

**Міністерство освіти і науки України
Університет митної справи та фінансів**

**Факультет інноваційних технологій
Кафедра транспортних технологій та міжнародної логістики**

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту
Завідувач кафедри транспортних
технологій та міжнародної логістики,
к.т.н., доцент

_____ А. І. Кузьменко
(підпис)

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА
на тему:
«УДОСКОНАЛЕННЯ ЗМІШАНИХ АВІАЦІЙНО-АВТОМОБІЛЬНИХ
ПЕРЕВЕЗЕНЬ»**

Виконав: студент групи Т23-1м
спеціальності 275 Транспортні
технології (на автомобільному
транспорті)
**Матченко Владислав
Володимирович**

Керівник: _____
(підпис)

кандидат технічних наук, доцент
Кузьменко Альбіна Ігорівна

Рецензент _____
(підпис)

УМСФ, доцент кафедри
транспортних технологій та
міжнародної логістики,
кандидат технічних наук, старший
науковий співробітник
Шаповалов Олексій Вікторович

Дніпро
2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УНІВЕРСИТЕТ МИТНОЇ СПРАВИ ТА ФІНАНСІВ

Факультет інноваційних технологій
Кафедра транспортних технологій та міжнародної логістики
Ступінь вищої освіти – магістр
Спеціальність 275 Транспортні технології
(на автомобільному транспорті)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри транспортних
технологій та міжнародної логістики
к.т.н., доц.,

А. І. Кузьменко

(підпис)

«01» листопада 2024 р.

З А В Д А Н Н Я
з підготовки кваліфікаційної роботи магістра
студента групи Т23-1м
МАТЧЕНКА ВЛАДИСЛАВА ВОЛОДИМИРОВИЧА

1. Тема роботи: Удосконалення змішаних авіаційно-автомобільних перевезень.

Керівник кваліфікаційної роботи магістра: Кузьменко Альбіна Ігорівна,
кандидат технічних наук, доцент.

Затверджено наказом ректора УМСФ від “11” листопада 2024 р. № 949кс.

2. Дата подання студентом готової кваліфікаційної роботи магістра на кафедру:
«30» грудня 2024 р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи магістра.

3.1 Вид перевезень: вантажні, змішані, автомобільно-авіаційні.

3.2 Напрямок перевезень: Україна-Америка.

3.3 Місце знаходження вантажного терміналу перевалки вантажів:
аеропорт ім. Ф. Шопена, м. Варшава, Польща.

3.4 Вихідні дані для розрахунку систем масового обслуговування: $\lambda=20$
контейнерів в годину, $\mu=0,33$ год.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, потрібних для опрацювання):
- 4.1 Аналіз статистичних даних за темою кваліфікаційної роботи магістра
 - 4.2 Аналіз наукових праць, присвячених удосконаленню вантажних перевезень за участю авіаційного транспорту
 - 4.3 Постановка завдання. Методика визначення розрахункових параметрів
 - 4.4 Огляд повітряних суден та авіаційних контейнерів. Складання фізичної моделі
 - 4.5 Складання математичної моделі процесу обслуговування контейнерів на вантажному терміналі аеропорту
 - 4.6 Моделювання технологічних параметрів систем обслуговування контейнерів в аеропорту
 - 4.7 Розрахунок оптимальної чисельності навантажувально-розвантажувальних механізмів

5. Перелік графічних матеріалів:

- 5.1 Аналіз статистичних даних
- 5.2 Постановка завдання
- 5.3 Побудова фізичної моделі
- 5.4 Визначення параметрів для моделювання
- 5.5 Складання математичної моделі роботи вантажного терміналу аеропорту як системи масового обслуговування
- 5.6 Моделювання процесу обслуговування контейнерів на вантажному терміналі аеропорту
- 5.7 Порівняння основних результатів розрахунку для 3-х, 4-х та 5-ти канальної СМО
- 5.8 Розрахунок кількості та продуктивності навантажувально-розвантажувальних механізмів

6. Дата видачі завдання: «30» вересня 2024 р.

Студент

(підпис)

(Матченко В. В.)

Керівник кваліфікаційної роботи магістра

(підпис)

(Кузьменко А. І.)

АНОТАЦІЯ

Матченко В. В. Удосконалення змішаних авіаційно-автомобільних перевезень.

Кваліфікаційна робота магістра на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 275 Транспортні технології (на автомобільному транспорті). Університет митної справи та фінансів, Дніпро, 2025.

Кваліфікаційна робота магістра присвячена удосконаленню змішаних авіаційно-автомобільних перевезень за рахунок зменшення часу перевалки вантажів з одного виду транспорту на інший на підставі проведення досліджень, які характеризуються невизначеністю умов і вимог. Проаналізовано статистичні дані. Виконано постановка завдання. Здійснено огляд повітряних суден та авіаційних контейнерів. Складено фізичну та математичну моделі процесу обслуговування контейнерів на вантажному терміналі аеропорту. Досліджено технологічні параметри систем обслуговування контейнерів в аеропорту. Розраховано оптимальну чисельності контейнерних навантажувачів.

THE SUMMARY

Matchenko V. V. Improvement of mixed air and road transportation.

Qualification work for the master's degree in specialty 275 Transport Technologies (road transport). University of Customs and Finance, Dnipro, 2025.

The master's qualification work is devoted to the improvement of mixed air-road transportation by reducing the time of transshipment of goods from one mode of transport to another on the basis of research characterized by uncertainty of conditions and requirements. Statistical data are analyzed. The task was formulated. An inspection of aircraft and air cargo containers was carried out. The physical and mathematical models of the container handling process at the airport cargo terminal were developed. The technological parameters of container handling systems at the airport are investigated. The optimal number of container loaders is calculated.

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра «Удосконалення змішаних авіаційно-автомобільних перевезень». 105 с., 31 рис., 8 табл., 38 джерел, 7 додатків на 15 сторінках.

Мета роботи: розв'язання складної проблеми у галузі транспортних технологій, присвяченої удосконаленню змішаних авіаційно-автомобільних перевезень за рахунок зменшення часу перевалки вантажів з одного виду транспорту на інший на підставі проведення досліджень, які характеризується невизначеністю умов і вимог.

Об'єкт дослідження – міжнародні вантажні перевезення.

Предмет дослідження – змішані автомобільно-авіаційні перевезення вантажів.

Методи дослідження: методи математичної статистики, теорія систем масового обслуговування.

У процесі написання кваліфікаційної роботи магістра були виконані наступні **завдання:** проаналізувати статистичні дані. Виконати постановку завдання. Здійснити огляд повітряних суден та авіаційних контейнерів. Скласти фізичну та математичну моделі процесу обслуговування контейнерів на вантажному терміналі аеропорту. Дослідити технологічні параметри систем обслуговування контейнерів в аеропорту. Розрахувати оптимальну чисельність контейнерних навантажувачів.

Ключові слова: ЗМІШАНІ АВТОМОБІЛЬНО-АВІАЦІЙНІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ; АВІАЦІЙНІ КОНТЕЙНЕРИ; ВАНТАЖНІ ТЕРМІНАЛИ; ТЕОРІЯ СИСТЕМ МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1. АНАЛІЗ СТАТИСТИЧНИХ ДАНИХ ТА НАУКОВИХ ПРАЦЬ З ОРГАНІЗАЦІЇ КОНТЕЙНЕРНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ЗА УЧАСТЮ АВІАЦІЙНОГО ТРАНСПОРТУ	10
1.1 Аналіз статистичних даних за темою кваліфікаційної роботи магістра	10
1.2 Аналіз наукових праць, присвячених удосконаленню вантажних перевезень за участю авіаційного транспорту	16
2. ПОБУДОВА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПРОЦЕСУ ОБСЛУГОВУВАННЯ КОНТЕЙНЕРІВ НА ВАНТАЖНОМУ ТЕРМІНАЛІ АЕРОПОРТУ	22
2.1 Постановка завдання. Методика визначення розрахункових параметрів.	22
2.2 Огляд повітряних суден та авіаційних контейнерів. Складання фізичної моделі	26
2.3 Складання математичної моделі процесу обслуговування контейнерів на вантажному терміналі аеропорту	40
3. МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМ ОБСЛУГОВУВАННЯ КОНТЕЙНЕРІВ В АЕРОПОРТУ	56
3.1 Основні теоретичні засади	56
3.2 Розрахунок багатоканальної СМО	62
4. РОЗРАХУНОК ОПТИМАЛЬНОЇ ЧИСЕЛЬНОСТІ НАВАНТАЖУВАЛЬНО-РОЗВАНТАЖУВАЛЬНИХ МЕХАНІЗМІВ	71
4.1 Розрахунок кількості та продуктивності НРМ	71
4.2 Розрахунок вартості автомобільної частини міжнародного перевезення вантажів	81
ВИСНОВКИ	84
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	86

					<i>КРМ</i>	<i>275</i>	<i>22</i>	<i>ПЗ</i>
<i>Змн.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	УДОСКОНАЛЕННЯ ЗМІШАНИХ АВІАЦІЙНО-АВТОМОБІЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ			<i>Лім.</i>
<i>Розроб.</i>	<i>Матченко В.В.</i>							<i>Арк.</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Кузьменко А.І.</i>							6
<i>Реценз.</i>	<i>Шаповалов О.В.</i>							<i>Аркуші</i>
<i>Н. контр.</i>	<i>Кузьменко А.І.</i>							105
<i>Затверд.</i>	<i>Кузьменко А.І.</i>				<i>УМСФ, ГР. Т23-1м</i>			

Додаток А. Апробація результатів кваліфікаційної роботи магістра	91
Додаток Б. розвантаження контейнерів типу LD3 з літака Boeing 767	92
Додаток В. Типове внутрішнє розташування: модель 767-300 Freighter, (вантажний), головна палуба	93
Додаток Г. Нижні вантажні відсіки: модель 767-300, -300ER, -300 вантажне судно (контейнери LD-2 і наливні вантажі)	94
Додаток Д. Нижні вантажні відсіки: модель 767-400ER (контейнери та масові вантажі)	95
Додаток Е. Схема аеропорту ім. Ф. Шопена (м. Варшава, Польща)	96
Додаток Ж. Графічні матеріали	97

Виконав	Матченко В.В.			<i>КРМ 275 22 ПЗ</i>	Арк.
Перевірив	Кузьменко А.І.				7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

ВСТУП

Авіадоставка — ефективний і швидкий спосіб доставити вантаж з одного кінця на карті світу в інший. Серед важливих переваг цієї послуги відзначають високі показники надійності та оптимальну швидкість відправки вантажу. Але, на жаль, з початком збройної агресії російської федерації для України цей від логістичної доставки вантажів став недосяжним. Логістичні компанії на ринку міжнародних перевезень швидко перебудували свій бізнес. Адже нагальною є потреба у швидкій доставці вантажів з таких країн, як Китай, Індія, Америка, Австралія тощо. Тож сьогодні логістичні ланцюжки між Україною та цими державами проходять територією сусідніх європейських країн.

Авіап перевезення вантажів є життєво важливою складовою сектору логістики, адже вони забезпечують швидке та надійне транспортування товарів по всьому світу. Та в останні роки світова авіалогістика стикається з чималими перешкодами та надскладними викликами – тривалий процес відновлення після пандемії, загальне погіршення економічної ситуації, висока інфляція, нестача персоналу в аеропортах і пов'язані з цим страйки, війна в Україні тощо. Все це стало непростим випробуванням і для міжнародної логістики, і для зовнішньо-економічної діяльності у світі. Сучасні умови авіатранспортного ринку вимагають від аеропортових підприємств підвищення якості надаваних перевізникам і користувачам повітряного транспорту послуг, скорочення тимчасових витрат на обслуговування й забезпечення вимог щодо безпеки та регулярності перевезень. Одним із напрямів практичного вирішення цієї проблеми є оптимізація технологічних параметрів аеропортових комплексів на базі логістичного моделювання [1].

Ураховуючи певні умови роботи аеропорту, адміністрація аеропорту створює свою структуру виходячи з того, яку вона відводить собі роль у всій діяльності аеропорту.

Адміністрація може вирішувати різні спільні завдання з мінімальним внеском у реалізацію більшості внутрішніх завдань аеропорту. Або навпаки, як

Виконав	Матченко В.В.								Арк.
Перевірив	Кузьменко А.І.								8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

це робиться у більшості вітчизняних та європейських аеропортах, адміністративна модель будується на тому, що адміністрація аеропорту сама вирішує більшість внутрішніх завдань діяльності аеропорту.

