потрібно на обробку одного замовлення в залежності від кількості вантажу для обробки. Все це надає можливість працювати комплексу без затримки і розподіляти роботу складу та техніки раціонально.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Амосова Н. Н. Математика. Теорія масового обслуговування / Н. Н. Амосова, Ю. Д. Максимов. - СПб. : Політех. ун-ту, 2013. - 200 с.
2. Антонов А.В. Системний аналіз. - М. : Вища школа, 2004. - 454 с.
3. Андрійчик, А.В. Системний аналіз і синтез стратегічних рішень в інноватика: Основи стратегічного інноваційного менеджменту та маркетингу: Навчальний посібник / А.В. Андрійчик, О.Н. Андрейчикова. - М. : ЛИБРОКОМ, 2013. - 248 с.
4. Анфілатов В.С., Ємельянов А.А., Кукушкін А.А. Системний аналіз в управлінні: Навчальний посібник / За ред. А.А. Ємельянова. - М. : Фінанси і статистика, 2002. - 368 с.
5. Барінов, В.А. Теорія систем і системний аналіз в управлінні організаціями: Довідник: Навчальний посібник / В.А. Барінов, Л.С. Болотова; Під ред. В.Н. Волкова, А.А. Ємельянов. - М. : ФіС, ИНФРА-М, 2012. - 848 с.
6. Бережна О.В., Бережний В.І. Математичні методи моделювання економічних систем: Учеб. допомога. - 2-е изд., Перераб. і доп. - М. : Фінанси і статистика, 2006. - 432 с.
7. Боев В.Д. Комп'ютерне моделювання: Посібник для практичних занять, курсового та дипломного проектування в AnyLogic7. - СПб.: ВАС, 2014. - 432 с.
8. Бутов А.С., Степанов О.М., Щелканов Н.Г. Моделювання та оптимізація перевізного процесу на ЕОМ. - М. : РАН, 1992;
9. Васильєв Н.М. Автомобільний транспорт: організація та ефективність, М.М. Хмелевський і д.р. - М.: Транспорт, 1985- 207 с.



10. Вдовін, В.М. Теорія систем і системний аналіз: Підручник для бакалаврів / В.М. Вдовін, Л.Є. Суркова, В.А. Валентинов. - М. : Дашков і К, 2013. - 644 с.
11. Волкова, В.Н. Теорія систем і системний аналіз: Підручник для бакалаврів / В.Н. Волкова, А.А. Денисов. - М. : Юрайт, 2013. - 616 с.
12. Гайдес М.А., Загальна теорія систем (системи і системний аналіз). - Вінниця: Глобус-прес, 2005. - 201 с.
13. Гнеденко Б.В. Вступ в теорію масового обслуговування / Б.В. Гнеденко, І.М. Коваленко. - М. : Наука, 1987. - 336 с.
14. Горев А.Е. «Вантажні автомобільні перевезень» .: Навчальний посібник для студ. виш. навч. закладів / Андрій Едлівіч Горев. - М. : Видавничий центр «Академія», 2004. - 288с.
15. Григор'єв І. AnyLogic за три дні.: - СПб.: ВАС, 2016. - 202 с.
16. Дягтяренко В Н Організація перевезень вантажів / В. Н. Дягтяренко, В. В. Зімін, А І Костенко - М, 1997.
17. Жерновий Ю.В. Імітаційне моделювання систем масового обслуговування: Практикум. – Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2007. – 307 с.
18. Іванов Д.А. Управління ланцюгом постачань.: - СПб.: Видавництво Політехнічного університету, 2009. - 660с.
19. Кириченко А. В. Введення в транспортну логістику / А. В. Кириченко, А. Л. Кузнецов, О. А. Ражев [и др.]. - СПб. : ГУАП, 2011. - 228 с.
20. Кічка О.І. Удосконалення роботи прикордонного логістичного терміналу на базі імітаційного моделювання.: Вісник СХУ ім. Володимира Даля / Нечаєв Г.І. – Луганськ .: 2012. - 6 с.
21. Кобелєв Н.Б. Імітаційне моделювання об'єктів з хаотичними факторами: Навчальний посібник / Кобелєв Н.Б. - М. : КУРС, НДЦ ИНФРА-М, 2016. - 192 с.