Залежно від форми взаємодії (інформування) персоналу, виробничих служб та компаній, що працюють із адміністрацією аеропорту, різняться структурні адміністративні моделі і тому дуже важливо мати єдиний інструмент який дозволив би оцінити ефективність керування в аеропорту та оптимізувати використання єдиного інформаційного поля забезпечення технологічних процесів (ЄІПЗТІ) [2].

Дана кваліфікаційна робота магістра є актуальною, адже ефективність технологічного процесу підготовки повітряних кораблів до вильоту залежить від оперативної роботи авіаційної наземної техніки. У сучасних умовах функціонування аеропортів підвищуються вимоги до якості планування виробничих ланцюгів обслуговування, зокрема і в наземному обслуговуванні повітряних кораблів для скорочення збійних ситуацій в аеропорту. Багатогранність видів технологічних робіт із забезпечення експлуатаційної діяльності аеропортів та багато типовість у застосуванні наземної техніки складає певну складність у плануванні роботи спецтранспорту наземної служби з обслуговування повітряних кораблів [3].

У зв'язку з цим необхідно всіляко сприяти застосуванню сучасних економіко-математичних, оптимізаційних методів оперативного планування функціонування систем наземного обслуговування повітряних кораблів, які в свою чергу дозволять забезпечити регулярність польотів, безпеку польотів, та підвищать техніко-економічну ефективність технологічних процесів наземного обслуговування в аеропорту [3].

Результати кваліфікаційної роботи магістра пройшли апробацію на XII Міжнародна науково-практичній конференції «Development of theories and methods of education of past years» [4], що відбулася з 18 вересня по 20 листопада 2024 р., у м. Антверпен (Бельгія). Відповідний сертифікат міститься у Додатку А.

Виконав	Матченко В.В.								Арк.
Перевірив	Кузьменко А.І.								9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

1 АНАЛІЗ СТАТИСТИЧНИХ ДАНИХ ТА НАУКОВИХ ПРАЦЬ З ОРГАНІЗАЦІЇ КОНТЕЙНЕРНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ЗА УЧАСТЮ АВІАЦІЙНОГО ТРАНСПОРТУ

1.1 Аналіз статистичних даних за темою кваліфікаційної роботи магістра

Авіаційне вантажоперевезення – це швидкий та зручний спосіб для транспортування невеликих партій вантажу, цінних товарів.

Обсяг авіаційних вантажоперевезень відносно інших видів транспортних засобів у попередньому році – незначний. З початком наступу збройних формувань росії, через закриття повітряного простору над Україною авіаційні перевезення зупинилися, здійснюються рейси лише військовою авіацією, що для цивільних рейсів є негативним. Внаслідок російської атаки в перші дні війни на летовищі Гостомеля, було знищено найбільший у світі вантажний літак Ан-225 «Мрія», який надавав послуги з транспортування надважких, нестандартних та габаритних вантажів, вагою до 250 тонн [5].

Аналіз послуг вантажних перевезень авіаційним транспортом показав, що обсяги перевезень вантажів зменшилися порівняно з 2021 роком на 21,7%. Найбільша питома вага непереваження вантажів стосується регулярних рейсів – 87,7%, що пояснюється закриттям повітряного простору України для цивільних рейсів [5].

Та попри песимістичні прогнози, авіаційна галузь вистояла і починає активно відновлюватися, демонструючи поступове збільшення світового вантажообігу авіаперевезень вже в першому кварталі [6].

Також, у другому півріччі очікується поживлення авіалогістики у Транстихоокеанському напрямі, адже Китай набагато швидше, ніж очікувалося, відходить від своєї політики нульового COVID і знову відкривається світу.

В Європі трохи важчим був початок 2023 року, адже супроводжувався постійною невизначеністю, зумовлений закриттям повітряного простору України через війну, обмеженням польотів у повітряному просторі Молдови,

Виконав	Матченко В.В.								Арк.
Перевірив	Кузьменко А.І.								10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

зменшенням кількості польотів у Польщі й Балтійських, Скандинавських країнах та відповідним збільшенням інтенсивності польотів у південно-східній частині Європи через обльоти закритих зон.

Але підстави для оптимізму та інтенсивного відновлення вантажних авіаперевезень є – світовий попит на авіаперевезення посилюється, тарифи стабілізуються і до кінця року, по попереднім прогнозам, можуть досягнути допандемічного рівня.

Звісно, в короткостроковій перспективі все ще існуватимуть серйозні проблеми в ланцюгу постачань, адже переналаштування схем та маршрутів вимагає надійного підґрунтя, розширених можливостей та гнучкості від провайдерів послуг авіаперевезень.

Що стосується України, то незважаючи на обставини форс-мажору, вантажна авіалогістика вийшла на новий рівень послуг, надаючи якісний сервіс через європейські аеропорти [6].

Структура авіаперевезень при цьому не зазнала кардинальних змін – експорт вантажів склав близько 20%, а імпорт 80%, як і в довоєнні часи. Щоправда, чимало логістичних компаній скоротили об'єми авіаперевезень та не мають достатніх можливостей для транспортування певних категорій авіавантажів. Лише глобальні логістичні оператори, які мають прямі контракти з авіалініями, доступ до розширеної мережі аеропортів, регулярне міжнародне сполучення в будь-яку точку світу, власні європейські хаби та представництва в країнах призначення, здатні забезпечити безперебійну доставку як імпортних, так і експортних авіавантажів [6].

Обсяг експортних авіаперевезень з України, в структурі вантажоперевезень іншими видами транспорту, у 2022 році склав близько 0,2%, натомість обсяг імпортних авіаперевезень – біля 9%, згідно даних Мінінфраструктури. Найбільш активно транспортуються товари військові та подвійного призначення, фармацевтичні препарати, техніка й електроніка, різноманітні товари E-commerce та термінові вантажі, незалежно від категорії [6].

Виконав	Матченко В.В.								Арк.
Перевірив	Кузьменко А.І.								11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

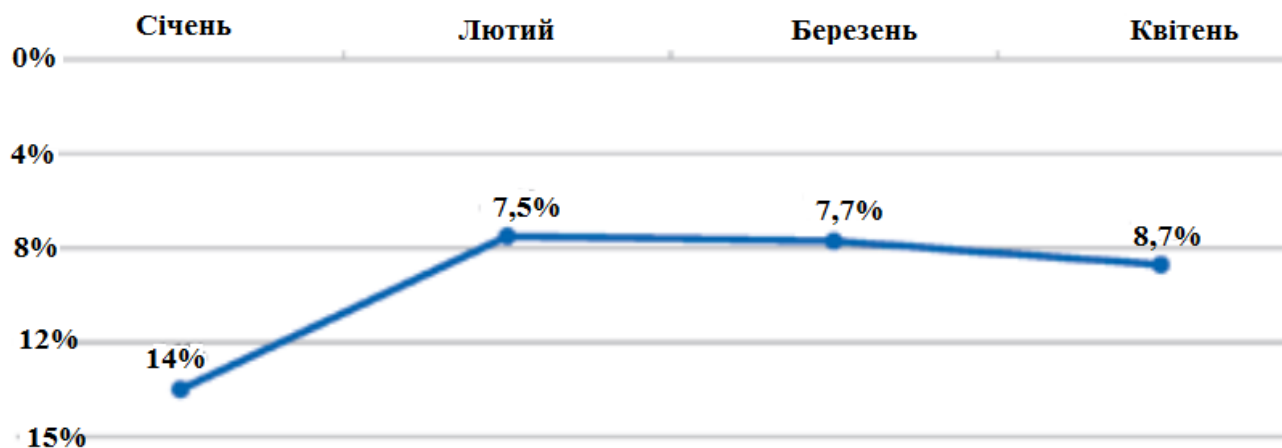


Рисунок 1.1 – Падіння вантажообігу з початку 2023 р. згідно даних IATA [6]

Великі компанії легко адаптуються до мінливих умов, розробляючи додаткові сервіси, впроваджуючи нові рішення в логістичні процеси та надаючи Red carpet сервіс. Зараз ситуація на міжнародному логістичному ринку сприяє перевезенням вантажів саме авіаційним шляхом, адже, мабуть, вперше за останні роки маємо комфортні для бізнесу тарифи та достатню кількість рейсів у більш затребувані напрямки. Особливим попитом серед наших клієнтів експортерів користується авіа доставка Україна-США на умовах поставки DDP.

А от мультимодальні перевезення через аеропорти Центральної та Східної Європи виявилися більш привабливими для імпортерів, з точки зору оптимальності тарифів, надійності та своєчасної доставки. Крім цього, значною нашою перевагою є власний регулярний сервіс збірних автоперевезень імпортних та експортних вантажів, консолідація та деконсолідація на власних хабах як в Україні, так і Європі [6].

Найпоширенішою схемою доставки вантажів за участю авіації є поєднання авіаперевезення з наземним підвозом і розвезенням автотранспортом. Тому й у транспортному ланцюжку Україна-Польща-Америка важливе місце займає автомобільна частина перевезень. В умовах війни кількість перевезень українських компаній до Польщі зростає за рахунок імпорту палива та гуманітарних вантажів. Розглянемо статистику українсько-польських автомобільних перевезень за 2023 рік (див. рисунок 1.2), отриману згідно даних Державної митної служби [7].

Виконав	Матченко В.В.			КРМ 275 22 ПЗ	Арк.
Перевірив	Кузьменко А.І.				12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	



Рисунок 1.2 – Кількість перетинів кордону у розрізі двосторонніх перевезень між Україною та Польщею [7]

Загальна кількість комерційних перевезень склала 279 тисяч. Таким чином, кількість саме комерційних перевезень становить 280 тисяч за минулий 2023 рік. Для порівняння, у 2021 році українські водії виконали 229 тисяч перевезень до Польщі, у 2022 – 307 тисяч [7]. Співвідношення українських та польських перевізників у розрізі двосторонніх перевезень показані на рисунку 1.3.

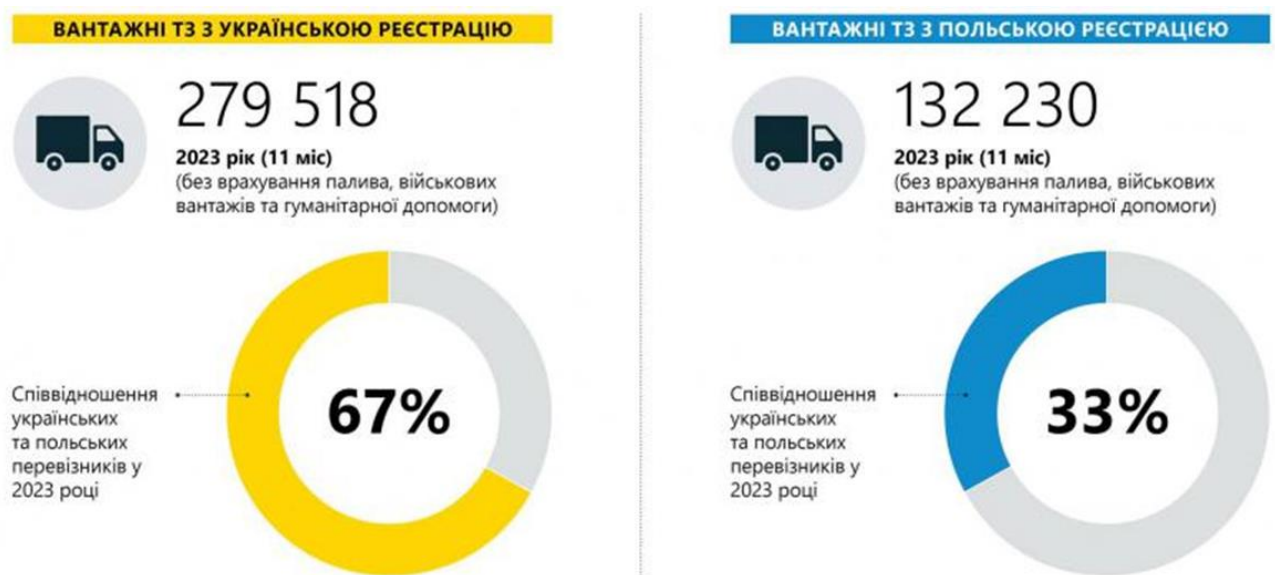


Рисунок 1.3 – Співвідношення українських та польських перевізників у розрізі двосторонніх перевезень [7]

Виконав	Матченко В.В.				КРМ 275 22 ПЗ	Арк.
Перевірив	Кузьменко А.І.					13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Як видно з рисунку 2, минулого року польські перевізники виконали трохи більше 132 тисяч перевезень до України. У співвідношенні комерційних двосторонніх перевезень між країнами вони займають 33% на ринку, а українські перевізники – 67%. До повномасштабного вторгнення частка ринку двосторонніх перевезень була на рівні 40% і 60% між польськими й українськими перевізниками відповідно. В статистиці враховано, що 68 тис. перетинів здійснили автомобілі з паливом (18% від загальної кількості), а 15 тис. перетинів – автомобілі з гуманітарними та військовими вантажами [7].

Далі розглянемо роботу аеропорту ім. Ф. Шопена у Варшаві. Минуле літо 2024 року було кращими за 90-річну історію порту [5]. Також цього літа було побито рекорд з перевезених вантажів за один місяць та у категорії тоннажу перевіреного вантажу. У липні столичний аеропорт уперше перевищив позначку 10 тисяч тонн. Торішнього серпня цей результат було додатково побито: було розмитнено 10 107 тонн, тобто на 13 відсотків більше. більше, ніж за місяць минулого року [8].

Взагалі, в транспортних перевезеннях аеропорту переважає імпорт – 32,2 тис. тонн вантажів було доведено до Варшави з-за кордону, а експорт сягнув 25,5 тис. тонн. Найбільш популярні напрямки вантажоперевезень з/до Варшави за обсягом: Лейпциг (8,2 тис. тонн), Кельн (8,0 тис. тонн), Дубай (6,1 тис. тонн), Нью-Йорк (5,8) тис. тонн), Чикаго (5,1 тис. тонн). Найбільші вантажоперевізники в аеропорту ім. Шопена: PLL LOT (21,0 тис. тонн), UPS Airlines (9,5 тис. тонн), European Air Transport (8,2 тис. тонн), Emirates (6,1 тис. тонн), TNT Airways (3,0 тис. тонн) [9].

Таким чином, аеропорт ім. Шопена вже багато років є польським лідером з вантажних перевезень. Прогнози на майбутнє також вказують на те, що попит на товари, які перевозяться повітряним транспортом до центральної частини Європи та зворотно, збільшиться. Варшавський аеропорт обробляє понад 70 відсотків вантажних перевезень у Польщі. Найбільш часто перевезеними товарами є: деталі та витратні матеріали для важкої промисловості, медикаменти, книги та газети [9]. Через аеропорт з Америки в Україну з

Виконав	Матченко В.В.								Арк.
Перевірив	Кузьменко А.І.								14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

КРМ 275 22 ПЗ

перевалкою на сухопутні види транспорту зараз здебільшого поставляють товари воєнного призначення, гуманітарну допомогу та поштові відправлення.

Також необхідно розуміти, що мізерна частка контейнерних перевезень (лише 3-4% в загальному обсязі перевезень) зумовлена тим, що Україна має сировинну структуру економіки, відповідно ми маємо сировинну транспортну систему. Акцент в роботі транспортної системи України робився на залізничні перевезення сировини (руди, зерна, вугілля) в напрямку морських портів України великотоннажними потягами (54-65 вагонів потяг). До війни щорічно залізницею транспортувалося 314 -320 млн тонн вантажів на рік, приблизно 100-120 млн т в напрямку морських портів.

Попри це в стратегії АТ «Укрзалізниці» ще до початку війни, було заплановане суттєве збільшення перевезення вантажів у контейнерах з рівня 400 тис. ДФЕ на рік до 1616 тис. ДФЕ на рік (базовий прогноз) до 2030 року.

Регулярний перегляд статистичної інформації ДСС здійснюється щорічно по показниках щодо перевезення вантажів та пасажирів у цілому по країні [10]. Для розрахунку M_{bar} використовуємо такі значення:

Таблиця 1.1 – Стандартний звіт з якості державного статистичного спостереження «Діяльність підприємств авіаційного транспорту» [10]

Показник	2018	2019	2020	2021
Обсяг перевезених вантажів, тис. тонн	99,08	92,58	88,3	81,85
Абсолютна різниця між переглянутими значеннями, тис. тонн	×	-6,5	-4,28	-6,45
до попереднього року, %	120	93	95	93
Абсолютна різниця між переглянутими значеннями, %	×	-27	2	-2
Кількість перевезених пасажирів, тис. осіб	12,53	13,7	4,80	9,35
Абсолютна різниця між переглянутими значеннями, тис. осіб	×	1,17	-8,9	4,55
до попереднього року, %	119	109	35	195
Абсолютна різниця між переглянутими значеннями, %	×	-10	-74	160

Виконав	Матченко В.В.			<i>KPM 275 22 ПЗ</i>	Арк.
Перевірив	Кузьменко А.І.				15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

1.2 Аналіз наукових праць, присвячених удосконаленню вантажних перевезень за участю авіаційного транспорту

Проблемою діяльності аеропортів і використання принципів удосконалення обслуговування в різних галузях економіки займалися такі українські науковці, як В. М. Загорулько, В. В. Запорожець, А. Т. Тофанчук, О. Й. Косарев, В. І. Крітова, Ю. Ф. Кулаєв, В. І. Личик, М. В. Харченко, В. І. Щелкунов, Г. М. Юн та інші [1].

Метою статті [1] є розроблення моделі технологічних процесів обслуговування повітряних суден, пасажирів і багажу в аеропорту. Отже, побудова модельного технологічного графіка й виділення сукупностей повітряних суден (ПС) (з урахуванням категорії перевезення) дає змогу перейти до формування статистичних моделей окремих операцій для кожної сукупності.

Зазначені моделі повинні відображати зв'язки між тривалістю операцій, кількістю персоналу й технічними засобами, їх технічними характеристиками й іншими параметрами. У результаті оброблення статистичних даних ІС Аеропорту N були отримані параметри емпіричних і згладжуючих теоретичних розподілів тривалості 14 найважливіших операцій та інтервалів часу: обсяг вибірки – кількість рейсів відповідних категорій, інформація про які використовувалася в ході статистичного аналізу; вибіркоче середнє; вибірковий коефіцієнт варіації; рівень значимості критерію згоди; Пірсона; тривалість виконання операції (або інтервалу часу); випадкова величина; емпірична кількість спостережень, потрапили в певний інтервал; теоретичне оцінювання кількості спостережень [1].

Розподіл емпіричних значень і графік згладжуючого нормального розподілу для продуктивності заправки ПС II категорії, запропоновані в роботі [1], подані на рис. 1.4.

Метою статті [11] є визначення раціональних технологічних схем повітряного перевезення вантажів на відправлення та на прибуття, а також перевезення вантажів в авіаційних засобах пакетування.

Виконав	Матченко В.В.				КРМ 275 22 ПЗ	Арк.
Перевірив	Кузьменко А.І.					16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

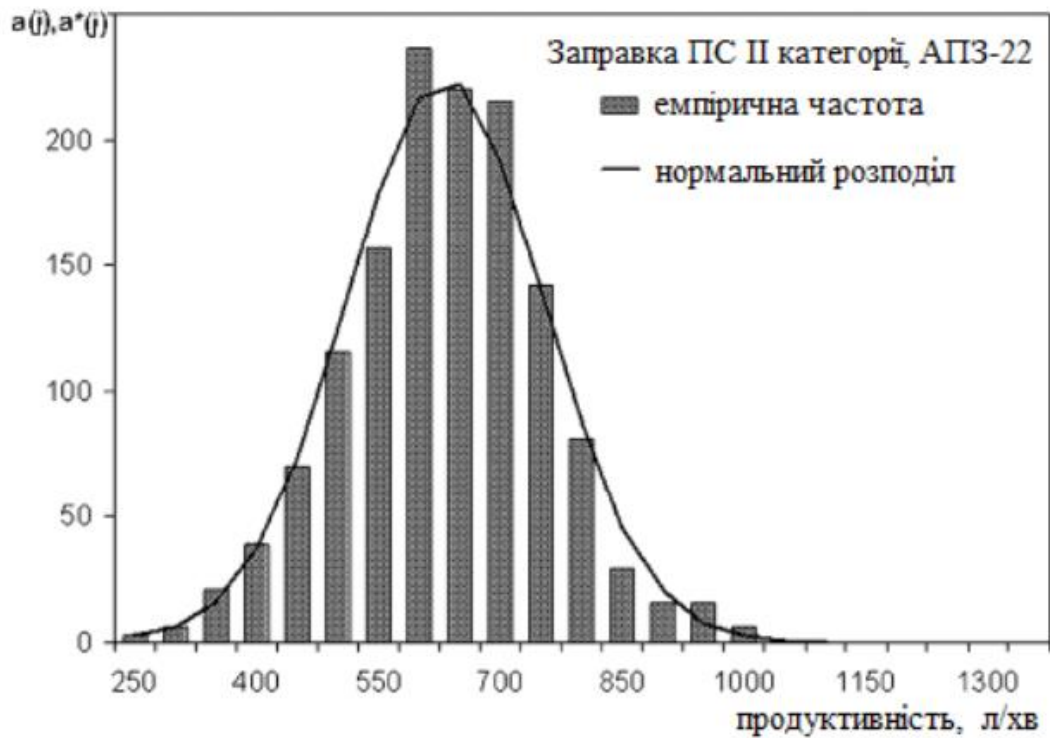


Рисунок 1.4 – Статистичний розподіл характеристик операції заправки повітряних суден II категорії паливом [1]

В статті [11] спираючись на встановлені у попередніх дослідженнях особливості навантажувально-розвантажувальних робіт визначено особливості їх виконання у процесі перевезення вантажу повітряним транспортом та за його участю. Було представлено технологічну схему авіаперевезення вантажів на відправлення та іншу відповідну схему на призначення. Охарактеризовано технологію обробки вантажів в трансферному аеропорту та відзначено найбільш прогресивну схему «повітряне судно – повітряне судно». Детально описані особливості організації перевезення вантажу в авіаційних засобах пакування. Також були визначені особливості перевезення окремими та об'єднаних (консолідованих) партій вантажів на авіаційному виді транспорту.

В науковій робот [2] запропоновано модель узгодження інтересів при вирішенні завдань з функціонування аеропорту з використанням Єдиного інформаційного поля забезпечення технологічних процесів (ЄІПЗТП). Її пропонується можна представити таким чином:

Виконав	Матченко В.В.			КРМ 275 22 ПЗ	Арк.
Перевірив	Кузьменко А.І.				17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

$$J_v = \sum_{t=1}^T [g_v^t(p^t, q^t, u^t) - M_v \rho(u^t, U_v^t)] \rightarrow \max, \quad (1.1)$$

$$p^t \in P^t, q^t \in Q^t;$$

$$J_u = \sum_{t=1}^T [g_u^t(p^t, u^t) - M_u \rho(u^t, U_u^t)] \rightarrow \max, \quad (1.2)$$

$$u^t \in U^t(q^t),$$

де J_v — цільова функція для осіб, що приймають рішення (ОПР);
 g_v^t — показник оптимальності для ОПР на кроці t ;
 p^t — вектор дій з економічного стимулювання;
 q^t — вектор дій, який має природу заборон і нормативів;
 u^t — вектор дій з управління нижнього рівня;
 U_v^t — припустимі дії з управління підлеглого;
 $M_v \rho(\cdot)$ — штрафна функція;
 J_u — цільова функція для підлеглого;
 U_u^t — дії досягнення мети підлеглого на кроці t ;
 ρ — умовна функція (дорівнює нулю на кроці t якщо стан робіт належить множині X або позитивна в протилежному випадку);
 M_v — штрафна константа для ОПР;
 M_u — штрафна константа для підлеглого;
 P^t, Q^t — припустимі дії для ОПР та підлеглого;
 T — період часу впливу.

У запропонованій моделі, на відміну від загально прийнятих у торії прийняття рішень моделей, динаміка ієрархічної системи управління явно не описується. При цьому умова узгодження інтересів формулюється в термінах дій з управління процесом функціонування аеропорту [2].

Оскільки у даній кваліфікаційній роботі магістра передбачається, що вантажні перевезення авіаційним транспортом здійснюються в контейнерах, то доцільним буде розглянути саме цей вид вантажних перевезень.