22. Кошуняева Н.В., Патронова Н.Н. Теорія масового обслуговування (практикум по решени ю завдань) / САФУ імені М.В. Ломоносова. - Архангельськ; САФУ, 2013 - 107 с.
23. Крістофер М. Логістика та управління ланцюгами поставок / За заг. ред. В.С. Лукинський. - СПб .: Пітер, 2004. - 316 с.
24. Лескін А.А. Мережі Петрі в моделюванні та управлінні / А.А. Лескін, П.А. Мальцев, А.М. Спиридонов. - Л .: Наука, 1989;
25. Ломазова І.А. Вкладені мережі Петрі: моделювання та аналіз розподілених систем з об'єктивної структурою / І.А. Ломазова. - М .: Науковий світ, 2004;
26. Майоров Н. Н. Моделювання транспортних процесів / Н. Н. Майоров, В. А. Фетисов. - СПб .: ГУАП, 2011. - 165 с.
27. Майоров Н. Н. Практичні завдання моделювання транспортних систем / Н. Н. Майоров, В. А. Фетисов. - СПб .: ГУАП, 2012. - 185 с.
28. Максимей, І. В. Імітаційне моделювання на ЕОМ [Текст] / І. В. Максимей. - М.: Радио и связь, 1988. - 232 с.
29. Михайлов В.М. Імітаційне моделювання: Навчально-методичний посібник. - Орел: Видавництво ОФ РАНХГіС, 2015. - 164 с.
30. Москвичева Е. Е. Моделювання процесу розформування складу з контейнерами в умовах потокової технології роботи терміналу наскрізного типу [Текст] / Е. Е. Москвичева // Вісник транспорту Поволжя. - 2010. - №4. - С.72-81.
31. Москвичева Е. Е. Побудова математичної моделі обробки складів з контейнерами на терміналі наскрізного типу [Текст] / Е. Е. Москвичева // Транспорт Уралу: науково-технічний журнал. - 2011. - №1 (28). - С.14-18.
32. Рижов Л.М., Уртмінцев Ю.М., Колдоркіна Л.Р. Розрахунок характеристик системи вантажних ліній методом імітаційного

моделювання. Навчальний посібник. - Нижній Новгород: ГІВТ. - №16 - 1996;

33. Русинів І.А. Обробка і зберігання рефрижераторних вантажів на спеціалізованому терміналі / І.А. Русинів. - СПб .: СПбІ РАН, 2005. - 168 с.

34. Русинів І.А. Формалізація і оптимізація процесів переробки рефрижераторних вантажів на спеціалізованих терміналах / І.А. Русинів. - СПб .: Політехніка, 2008. - 472 с.

35. Савицька Г.В. Аналіз господарської діяльності підприємства: 2-е вид., Перераб. і доп. - Мн .: ІП «Екоперспектива», 2000. - 498с.

36. Савін В. І., Щур Д. Л. Перевезення вантажів автомобільним транспортом; Справа і Сервіс -, 2007. - 544 с.

37. Струга В. П., Толкачова І. О. Імітаційне моделювання. - МГТУ ім. Баумана, 2008. – 323 с.

38. Тихомирова, О.Г. Управління проектом: комплексний підхід і системний аналіз: Монографія / О.Г. Тихомирова. - М .: НДЦ ИНФРА-М, 2013. - 301 с.

39. Фетисов В.А. Дослідження та реалізація оптимального варіанту роботи портової логістичної системи з використанням імітаційних моделей систем масового обслуговування / В. А. Фетисов, Н. Н. Майоров // Експлуатація морського транспорту. - 2012. - № 3. - С. 3-7.

40. Ходош М.С. Організація, економіка та управління перевезеннями. - М .: Транспорт, 2002. - 159 с.

41. Шраменко Н.Ю. Розробка імітаційної моделі функціонування вантажного термінального комплексу. – ХНАДУ, 2010. – 6с.