Виконав	Матченко В.В.								Арк.
Перевірив	Кузьменко А.І.								18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Контейнерним перевезенням загалом приділяється значна увага в науковій літературі через їх універсальність. Найбільше – у залізничному транспорті, оскільки для України даний вид транспорту розвинений краще за водний. Але поряд з цим контейнерні перевезення морським транспортом також висвітлювали у наукових працях такі автори: Г. Матвієнко-Біляєва [12], А. Огороков [13], П. Підлісний, Н. Паткевич, Ю. Цветов [14], А. Церковна, В. Харламова [15] та ін. Проте актуальним світовим показникам, оцінці динаміки і тенденцій міжнародних морських контейнерних перевезень саме у вітчизняній літературі приділена недостатня увага.

У статті [12] розглянуто теоретичні положення та практичні рекомендації щодо управління діяльністю сучасного підприємства з використанням сучасних систем логістики. У сучасних ринкових умовах, де щодня стають жорсткішими умови конкурентної боротьби, неможлива діяльність підприємства без створення чіткої системи взаємодії з зовнішнім середовищем та оптимізації існуючої логістичної системи підприємства для задоволення потреб споживачів та максимізації прибутку підприємства.

Для українських організацій управління підприємством як системою, в складних умовах сучасного бізнесу, має особливо важливе значення, оскільки зміна ситуації в країні, поступове освоєння нового економічного порядку змушує все більшу кількість підприємців і логістів усвідомлювати необхідність досягнення не тільки сьогочасних (одержання негайного прибутку), але і довгострокових цілей. В залежності від того, на якому етапі розвитку підприємство знаходиться на даний момент, для нього можуть бути запропоновані заходи по оптимізації як системи в цілому, так і окремих її ланок [12].

Мета роботи [13] – аналіз стану системи контейнерних перевезень, визначення перспектив її подальшого розвитку, встановлення проблемних ділянок та пропозиція шляхів щодо їх усунення. Обсяг контейнерних перевезень по всьому світу протягом останніх десятирічь демонструє стійку тенденцію до зростання, на яку незначним чином вплинули навіть такі події як

Виконав	Матченко В.В.			КРМ 275 22 ПЗ	Арк.
Перевірив	Кузьменко А.І.				19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

світова фінансова криза 2008 р. В останні 5 років це зростання відбувається здебільшого за рахунок активного розвитку економіки Китаю та інших країн Південно-Східної Азії, а також через виробничий аутсорсінг до цього ж регіону.

У зв'язку з цим багато країн приділяють підвищену увагу побудові надійних транспортних мостів між Сходом та Заходом, зокрема й розвитку контейнерної транспортної системи. Україна займає одну з передових позицій з обробки контейнерного вантажопотоку у Чорноморському регіоні, однак через ряд причин в останні роки обсяги його зменшуються. Для виправлення цієї ситуації необхідно удосконалення всього спектру операцій з організації руху контейнерного потоку, що в свою чергу вимагає проведення досліджень з виявлення проблемних питань та розробки шляхів їх вирішення. При цьому підвищену увагу слід приділяти розвитку залізничних контейнерних перевезень, які, як свідчить передовий європейський досвід, мають багато переваг перед автомобільними та здатні значно підвищити конкурентоспроможність України на ринку контейнерних перевезень [13].

В статті [14] розглядається стан контейнеризації міжнародних змішаних вантажних перевезень, вплив їх на розвиток глобальної економіки і світової торгівлі. Проаналізована динаміка обсягів міжнародних контейнерних перевезень в Україні. Доведено, що на стадії економічного зростання рівень світової контейнеризації випереджально зростає у порівнянні з темпами розвитку глобальної економіки і світової торгівлі; у періоді рецесії глибина падіння контейнерної торгівлі значно перевищує падіння світового ВВП, а у періоді економічного поживлення темп зростання світової контейнерної торгівлі відповідає динаміці як глобальної економіки, так і світової торгівлі.

Досліджені тенденції зростання долі контейнеризації до загального обсягу і обсягу перевезень генеральних вантажів у світовій торгівлі. Аналізуючи світовий стан та рівень української контейнерної торгівлі розроблені першочергові напрями розвитку контейнеризації в Україні [14].

Виконав	Матченко В.В.								Арк.
Перевірив	Кузьменко А.І.								20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

У статті [15] досліджуються особливості контейнерних перевезень в Україні на сучасному етапі їх розвитку, проаналізовано актуальні проблеми розвитку контейнерних перевезень, їх переваги та недоліки. У статті розглянуто вплив держави на розвиток контейнерних перевезень і порівняльна динаміка за попередні роки в Україні. Здійснюється пошук шляхів ефективності державної політики в галузі контейнерних перевезень.

Основні переваги контейнерних перевезень [15]:

- 1) низька, в порівнянні з альтернативними, вартість перевезення;
- 2) можливість перевезення великих обсягів вантажів;
- 3) можливість перевезення збірних вантажів;
- 4) можливість доставляти вантажі у широкий круг портів у Світі;
- 5) мобільність самих вантажів.

Однак, ми також маємо й недоліки [15]:

- 1) швидкість перевезення істотно обмежена, а до того ж безпосередньо пов'язана з графіком виходу суден з порту;
- 2) обмежена кількість типів контейнерів під перевезення вантажів;
- 3) жорстка прив'язка до погодних умов, а також до пропускнуєї спроможності портів [15].

Було виявлено, що в Україні контейнерні перевезення – це досить популярний вид перевезень тому, що є кілька портів, які адаптовані для прийому суден-контейнеровозів. Для збільшення ефективності контейнерних перевезень в Україні, а також ефективності експортної торгівлі, необхідно ще більше розвивати інфраструктуру у містах-портах, залучати закордонних партнерів до процесу інвестування. З кожним роком, не дивлячись на складне політичне і економічне становище в країні, технологічні процеси удосконалюються [15].

Виконав	Матченко В.В.			КРМ 275 22 ПЗ	Арк.
Перевірив	Кузьменко А.І.				21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

2 ПОБУДОВА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПРОЦЕСУ ОБСЛУГОВУВАННЯ КОНТЕЙНЕРІВ НА ВАНТАЖНОМУ ТЕРМІНАЛІ АЕРОПОРТУ

2.1 Постановка завдання. Методика визначення розрахункових параметрів

У даній роботі у відповідь на сучасні виклики мова йде про актуальні питання організації змішаних автомобільно-авіаційних перевезень між Україною та Америкою через польський аеропорт ім. Шопена у Варшаві. Подібні перевезення організує Consolline – міжнародна логістична компанія, яка лише за 4 роки створила цілу мережу власних сервісів, серед яких: міжнародні морські, авіа, автоперевезення та інші [16].

Аналіз роботи компанії Consolline свідчить про те, що на сьогодні вона є лідером серед операторів LCL-сервісу на логістичному ринку України та Європи. А також єдина серед українських компаній пропонує власний сервіс з хендлінгу в аеропорту ім. Ф. Шопена у Варшаві [1].

Хендлінг в аеропорту передбачає ретельне опрацювання всіх вантажів, яке починається одразу після прибуття товару. Крім того, здійснюється процес наземного обслуговування конкретних авіарейсів з урахуванням раніше підписаних договорів на співпрацю. В умовах активного розвитку сфери логістики, під час транспортування різних вантажів ретельний контроль за завантаженням/вивантаженням товарів дає змогу забезпечити високий рівень безпеки під час вантажоперевезень [17].

Хендлінгові послуги – це список послуг, спрямованих на повноцінне наземне обслуговування авіарейсів. У результаті хендлінгові компанії виконують функції єдиного оператора для всіх, хто працює в аеропорту конкретної країни і міста. Таким чином, немає необхідності додатково просити допомоги у співробітників аеропорту з метою організувати вантажно-розвантажувальні роботи, належне зберігання товарів. Якісна обробка вантажів

Виконав	Матченко В.В.			КРМ 275 22 ПЗ	Арк.
Перевірив	Кузьменко А.І.				22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

– можливість підготувати вантаж до подальшого запланованого відправлення для передачі товару кінцевому одержувачу [17].

Основні види хендлінгу [17]:

1. Вантажно-розвантажувальні роботи – необхідно підготувати вантаж до подальшого відправлення по місту або в іншу країну. Розвантаження товарів здійснюється одразу після прибуття літака в один з аеропортів.

2. Складська обробка вантажів, відправлення товарів на склади для тимчасового зберігання до моменту навантаження в задалегідь підібраний транспортний засіб. Забезпечуючи збереження вантажу, необхідно його підготувати до відправлення в Україну або в інші країни.

3. Обслуговування літаків, які перебувають у цьому аеропорту, із застосуванням сучасного обладнання і техніки. У результаті авіакомпанії довіряють процес комплексного обслуговування команді професіоналів.

Обсяг вантажу, його основні характеристики та особливості, які відіграють важливу роль під час складування, проведення вантажно-розвантажувальних робіт. Фахівці компанії Consolline мають власний хендлінг відділ у Варшаві, завдяки якому можна гарантувати повний контроль над процесом обробки вантажу: починаючи від прибуття літака в аеропорт, закінчуючи навантаженням товарів в інший транспорт для доставки кінцевому одержувачу. Завдяки застосуванню індивідуального підходу, вдасться розв'язувати нетипові питання, відшукати вихід із нестандартних ситуацій [17].

Підсумовуючи результати діяльності компанії Consolline можна зазначити, що у процесі зберігання товару на складах будуть враховані всі умови, які вказав відправник, відштовхуючись від специфіки вантажу. Дана компанія має 8 представництв в Україні та Європі [16].

Статистика роботи за 2023 рік (експорт/імпорт) наступна: перевезено понад 790 000 кг вантажів; опрацьовано більше 1 489 одиниць вантажів.

Компанія Consolline виконує обробку вантажів в спрощеній системі оформлення митних вантажів, що пришвидшує процес. Для приймання вантажу потрібна правильно оформлена вантажна накладна, згідно з Варшавською

Виконав	Матченко В.В.								Арк.
Перевірив	Кузьменко А.І.								23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

конвенцією про міжнародні повітряні перевезення. Також у рамках програми моніторингу та підтримки постійно відстежуються перевезення вантажів на всіх етапах та надається клієнту необхідну підтримку та звіти про хід виконання доставки [18].

Перевагами авіаперевезень з Consolline є наступне [16]:

1 Зберігання вантажів на складах у Європі до 90 днів.

2 Індивідуальні логістичні рішення (персональний супровід міжнародного авіаперевезення). Завдяки автоматизації процесів, клієнт може скористатися електронною системою online tracking для контролю кожного етапу перевезення в режимі реального часу.

3 Перевезення спеціальних категорій вантажів, а саме: AVI, HUM, VAL, DIP, PER, MUW, DGR та ін. Усі правила та умови перевезення специфічних категорій вантажів прописані в документах Міжнародної асоціації повітряного транспорту (IATA).

На рисунку 2.1 представлена принципова схема організації змішаних автомобільно-авіаційних перевезень між Україною та Америкою через польський аеропорт ім. Ф. Шопена (м. Варшава).

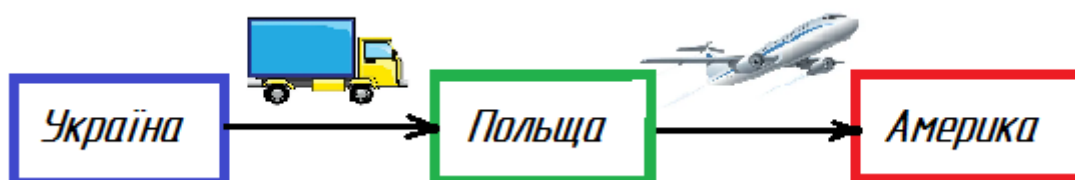


Рисунок 2.1 – Принципова схема організації змішаних автомобільно-авіаційних перевезень між Україною та Америкою через польський аеропорт

Розрахунок часу доставки вантажу під час організації змішаного автомобільно-авіаційного перевезення, показаного на рисунку 3, за досліджуваною транспортно-логістичною схемою можна знайти наступним чином [19].

Виконав	Матченко В.В.								Арк.
Перевірив	Кузьменко А.І.								24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

$$t_{\text{д.с.}} = t_o + t_a + t_{\text{cy}} + t_{\text{ав}} + t_{\text{кн}} + t_e + t_n \quad (2.1)$$

де $t_{\text{д.с.}}$ – тривалість доставки, год. (доба);

t_a – автомобільне перевезення з України до аеропорту Польщі, год.;

t_{cy} – операції стоянок в аеропорту Польщі, год.;

$t_{\text{ав}}$ – авіаційне перевезення від аеропорту Польщі, год.

$$t_a = \frac{l_a}{V_m}, \quad (2.2)$$

де l_a – протяжність автомобільного маршруту з України до Польщі, км;

V_m – маршрутна швидкість автомобіля, км/год.

$$t_{\text{cy}} = t_y + t_{\text{км}} + t_{\text{там.о}}, \quad (2.3)$$

де t_y – вантажні операції в аеропорту Польщі, год.;

$t_{\text{км}}$ – комерційні операції в аеропорту Польщі, год.;

$t_{\text{там.о}}$ – митні операції в аеропорту Польщі, год.

$$t_{\text{ав}} = \frac{l_{\text{ав}}}{V_p}, \quad (2.4)$$

де $l_{\text{ав}}$ – протяжність авіаційного маршруту з Польщі до Америки, км;

V_p – рейсова швидкість повітряного судна, км/год.

$$t_{\text{кн}} = t_k + t_{\text{кн}} + t_{\text{там.н.}}, \quad (2.5)$$

Виконав	Матченко В.В.			КРМ 275 22 ПЗ	Арк.
Перевірив	Кузьменко А.І.				25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

де t_k – вантажні операції в аеропорту прильоту, год.;

$t_{ки}$ – тривалість кінцевих операцій в аеропорту прильоту, год.;

$t_{там.н.}$ – митні операції, год.

Таким чином, в даній кваліфікаційній роботі магістра необхідно проаналізувати основні елементи транспортно-логістичного ланцюжка доставки вантажів з Америки до України та зворотно через польський аеропорт ім. Ф. Шопена, якій може бути організований компанією Consolline, та розглянути роботу вантажного терміналу аеропорту (об'єкт взаємодії автомобільного та авіаційного транспорту) як систему масового обслуговування з метою пошуку певних резервів часу для пришвидшення міжнародних перевезень вантажів у даному напрямку.

2.2 Огляд повітряних суден та авіаційних контейнерів. Складання фізичної моделі

Для перевезень вантажів використовуються три типи повітряних суден - пасажирські літаки, спеціалізовані вантажні повітряні судна та вантажні літаки, створені на базі пасажирських [20].

Пасажирськими літаками вантажі перевозяться в багажно-вантажних відсіках (рис. 2.2).

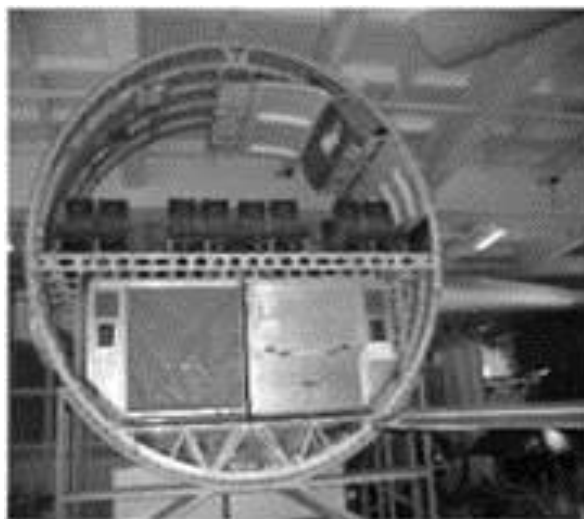


Рисунок 2.2 – Розміщення авіаконтейнерів в багажно-вантажному відсіку пасажирського літака [20]

Виконав	Матченко В.В.								Арк.
Перевірив	Кузьменко А.І.								26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Пасажи́рські літаки можуть перевозити близько 20 т вантажу, а сумарний обсяг вантажних приміщень не перевищує звичайно 100 м³. Обсяг відсіків і розміри вантажних люків можуть істотно обмежувати розміри прийнятих до перевезення вантажних місць [20].

Вантажні літаки спеціально створюються для транспортування вантажів, найчастіше - для потреб військово-транспортної авіації. В даний час вони широко використовуються і в комерційній вантажній авіації. Збільшене перетин фюзеляжу забезпечує високу вантажомісткість; конструкція шасі дозволяє використовувати широкий спектр аеродромів, у тому числі і з низьким рівнем підготовки; вантажні люки в носі і в хвості забезпечують максимальну величину вантажного отвору і зручність вантажних операцій; високо розташоване крило дає можливість зменшити вантажну висоту і використовувати вантажні рампи для вантаження і вивантаження накатом (звідси назва цього типу повітряних суден - рампової літаки). Маючи найкращі технічні характеристики при вантажних перевезеннях, такі літаки найбільш дороги в будівлі й в експлуатації. Одним з кращих повітряних суден подібного типу в світі вважається Ан-124 ("Руслан"), що має вантажопідйомність до 120 т і об'єм вантажного відсіку 1050 м³ [20], що дозволяє перевозити унікальні великогабаритні вантажі (рис. 2.3).



Рисунок 2.3 – Навантаження в літак АН-124 штучного супутника Землі для доставки на космодром [20]

Виконав	Матченко В.В.			КРМ 275 22 ПЗ	Арк.
Перевірив	Кузьменко А.І.				27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

Вантажні літаки, створені на базі пасажирських, або відразу будуються у вантажному варіанті, або переобладнуються компаніями-виробниками з пасажирських. Такі літаки мають вантажопідйомність до 100 т і об'єм вантажного приміщення до 600 м³ [20]. Вони найбільш економічні, оскільки по всіх основних елементах конструкції, по запасним частинам і технології обслуговування вони відповідають випускається у великих кількостях пасажирським літкам (рис. 2.4).



Рисунок 2.4 – Вантажний літак Boeing-747-8 Freighter2 [20]

Повітряний транспорт перевозить не більше 2% обсягу вантажів світової торгівлі, при цьому на його частку припадає майже 40% всієї вантажної маси за вартістю товарів [20]. Основною перевагою повітряного перевезення є швидкість, тому вантажна авіація доставляє, в першу чергу, найбільш коштовні вантажі і товари, що вимагають термінової доставки. До них відносяться швидкопсувні продукти, цінні вантажі і дорогі товари, включаючи модний одяг, електроніку, фармацевтичні вироби, промислове обладнання, а також найбільш дорогі комплектуючі вироби - наприклад, для автомобільної промисловості. У деяких сегментах ринку авіадоставка є основним способом транспортування продукції. Так, більше 80% всього обсягу зрізаних квітів,

Виконав	Матченко В.В.			КРМ 275 22 ПЗ	Арк.
Перевірив	Кузьменко А.І.				28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

близько 70% напівпровідникових мікросхем і більше 60% дорогої електронної продукції транспортується по повітряю [20].

Найпоширенішою схемою доставки вантажів за участю авіації є поєднання авіап перевезення (іноді з перевалкою в проміжних аеропортах) з наземним підвозом і розвезенням автотранспортом. Іноді на наземному плечі використовується залізниця. У глобальних ланцюгах поставок зустрічаються схеми поєднання повітряного перевезення з морською на послідовних ділянках маршруту за принципом "на морській ділянці економляться гроші, на повітряному - час" [20].

Поряд з регулярними лінійними авіап перевезеннями, в останні роки досить швидкими темпами зростає сегмент перевезень нестандартних і унікальних великогабаритних та великовагових вантажів чартерними рейсами на рампових літаках. Все частіше унікальне важке обладнання спочатку проектується з урахуванням можливості його пунктуальною доставки рамповим літаком до місця установки без членування, що значно скорочує витрати і терміни виконання відповідного проекту [20].

Сучасні авіаційні контейнери, відомі як Unit Load Devices (ULD), стандартизовані за розмірами та формами для ефективного використання простору в різних моделях літаків. Основні типи авіаційних контейнерів та їх характеристики наведені нижче, а зовнішній вигляд представлений на рисунках 2.5 – 2.9.



Рисунок 2.5 – Контейнер АКЕ (LD3) [21]

Виконав	Матченко В.В.								Арк.
Перевірив	Кузьменко А.І.								29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Розміри контейнеру АКЕ: 79 дюймів (довжина) × 60.4 дюйма (ширина) × 64 дюйма (висота) (2 м × 1.53 м × 1.62 м). Максимальна вага брутто: 3,500 кг. Об'єм: 155 кубічних футів (4.39 м³). Сумісний з літаками В767, 747, 777, А300, А310, MD-11 [21].



Рисунок 2.6 – Контейнер ALF ULD (LD6) [22]

Розміри контейнеру ALF ULD: 160 дюймів (довжина) × 60.4 дюйма (ширина) × 64 дюйма (висота) (4.1 м × 1.53 м × 1.62 м). Максимальна вага брутто: 7,000 кг. Об'єм: 314 кубічних футів (8.9 м³). Сумісний з літаками В767, 747, 777, А300, А310, MD-11.



Рисунок 2.7 – Контейнер DQF (LD8) [23]

Виконав	Матченко В.В.			КРМ 275 22 ПЗ	Арк.
Перевірив	Кузьменко А.І.				30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

Розміри контейнеру DQF: 125 дюймів (довжина) × 60.4 дюйма (ширина) × 64 дюйми (висота) (3.17 м × 1.53 м × 1.62 м). Максимальна вага брутто: 5,401 кг. Об'єм: приблизно 245 кубічних футів (6.93 м³). Сумісний з літаками Boeing 767.



Рисунок 2.8 – Піддон PMS/P6P (10-футовий плоский піддон із сіткою) [24]

Розміри піддону PMS/P6P: 125 дюймів (довжина) × 96 дюймів (ширина) × 64 дюйми (висота) (3.17 м × 2.43 м × 1.62 м). Максимальна вага брутто: 15,000 кг. Об'єм: 747 кубічних футів (21.2 м³). Сумісний з літаками B747, 767, 777, 787, DC-10, MD-11.



Рисунок 2.9 – Контейнер DPE (LD2) [25]

Виконав	Матченко В.В.			<i>КРМ 275 22 ПЗ</i>	Арк.
Перевірив	Кузьменко А.І.				31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Розміри контейнеру DPE: 61.5 дюймів (довжина) × 60.4 дюйма (ширина) × 64 дюйма (висота) (1.56 м × 1.53 м × 1.62 м). Максимальна вага брутто: приблизно 1,225 кг. Об'єм: близько 120 кубічних футів (3.4 м³). Сумісний з літаками B767, 787.

Ці контейнери забезпечують безпеку вантажу, ефективне використання простору та швидке завантаження/розвантаження, що є критично важливим для авіаційної логістики.

В додатку Б показано один з елементів процесу розвантаження контейнерів типу LD3 з літака Boeing 747. У додатку В наведено типове внутрішнє розташування вантажного літака моделі 767-300 FREIGHTER, (головна палуба). Нижні вантажні відсіки вантажного повітряного судна моделей 767-300, -300ER, -300, що перевозить контейнери LD-2 і наливні вантажі, зображено у додатку Г, а нижні вантажні відсіки для ПС моделі 767-400ER (яке перевозить контейнери та масові вантажі) – додатку Д.

Аеропорт імені Фредеріка Шопена у Варшаві є ключовим транспортним вузлом Польщі, забезпечуючи широкий спектр послуг з обробки вантажів. Процес обслуговування вантажів, відомий як хендлінг, включає повний цикл наземного обслуговування авіарейсів, починаючи від навантаження та розвантаження, до складської обробки та підготовки вантажів до подальшого транспортування.

Основні етапи обслуговування вантажів в аеропорту Шопена [16-18]:

1. Навантаження та розвантаження: Після прибуття літака вантажі розвантажуються та готуються до подальшої обробки. Перед відправленням здійснюється навантаження вантажів на борт повітряного судна.

2. Складська обробка: Вантажі тимчасово зберігаються на складах аеропорту до моменту передачі одержувачу або відправлення в інші країни. Це забезпечує збереження та належну підготовку товарів до подальшого транспортування.

3. Обслуговування літаків: Хендлінгові компанії організують повний комплекс послуг для авіакомпаній, виконуючи функції єдиного

Виконав	Матченко В.В.			КРМ 275 22 ПЗ	Арк.
Перевірив	Кузьменко А.І.				32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

оператора всіх підприємств, що працюють в аеропорту. Це включає технічне обслуговування літаків, заправку паливом та інші необхідні процедури.