42. Ivanov Dmitry Global Supply Chain and Operations Managment, 2016. - 344 p.

43. Кічка О.І., Русак А.Л. Моделювання технологічних процесів «ХОЛОДНОГО Складу» на підставі прогнозування енерговитрат / Вісник

східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля – №1 (225) Северодонецьк, – 2016 с. 99-104

44. Кічка О.І., Кавун Н.О. Основи теорії систем і управління: Навчальний посібник. Електронне видання. Луганськ., СХУ ім. В. Даля. 2013. – 122с.

45. . Методичні рекомендації до виконання курсової роботи з дисципліни «Науково-дослідна робота студентів» (для студентів (магістрів) всіх форм навчання спеціальності 8.07010101 (275) «Транспортні системи») / Укладачі О.І.Кічка, А.В. Кічка– Северодонецьк: Вид-во СХУ ім. В. Даля, 2016. – 25с.

46. 24 Методичні рекомендації «Вимоги до магістерської роботи» (для студентів (магістрів) всіх форм навчання спеціальності 8.07010101 (275) «Транспортні системи») / Укладачі О.І.Кічка, А.В. Кічка– Северодонецьк: Вид-во СХУ ім. В. Даля, 2016. – 12с.

47. Іпатко Я.Ю., кер. Кічка О.І. Система моделювання процесів постачання вантажів з логістичних центрів /Майбутній науковець – 2017 : матеріали всеукр. наук.-практ. конф. 1 груд. 2017 р., м. Северодонецьк: Східноукр. нац. ун-т ім. В. Даля, 2017. –с.310-311

ДОДАТОК А

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**

**„Майбутній науковець – 2017”**  
матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції  
1 грудня 2017 року  
м. Сєвєродонецьк

Сєвєродонецьк, 2017

Майбутній науковець – 2017 : матеріали всеукр. наук.-практ. конф. 1 груд. 2017 р.,  
м. Сєвєродонецьк. / укладач В. Ю. Тарасов – Сєвєродонецьк : Схїдноукр. нац. ун-т ім. В. Даля, 2017. – 774 с.

*Р е д а к ц і й н а к о л е г і я :*

директор інституту економіки і управління к.е.н., доц. **Галгаш Р.А.**;  
в.о. голови Студентської Ради СНУ ім В. Даля **Какауліна Г.Є.**;  
декан факультету інженерії, к.т.н., доц. **Кудрявцев С.О.**;  
декан факультету інформаційних технологій та електроніки, к.т.н., доц. **Митрохін С.О.**;  
заст. декана факультету інженерії, к.т.н, доц. **Тарасов В.Ю.**