Варто зазначити, що аеропорт Шопена постійно модернізує свою інфраструктуру для підвищення ефективності обслуговування вантажів. Зокрема, були реконструйовані та розширені паркувальні площі для літаків, побудовані нові перони та руліжні доріжки, що сприяє оптимізації процесів обробки вантажів.

Завдяки сучасним технологіям та висококваліфікованому персоналу, аеропорт Шопена забезпечує високий рівень безпеки та ефективності в обслуговуванні вантажів, що робить його одним із провідних логістичних центрів у регіоні.

Навантажувально-розвантажувальні роботи (НРР) є невід'ємною частиною процесу доставки вантажів різними видами транспорту, зокрема й повітряним. Вони забезпечують необхідне обслуговування вантажопотоку в різних технологічних процесах: формуванні вантажних одиниць, завантаженні, розвантаженні або перевантаженні транспортного засобу, складських операціях, операціях у аеропортах, портах, залізничних станціях та ін. Ці роботи мають достатню трудомісткість, напряду впливають на безпеку перевезень та цілість вантажу, тривалість простою транспортного засобу під вантажними операціями, пропускну здатність транспортних терміналів [11].

Особливості виконання НРР у процесі перевезення вантажу повітряним транспортом та за його участю наступні. Технологічний процес перевезення вантажів за участю авіаційного транспорту включає різні технологічні схеми: на відправлення, на прибуття та трансфер, обробку вантажів навалом та у засобах пакетування, а також окремими та консолідованими партіями. Також для різних категорії спеціальних вантажів існують певні особливості у технології їх обробки та зберігання в аеропорту [11].

На рис. 2.10 представлено технологічну схему авіаперевезення вантажів на відправлення.

Виконав	Матченко В.В.				КРМ 275 22 ПЗ	Арк.
Перевірив	Кузьменко А.І.					33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

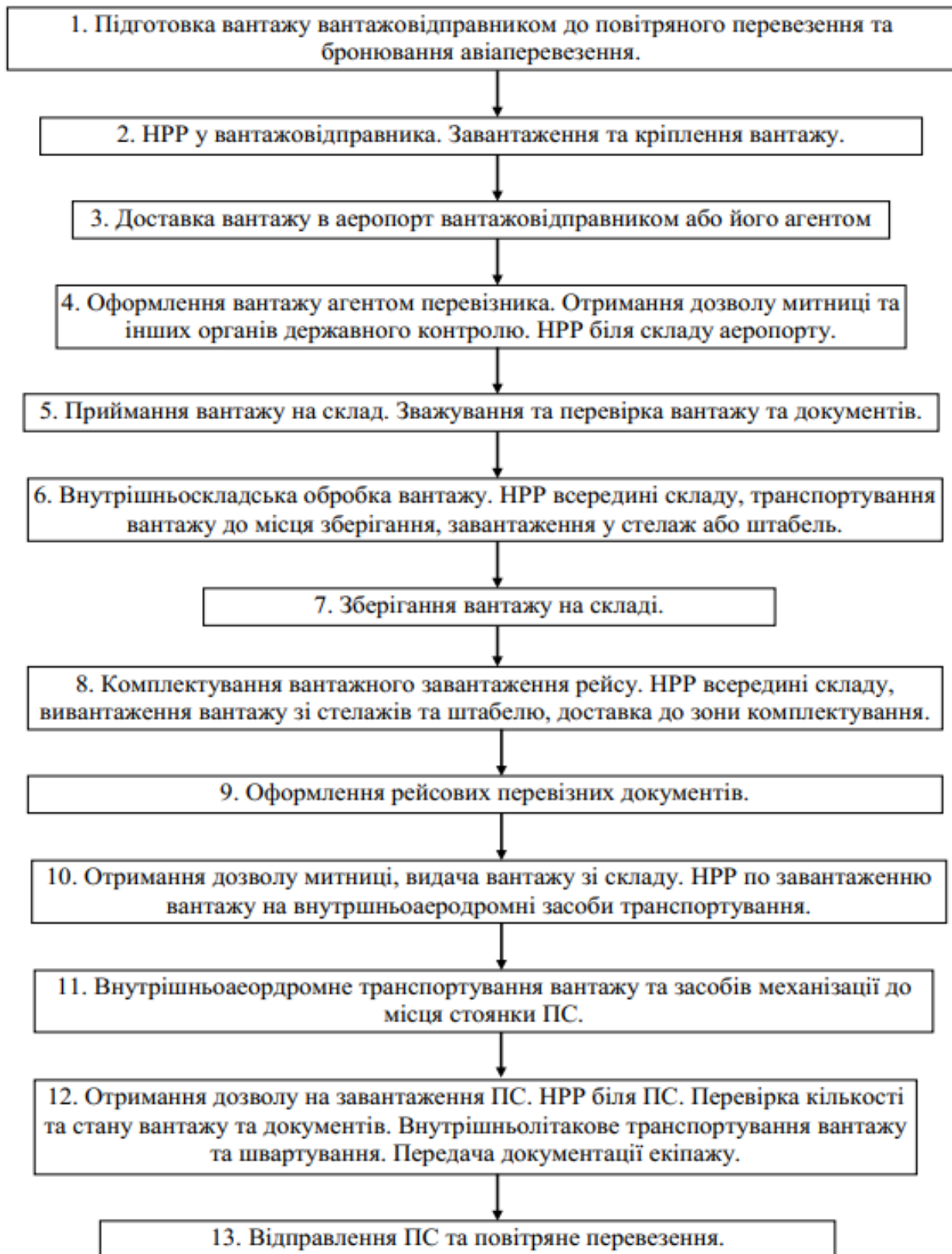


Рисунок 2.10 – Технологічна схема авіаперевезення вантажів на відправлення [11]

Виконав	Матченко В.В.				КРМ 275 22 ПЗ	Арк.
Перевірив	Кузьменко А.І.					34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Другий етап виконуються силами та засобами вантажовідправника, або уповноваженими ним експедитором, або логістичним оператором. Час доставки узгоджується з перевізником та службами аеропорту. Завезення вантажу в аеропорт виконується як правило автомобільним транспортом. Час на завантаження повітряних суден (ПС) є обмеженим, НРР виконуються відповідно до технологічного графіку обслуговування ПС в аеропорту. НРР біля ПС виконуються силами та засобами аеропортів, перевізників, або хендлінгових агентів. За завантаження та розвантаження вантажу на ПС стягуються відповідні аеропортові збори [11]. В той же час технологічна схема при прибутті вантажу на повітряному транспорті включає технологічні операції, які наведено на рис. 2.11. НРР біля ПС виконуються силами та засобами аеропортів, перевізників, або хендлінгових агентів. Час на розвантаження ПС також є обмеженим. Розвантаження виконується у відповідності до технологічного графіку обслуговування ПС в аеропорту. НРР у вантажоодержувача виконуються силами та засобами вантажоодержувача або уповноважених ним осіб. Технологія обробки вантажів в трансферному аеропорту має свої особливості: вантаж обробляється спочатку по схемі прибулого вантажу, а потім як відправленого вантажу, за виключенням окремих технологічних операції. Не виконуються операції видачі вантажу вантажоодержувачу та прийняття вантажу від вантажовідправника [11].

Трансферний вантаж сортується, відокремлюється від прибулого вантажу та направляється на зберігання у трансферну зону, де чекає наступного рейсу. Потім трансферне завантаження об'єднується з початковим завантаженням та завантажуються на наступний рейс. Тобто процес обробки трансферного вантажу йде за схемою «ПС – склад аеропорту – ПС». Для забезпечення виконання цих процесів необхідний відповідний час стикування рейсів [11].

Мінімальний час трансферу залежить від технічних можливостей аеропорту трансферу, ступеню механізації та автоматизації технологічних процесів обробки вантажів та враховується при розробці маршруту авіаційного перевезення.

Виконав	Матченко В.В.								Арк.
Перевірив	Кузьменко А.І.								35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

КРМ 275 22 ПЗ

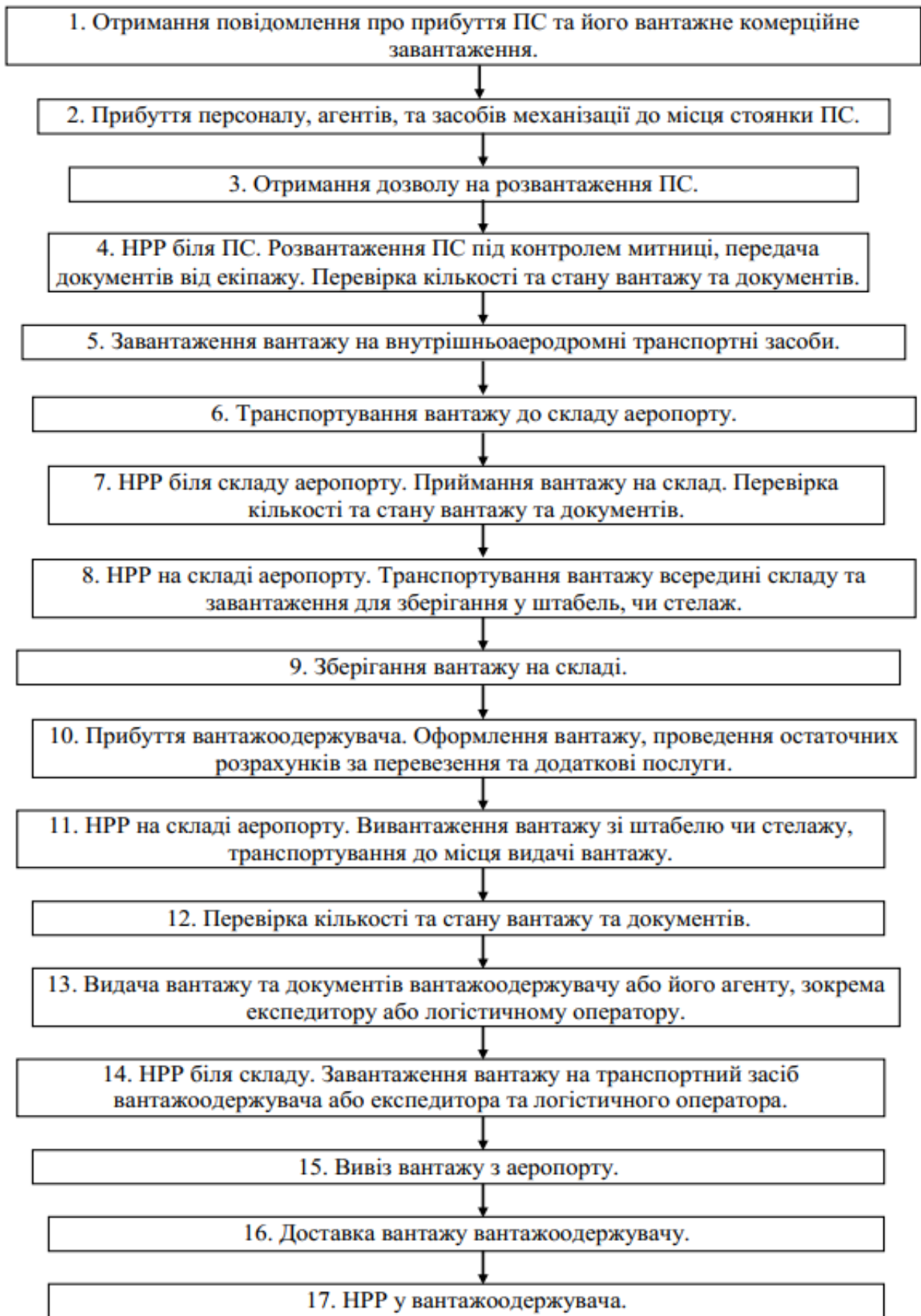


Рисунок 2.11 – Технологічна схема при прибутті вантажу на повітряному транспорті [11]

Виконав	Матченко В.В.			КРМ 275 22 ПЗ	Арк.
Перевірив	Кузьменко А.І.				36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

Іноді в розвинених аеропортах світу обробка трансферних вантажів можлива за схемою «повітряне судно – повітряне судно» [11].

При організації перевезення вантажу в авіаційних засобах пакетування (ULD) технологічна схема обробки вантажів на відправлення доповнюється додатковими операціями на складі вантажного терміналу: доставкою порожніх ULD в зону комплектування, завантаженням ULD. При завантаженні ULD враховуються пункти призначення вантажу, об'ємно-масові характеристики вантажу та його сумісність. На ULD оформлюються відповідні документи, вони пломбуються, розробляється схема завантаження ULD у ПС [11].

Потім вантаж в ULD перевантажується на внутрішньоаеродромні засоби механізації які призначені для транспортування ULD до ПС в тій послідовності, в який вони будуть завантажені. Вантаж транспортується до місця стоянки ПС. При завантаженні перевіряються пломби, кількість ULD та документація. Завантаження ULD у ПС здійснюється за допомогою спеціальних засобів механізації. Далі ULD переміщуються всередині вантажних відсіків ПС згідно зі схемою завантаження, встановлюються на певні позиції у ПС та закріплюються. В технологічній схемі обробці вантажів у ULD на прибуття всі операції виконуються у зворотній послідовності. Процес закінчується на складі аеропорту розвантаженням ULD та сортуванням вантажу та прийняттям його на зберігання [11].

Формування та розформування авіаційних ULD здійснюється на складах аеропорту. Вони мають специфічну форму та конструкцію, обмежене застосування та використовуються тільки для авіаційних перевезень. Аеропорти мають спеціальні ділянки для зберігання ULD. Авіакомпанії, яким належать ULD, організують їх облік, своєчасний ремонт та організацію їх обігу. Іноді повітряним транспортом також перевозиться вантаж у універсальних контейнерах, призначених для змішаних наземних, морських та повітряних перевезень. Ці перевезення можливі тільки на вантажних літаках достатньо великої вантажопідйомності. Такі контейнери обробляються без їх розформування та передаються одержувачу після перевірки цілісності пломб

Виконав	Матченко В.В.								Арк.	
Перевірив	Кузьменко А.І.					КРМ	275	22	ПЗ	37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

без перевірки кількості місць, стану й маси вантажу, що знаходиться у контейнері [11].

Повітряним транспортом вантаж перевозиться окремими та об'єднаними (консолідованими) партіями. Окрема партія вантажу – це одне або декілька місць вантажу, що перевозиться від одного вантажовідправника до одного вантажоодержувача та оформлена однією звичайною авіаційною накладною (AWB). Консолідацію, тобто об'єднання в одну партію різні більш дрібні партії вантажів окремих вантажовідправників зазвичай здійснює агент з обробки вантажу, або експедитор або логістичний оператор [11].

Оскільки основна виробнича діяльність аеропорту полягає в реалізації технологічних процесів обслуговування рейсів, що включають певний набір операцій, склад, тривалість і трудомісткість яких залежить від параметрів рейсу, то як одиничний прогін логістичної моделі береться процес обслуговування одного рейсу [1].

Логістична модель технології наземного обслуговування рейсу повинна містити наступне [1]:

1) універсальний алгоритм здійснення процесу, що містить опис послідовності та взаємозв'язку операцій;

2) імовірнісні моделі окремих технологічних операцій, які включають статистичний розподіл ключових параметрів операцій, таких як тимчасова тривалість, кількість персоналу, що залучається, кількість використовуваних технічних засобів тощо.

Модельний технологічний графік показаний на рис. 2.12. Незважаючи на те що параметри операцій залежать від типу ПС, значення їх змінюються в широких межах, а в низці випадків деякі з операцій узагалі виключаються з технологічного процесу, це не призводить до порушення зв'язків між операціями й «руйнуванням» графіка.

Виконав	Матченко В.В.			<i>КРМ 275 22 ПЗ</i>	Арк.
Перевірив	Кузьменко А.І.				38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

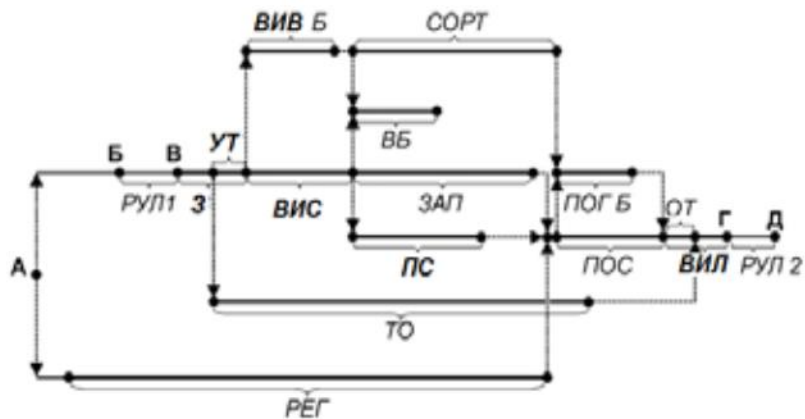


Рисунок 2.12 – Модельний технологічний графік підготовки повітряних суден (ПС) до вильоту [1]

На рисунку 2.12 прийняті наступні умовні позначення:

Події:

А – надходження повідомлення про рух повітряних суден (далі – ПС),

Б – завантаження ПС,

В – прибуття ПС на місце стоянки (далі – МС),

Г – відправлення ПС із МС,

Д – виліт ПС;

Операції (або тимчасові інтервали):

РЕБ – оформлення вантажів на відліт;

РУЛ 1 – рух ПС на МС;

З – зустріч ПС на МС;

УТ – установка навантажувально-розвантажувальних механізмів;

ВИС – виконання вантажних операцій;

ВИВ Б – транспортування вантажу, що прибув, у термінал;

ВБ – розвантаження авіаційних контейнерів;

ЗАП – заправка ПС паливом;

ПС – прибирання вантажних палуб;

ТО – роботи з технічного обслуговування;

ПОС – завантаження контейнерів на відліт;

СОРТ – сортування й комплектація по рейсах контейнерів на відліт;

Виконав	Матченко В.В.			КРМ 275 22 ПЗ	Арк.
Перевірив	Кузьменко А.І.				39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

ПОГ Б – доставка вантажів на відліт до ПС і завантаження;
 ВИВ – роботи з випуску ПС зі стоянки;
 ВІД – прибирання наземної техніки;
 РУЛ 2 – рух ПС з МС.

Імітаційне моделювання, яке ґрунтується на використанні логістичної моделі досліджуваних процесів, передбачає наявність статистичних даних, що описують ці процеси. При цьому точність і адекватність моделі зростає зі збільшенням обсягу накопиченої статистики [1].

Упровадження в низці аеропортів автоматизованих інформаційних систем управління діяльністю надає можливість уникнути тривалих і трудомістких процедур збирання статистики шляхом використання матеріалів, що зберігаються в базах даних цих систем, які докладно й усебічно описують технологічні процеси аеропорту [1].

2.3 Складання математичної моделі процесу обслуговування контейнерів на вантажному терміналі аеропорту

Розглянемо основні принципи імітаційного моделювання. Застосування та потреба в імітаційному моделюванні у різних галузях показані на діаграмі (див. рис. 2.13).

Модель – це сутність чи об’єкт, який відображає процеси, що протікають в реальних системах, за допомогою подібних за своїми властивостями математичних або натурних засобів [28]. Моделювання – це засіб пізнання дійсності, який дозволяє досліджувати складні процеси і явища на основі експериментів не з реальною системою, а з її моделлю. На рис. 2.14 показано класифікацію видів моделювання [28].

Метою моделювання є прийняття адекватних рішень.

Виконав	Матченко В.В.			<i>КРМ 275 22 ПЗ</i>	Арк.
Перевірив	Кузьменко А.І.				40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

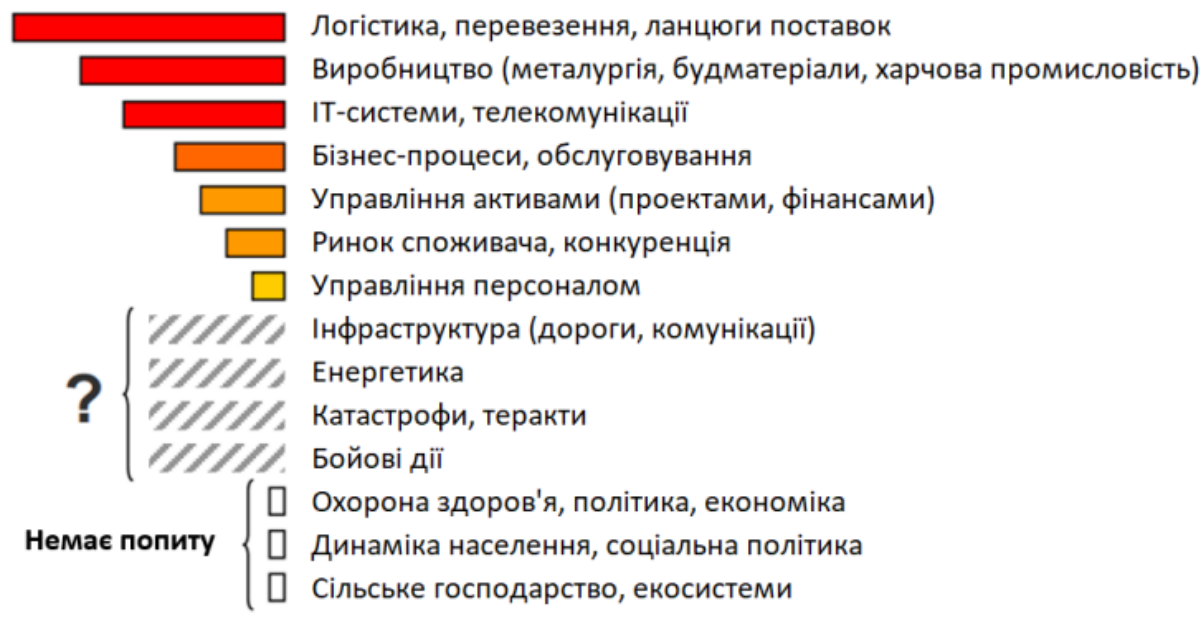


Рисунок 2.13 – Попит на застосування та результати імітаційного моделювання [28]

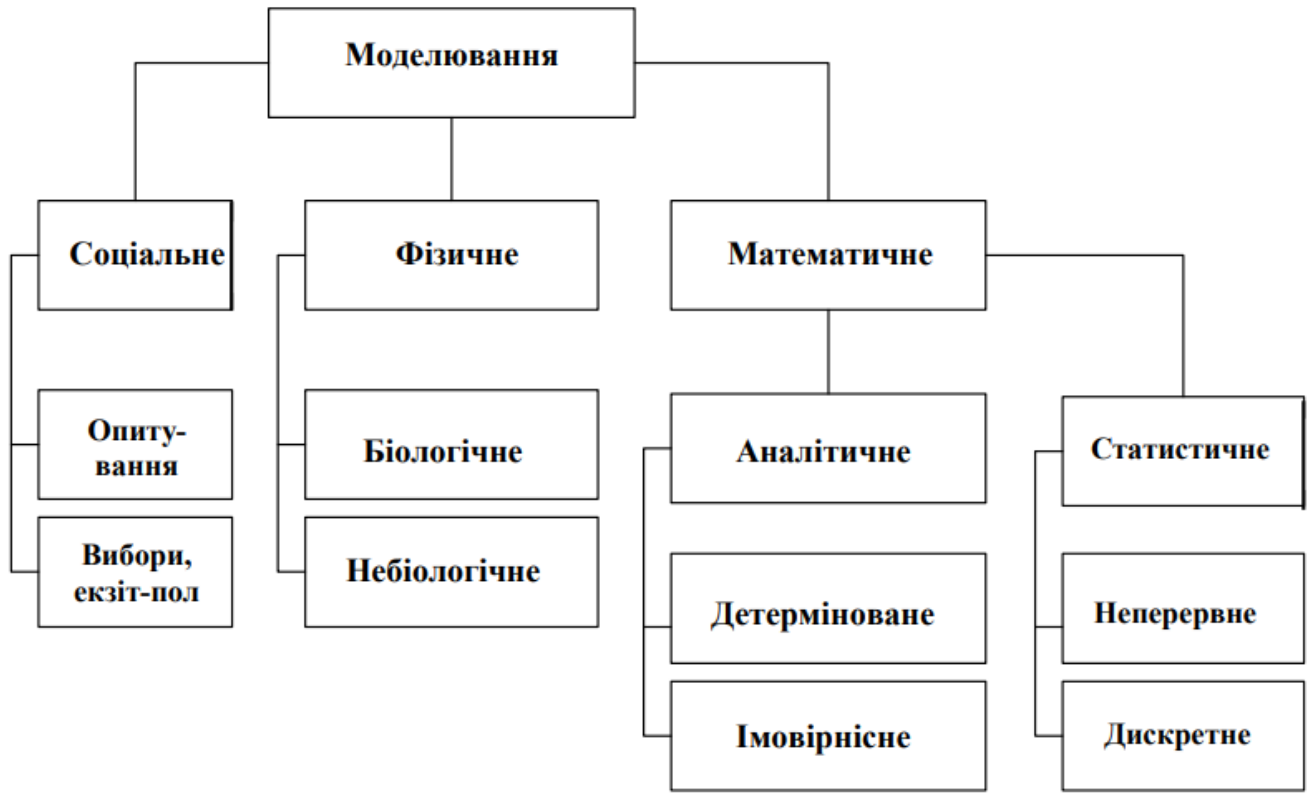


Рисунок 2.14 – Класифікація видів моделювання [28]