### ЗМІСТ

<b>Стрілець А.С., Бут К.В.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ УМОВ РОЗЧИНЕННЯ КОМПОНЕНТІВ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ КАРБАМІДУ-АМІАЧНИХ СУМІШЕЙ. ....	17
<b>Кукота О., Петренко О.</b> ВПЛИВ рН НА ШВИДКІСТЬ ОСАДЖЕННЯ КАЛЬЦІЙ КАРБОНАТУ.....	19
<b>Яценко І.П., Суворін О.В., Доценко А.Д.</b> ТЕРМОДИНАМІЧНІ РОЗРАХУНКИ ПРОЦЕСУ ОЧИСТКИ СО <sub>2</sub> ВІД ПАЛЬНИХ ДОМІШОК У ВИРОБНИЦТВІ КАРБАМІДУ.....	20
<b>Люта Ю.В.</b> ФОСФОРНАКОПИЧУВАЛЬНА ЗДАТНІСТЬ <i>M. OFFICINALE</i> .....	21
<b>Ничик Н.О., Труш Я.В.</b> СИНТЕЗ ТА РЕАКЦІЙНА ЗДАТНІСТЬ ПРОДУКТІВ 1,8-ПРИЄДНАННЯ ДО АРЕНАЛЬАЗИНІВ ХІНОНІВ.....	22
<b>Шакун А.С.</b> ИНГИБИРОВАНИЕ АТМОСФЕРНОЙ КОРРОЗИИ МЕДИ .....	24
<b>Прилипка І.О.</b> ПІДВИЩЕННЯ КОРОЗІЙНОЇ СТІЙКОСТІ ЗА РАХУНОК ХІМІЧНОЇ ПАСИВАЦІЇ .....	26
<b>Луговської А.І.</b> ОТРИМАННЯ СИНТЕЗ-ГАЗУ ПАРОВОЮ КОНВЕРСІЄЮ КАМ'ЯНОГО ВУГІЛЛЯ ЗА ТЕХНОЛОГІЄЮ АЕРОЗОЛЬНОГО НАНОКАТАЛІЗУ.....	28
<b>Богачов В.В.</b> ВПЛИВ КАТАЛІЗАТОРІВ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ФІЗИКО-ХІМІЧНОЇ ОЧИСТКИ ПРОМИСЛОВИХ СТОКІВ. ....	30
<b>Гоков О. М., Лубінець О. Р.</b> ПРО ДЕЯКІ ЕЛЕКТРИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ АТМОСФЕРИ В РАЙОНАХ ВЕЛИКИХ ПОЖЕЖ І АТМОСФЕРНО-ІОНОСФЕРНУ ВЗАЄМОДІЮ.....	31
<b>Бондарук С. В., Бондарчук В. І., Кернер А. О.</b> ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ВМІСТУ ВІТАМІНУ С У СВІЖИХ ТА ТЕРМІЧНО ОБРОБЛЕНИХ ПРОДУКТАХ ХАРЧУВАННЯ .....	34
<b>Зубкович І.В., Портюх Т.Л.</b> ОЦІНКА ВІНОСУ БІОГЕННИХ РЕЧОВИН З ҐРУНТІВ ВОДОЗБОРУ ОЗ. ОСТРІВСЬКЕ (ВОЛИНСЬКЕ ПОЛІССЯ).....	37
<b>Косяк Д.Б.</b> ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ БУДІВНИЦТВА КАСКАДУ ГЕС НА ДНІСТРІ.....	39
<b>Калашніков О. І.</b> ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ ТА СКЛАДУ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД.....	41
<b>Данельська А.С., Карлаш В.І., Іванченко А.В.</b> ГЛАУКОНІТ ЯК ВАЖЛИВА РЕЧОВИНА У ХІМІЧНІЙ ТЕХНОЛОГІЇ. ....	42
<b>Карлаш В.І., Данельська А.С., Іванченко А.В.</b> ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ КИСЛОТНО АКТИВОВАНИХ АДСОРБЕНТІВ У ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИСТКИ СТІЧНИХ ВОД.....	43
<b>Кащесв І.О.</b> РЕКОМБІНАНТНІ АКТИВАТОРИ ПЛАЗМІНОГЕНУ ЯК ПЕРСПЕКТИВНІ ЛІКАРСЬКІ ЗАСОБИ У ТРОМБОЛІТИЧНІЙ ТЕРАПІЇ .....	44
<b>Коробка Ю. В.</b> ВИЗНАЧЕННЯ ЖИРНОКИСЛОТНОГО СКЛАДУ У ЗРАЗКАХ СОНЯШНИКОВОЇ ОЛІЇ ВІТЧИЗНЯНИХ ВИРОБНИКІВ МЕТОДОМ ЯМР 1Н СПЕКТРОСКОПІЇ.....	46
<b>Чоботар В.В.</b> ОЦІНКА ЕМБРІОТОКСИЧНОСТІ НАНООКВАЦИТРАТІВ ПЕРЕХІДНИХ МЕТАЛІВ, .....	48

<b>Чоботар В.В.</b> ОЦІНКА ТОКСИЧНОСТІ ПОЛІМЕР/СРІБНОЇ КОМПОЗИЦІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ БІОСЕНСОРУ <i>SPIROSTOMUM AMBIGUA</i> .....	49
<b>Філатова А.О.</b> ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ «ДЕРЕВО РІШЕНЬ» ПРИ РОЗРАХУНКУ НОРМАТИВНОЇ ГРОШОВОЇ ОЦІНКИ НЕРУХОМОГО МАЙНА.....	305
<b>Глущенко М.І.</b> ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ ЕЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБІГУ В АВТОМОБІЛЬНИХ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕННЯХ КОМПАНІЇ AVACARRIER LLC.....	307
<b>Ілларіонов І.Л.</b> ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА СУЧАСНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ КОНТЕНТОМ.....	308
<b>Іпатко Я.Ю.</b> СИСТЕМА МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ПОСТАЧАННЯ ВАНТАЖІВ З ЛОГІСТИЧНИХ ЦЕНТРІВ.....	310
<b>Алсуф'єв Б. Б.</b> МОДЕЛЮВАННЯ НЕСПРАВНОСТЕЙ ЦИФРОВИХ СХЕМ.....	312
<b>Кобилянський А.М.</b> АНАЛІЗ ДІЮЧИХ МОБІЛЬНИХ ТУРИСТИЧНИХ ДОДАТКІВ ТА ПРОГРАМ.....	315
<b>Poliakova A., Sboev R.</b> THE PROTOCOL IS TO ACCIDENTAL MULTIPLE ACCESS CSMA-CD IN SOLVING CONFLICTS AND EVEN ON THE PHYSICAL LEVEL .....	316
<b>Прийменко В.Ю.</b> УДОСКОНАЛЕННЯ РОБОТИ АВТОПІДПРИЄМСТВА, ЩО СПЕЦІАЛІЗУЄТЬСЯ НА ДОСТАВЦІ НАЛИВНИХ ВАНТАЖІВ.....	317
<b>Прядко К.М.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ В ЗАДАЧАХ ВИЯВЛЕННЯ ОБРАЗІВ .....	318
<b>Одегова Е.А.</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ «КАРТОЧНОГО» ИНТЕРФЕЙСА ПРИ РАЗРАБОТКЕ САЙТА .....	321
<b>Gorondei E.V.</b> DISGUISED DEVICES IN RADIO ELEKTRONIC EQUIPMENT, AS ONE OF THE RELIABLE OPTIONS FOR INTERCEPTING ACOUSTIC INFORMATION.....	323



## СИСТЕМА МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ПОСТАЧАННЯ ВАНТАЖІВ З ЛОГІСТИЧНИХ ЦЕНТРІВ

Іпатко Я.Ю. гр. ТС-163м

Кічка О.І. к.т.н., доц.

Східноукраїнський національний університет ім. Володимира Даля

Моделювання транспортних процесів, особливо зараз, коли динаміка змін в обслуговуванні підприємств різних форм власності досить значна, приймає нове значення якщо розглядати з позицій та на підставі принципів логістики. Останнім часом з'явився значний попит в оптимізації транспортних операцій при перевезеннях різноманітних вантажів як окремими транспортно-експедиційними компаніями так і власним транспортом підприємств та логістичних центрів.

Транспортна логістика як нова методологія оптимізації й організації раціональних вантажопотоків, їхньої обробки в спеціалізованих логістичних центрах дозволяє забезпечувати підвищення ефективності таких потоків, зниження непродуктивних витрат, а транспортникам - бути сучасними, максимально відповідати запитам усе більш вимогливих клієнтів і ринку. Концепція логістики – система поглядів на підвищення ефективності функціонування підприємств на основі оптимізації матеріальних, сервісних потоків.

Рішенням задач транспортної логістики присвячені роботи таких вчених як Бакаєв О.О., Геронімус Б.Л., Бережна О.В., Бережной В.І., Гаджинський А.М., Неруш Ю.М., Курганов В.М., Смахов А.А. та інші. На відміну від розглянутих в цих роботах проблем та задач транспортної логістики в цій статті пропонується рішення задачі маршрутизації в логістичній системі постачання вантажів замовникам з урахуванням роздільних постачань одним транспортним засобом в умовах максимального використання вантажності і мінімізації загального пробігу.

Отже задача такого роду виникає коли необхідно доставити з центрального складу (розподільчого складу, терміналу) вантаж декілька вантажоодержувачам, причому загальна потреба в вантажі всіх замовників не перевищує вантажності транспортної одиниці, яка застосовується на певному маршруті. Основними вимогами є забезпечення потреб замовників в повному обсязі і точно в строк, а також загальний оббіг всіх транспортних засобів повинен бути мінімальний.

В цих умовах побудова моделі має додаткову умову щодо мінімальної кількості вантажу, що може бути доставлена при вимушеному розділі партії вантажу, а також мінімальна кількість вантажу, що може бути надіслана замовнику в межах одного маршруту.

Для побудови моделі яка формалізує процес вибору маршруту в логістичній системі поставок необхідні такі змінні та параметри:

$x_i^k$  - кількість вантажу, що доставляється  $i$ -му замовнику в межах  $k$ -го маршруту;

$k$  – номер кільцевого маршруту,  $k \in \{1, L\}$ ;

$i$  – номер вантажоодержувача  $i \in \{1, N\}$

$r_i$  – потреба  $i$ -го замовника (вантажодержувача) в вантажі;

$\Gamma_{ij}$  – відстань між  $i$ -м та  $j$ -м замовником;

$Q_k$  - вантажність транспортного засобу на  $k$ -му маршруті,

$q_k$  - допустиме перевантаження транспортного засобу;

$V_k = \{(0, i_1^k), (i_1^k, i_2^k), \dots, (i_k^k, 0)\}$  - упорядкований перелік вантажоодержувачів межах одного маршруту;

$M_k = \{0, i_1^k, i_2^k, \dots, i_k^k\}$  - перелік вантажоодержувачів на k-му маршруті (k-тий маршрут)

Математична модель має вигляд:

$$F = \sum_{k=1}^L \sum_{(i,j) \in V_k} \dot{a}_{ij} r_{ij} \text{ @ min}$$

$$\begin{cases} \dot{a}_{ij} x_i^k \leq Q_k + q_k & k \in 1, L \\ \dot{a}_{ij} x_i^k \leq p_i & i \in 1, N \\ x_i^k \geq 0 & i \in 1, N \quad k \in 1, L \end{cases}$$

Таким чином задача полягає в визначенні маршрутів їх кількості та оптимального розподілу обсягів перевезень на маршрутах.

Схожі задачі вирішувалися багатьма науковцями, але ми пропонуємо поєднати вирішення такої задачі з моделюванням процесу руху на транспортній мережі з урахуванням ймовірних факторів, таких як утворення автомобільних заторів, аварійних ситуацій та будь-яких інших не передбачених ситуацій на дорогах.

Як середовище моделювання був обраний пакет AnyLogic ([www.anylogic.com](http://www.anylogic.com)). AnyLogic - це універсальний інструмент для моделювання дискретних, безперервних і гібридних систем.

Щоб побудувати імітаційну модель транспортної мережі, потрібно з готових блоків сформувати топологію мережі і задати необхідні параметри для кожного блоку. Топологія мережі задається шляхом переміщення розроблених елементів транспортної мережі в кореневий об'єкт моделі. Параметри налаштовуються для кожного елемента окремо. Час створення моделі транспортної мережі залежить від її обсягу.

Отже задача доставки вантажів з розподільчого центру споживачам за умов, що наведені вище може бути вирішена у дворівневій системі моделювання: на першому рівні вирішується задача побудови оптимального плану перевезень, на другому – за допомогою імітаційного моделювання дослідження процесу доставки в умовах критичних значень параметрів.

Вирішення цієї задачі дозволяє знизити логістичні витрати в підсистемі постачання як для систем постачання товарів замовникам так і для систем забезпечення підприємств матеріалами та сировиною, що постачаються з централізованого складу.

#### Література

1. Галабурда В.Г. Оптимальное планирование грузопотоков . – М.: Транспорт, 1985. 256с.
2. Бакаев О.О., Кутах О.П., Пономаренко Л.А. Теоретичні засади логістики. – II том. – К.: Фенікс, 2005. – 528с.
3. Логістика – технология транспортного процесса/ Л.М.Костюченко, Е.В. Танцюра, Л.Г.Зайончик и др. – К.:Кий, 2000. – 358с.
4. Ю.Г.Карпов Имитационное моделирование систем // С-Петербург-БХВ-Петербург-2006
5. Дж. Моудер, С. Элмаграби. Исследование операций. Методологические основы и математические методы. Т.2 . // М.-Мир-1981