Комп'ютерне моделювання стає найбільш актуальним і важливим етапом в ухваленні рішень у всіх сферах діяльності людини, управлінні процесами та отриманні бажаного результату. Тому знання концепцій і методів моделювання, принципів побудови моделей, і вибору засобів їх реалізації, використовуючи при цьому сучасні програмні продукти, є на сьогоднішній день необхідними для підтримки прийняття рішень керівником, інженером, бізнес-аналітиком і ін. [28]. Адекватність (від лат. *Adaequatus* – прирівняний, рівний) моделі – збіг властивостей (функцій / параметрів / характеристик і т.п.) моделі і відповідних властивостей модельованого об'єкта. Адекватністю називається збіг моделі, що моделюється, стосовно мети моделювання. Універсального загального способу побудови адекватних моделей не існує [28].

Отже, моделювання – це процес заміщення досліджуваного об'єкта іншим з метою отримання інформації про найважливіші властивості об'єктаоригіналу за допомогою об'єкта-моделі, тобто моделювання може бути вирішене як представлення об'єкта моделлю для отримання інформації про цей об'єкт шляхом проведення експериментів з його моделлю. В основі моделювання лежить теорія подібності, яка стверджує, що абсолютна подібність може мати місце лише при заміні одного об'єкта іншим точно таким же. При моделюванні абсолютна подібність не має місця, тому необхідно прагнути до того, щоб модель досить добре відображала досліджувану сторону функціонування об'єкту [28].

Методи моделювання [28]:

- Натурні або фізичні випробування (дослідження).
- Аналітичне моделювання.
- Імітаційне моделювання.
- Комбіновані методи моделювання.

Імітаційне моделювання – це окремий випадок математичного моделювання. Існує клас об'єктів, для яких з різних причин не розроблені аналітичні моделі, або не розроблені методи рішення отриманої моделі. У

Виконав	Матченко В.В.								Арк.
Перевірив	Кузьменко А.І.								42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

КРМ 275 22 ПЗ

цьому випадку математична модель замінюється імітатором або імітаційної моделлю [28].

Експериментування з моделлю називають імітацією (імітація – це досягнення суті явища, не вдаючись до експериментів на реальному об'єкті) [28].

Імітаційне моделювання – це метод дослідження, при якому система, що вивчається, замінюється моделлю, яка з достатньою точністю описує реальну систему і з якою проводяться експерименти з метою отримання інформації про властивості цієї системи [28].

Імітаційна модель – це логіко-математичний опис об'єкта, який може бути використано для експериментування на комп'ютері в цілях проектування, аналізу та оцінки функціонування об'єкта [28].

Метод імітаційного моделювання – метод конструювання моделі реальної системи і постановки експериментів на цій моделі з метою дослідити її поведінку або оцінити різні стратегії, що забезпечують функціонування даної системи. При цьому необхідно відобразити структуру системи (опис елементів і зв'язків між ними) і описати її поведінку за допомогою станів і моментів переходів між цими станами. Стан системи в кожен момент часу можна визначити як безліч значень її параметрів в цей момент часу [28]. Зміна значень параметрів можна вважати переходом в інший стан. Зовнішнє середовище задається за допомогою вхідних даних. При необхідності моделювання імовірнісних систем і процесів в ІМ включається і статистичне моделювання (метод Монте-Карло).

Одним з основних видів імітаційного моделювання є статистичне імітаційне моделювання. Метод статистичного імітаційного моделювання – це спосіб вивчення складних процесів і систем, схильних до випадковим збурень, за допомогою імітаційних моделей. Імітаційне статистичне моделювання являє собою чисельний метод проведення на ЕОМ обчислювальних експериментів з математичними моделями [28].

Методика побудови імітаційних моделей складається з трьох етапів [28]:

Виконав	Матченко В.В.			КРМ 275 22 ПЗ	Арк.
Перевірив	Кузьменко А.І.				43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

1. Визначення методології імітації – постановка задачі, підготовка даних, побудова моделі, оцінка адекватності.

2. Організація імітаційного експерименту – планування експерименту, експериментування.

3. Обробка результатів, документування.

Процедура імітаційного моделювання, як особлива інформаційна технологія, складається з наступних основних етапів [28].

1. Точне формулювання мети дослідження. Збір інформації та даних.

2. Структурний аналіз модельованих процесів. Проводиться формалізація структури складного реального процесу шляхом розкладання його на підпроцеси, що виконують певні функції і мають взаємні функціональні зв'язку згідно з легендою, розробленої робочою експертною групою. Виявлені підпроцеси, в свою чергу, можуть поділятися на інші функціональні підпроцеси. Структура загального модельованого процесу може бути представлена у вигляді графа, що має ієрархічну багат шарову структуру, в результаті якої з'являється формалізоване зображення імітаційної моделі в графічному вигляді. Структурний аналіз особливо ефективний при моделюванні економічних процесів, де (на відміну від технічних) багато складових підпроцеси не мають фізичної основи і протікають віртуально, оскільки оперують з інформацією, грошима і логікою (законами) їх обробки.

3. Формалізований опис моделі. Графічне зображення імітаційної моделі, функції, виконувані кожним підпроцесом, умови взаємодії всіх підпроцесів і особливості поведінки модельованого процесу (тимчасова і просторова динаміка) можуть бути описані на спеціальній мові для подальшої трансляції в модель [28].

4. Розробка і побудова моделі. Зазвичай це трансляція і редагування зв'язків (складання моделі), верифікація (калібрування) параметрів.

– Розробка концептуальної моделі. Для перевірки компонентів моделі застосовуються кількісні методи: графіки, критерії згоди і ін.

Виконав	Матченко В.В.								Арк.
Перевірив	Кузьменко А.І.								44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

- Перевірка концептуальної моделі на адекватність поставленим завданням і виконання структурного критичного аналізу.
- Переклад концептуальної моделі за допомогою програмних засобів в машинне подання.

5. Верифікація запрограмованої моделі. На цьому етапі виконуються аналіз чутливості та валідація вихідних даних імітаційної моделі (якщо реальна система існує, для порівняння вихідних даних моделі і реальної системи застосовуються статистичні методи). Верифікація (перевірка) параметрів і об'єктів моделі виконується відповідно до опису, на підставі якого побудована модель, за допомогою спеціально обраних тестових прикладів [28].

Найчастіше імітаційне моделювання використовується у випадках, коли аналітичне вираження в межах створюваної моделі неможливо.

Система наземного обслуговування ПС являє собою складну систему, яка характеризується великою кількістю параметрів технологічного процесу роботи аеропорту, тому актуальною проблематикою постає раціональне розподілення ресурсів авіаційної наземної техніки [3].

Технологічний процес $T_{процесу}$ – це процес призначений для досягнення поставлених завдань перед системою НОПК та цілей з упорядкованої сукупності операційних робіт O_j .

Більш складний аналіз технологічного процесу складають операції O_j , які умовно можна поділити на найпростіші акти праці – переходи Π_{iq} .

Вони дозволяють надалі розглядати фізичний стан та оцінку напряму удосконалення технологічних систем [3].

Таким чином, технологічний процес $T_{процесу}$ складається з m операцій O_j , кожна з яких об'єднує w_q переходів Π_{jq} . Тобто увесь технологічний процес $T_{процесу}$ можна уявити як множину переходів Π_{jq} , об'єднаних в операції [3]:

$$T_{процесу} = \sum_{j=1}^m O_j = \sum_{j=1}^m \sum_{q=1}^{w_q} \Pi_{jq} \quad (2.6)$$

Виконав	Матченко В.В.			КРМ 275 22 ПЗ	Арк.
Перевірив	Кузьменко А.І.				45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Організація наземного обслуговування ПС здійснюється відповідно до технологічних графіків оперативного наземного обслуговування. Основними елементами системи масового обслуговування є потік замовлень та обслуговуюча система. Кінцевою ціллю дослідження системи масового обслуговування є надходження кількісних показників, які характеризують можливості систем обслуговування та розробку вимог в у відповідності до реальних конструкцій з метою отримання оптимальних рішень [3].

Цикл функціонування системи масового обслуговування повторюється неодноразово. При цьому слід зауважити, що перехід від обслуговування чергової вимоги після обслуговування попередньої вимоги відбувається миттєво, або ж після невеликого очікування, коли система обслуговування знаходиться в стані простою. Завданням теорії масового обслуговування є пошук залежностей, які б виокремили якість роботи в системі [3]:

- характеристика вхідного потоку;
- можливості систем обслуговування (апаратів, каналів);
- методів організації роботи систем обслуговування.

Кожна система масового обслуговування, залежно від числа апаратів, які вона обслуговує, та їх виробничого циклу, повинна відповідати певній пропускній здатності. Пропускна здатність системи обслуговування здебільшого залежить не тільки від параметрів самої системи, а й від характеру потоку замовлень. На практиці зазвичай моменти замовлень випадкові, а в більшості випадків також випадкова і сама тривалість обслуговування замовлення. Таким чином, процес функціонування більшості систем масового обслуговування являє собою випадковий процес [3].

У зв'язку з чим можуть виникнути ситуації, коли система обслуговування не здатна впоратися із обслуговуванням вхідного потоку, тим самим, спричинивши черги на замовлення, створюється збійна ситуація в системі наземного обслуговування повітряних кораблів (НОПК) аеропорту [3].

Відповідно до системи НОПК замовлення на обслуговування не може бути виконано будьяким з наявних апаратів АНТ. Це своєю чергою зумовлено

Виконав	Матченко В.В.			КРМ 275 22 ПЗ	Арк.
Перевірив	Кузьменко А.І.				46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

тим, що існує певна спеціалізація авіаційної наземної техніки (АНТ) за видами обслуговування та типами повітряних кораблів (ПК), у зв'язку з чим система НОПК є не повною мірою доступною, оскільки не всі апарати з обслуговування є затребуваними для тих чи інших видів технологічного обслуговування ПК. Досить розповсюдженим класом систем масового обслуговування є система з відмовами (системи із втратами). В цих системах замовлення, яке надійшло в часі, коли всі канали зайняті, отримує відмову на обслуговування та полишає систему, як таке, що не дістало схвалення. Це пов'язано в першу чергу з безпекою польотів. Однак у даному випадку деякі дослідники, науковці можуть надати приклад, коли ПК полишає аеродром та прямує на запасний, за несприятливих погодних умов, тобто замовлення залишилося таким, що не дістало згоди на обслуговування [3].

Якщо ж розглянути функціонування системи НОПК за досить невеликий проміжок часу, до якого може увійти час закриття аеропорту, то система НОПК вже постає як система з відмовами.

Однак ПК у будь-якому разі повинен потрапити до аеропорту призначення після нормалізації метеоумов для доставки пасажирів, пошти, вантажу, багажу. Тому канали системи обслуговування повинні бути готовими до обслуговування замовлення у момент її надходження. При розробці моделі оперативного управління та плануванні роботи НОПК були враховані можливості виникнення подібних ситуацій, які розглядаються як модель збійних ситуацій в аеропорту. У даному випадку ми розглядаємо систему НОПК як багатоканальну систему масового обслуговування з очікуванням (див. рис. 2.15) [3].

Основними показниками ефективності СМО є [3]:

- коефіцієнт завантаження;
- середнє число вимог у черзі;
- середній час очікування початку обслуговування;
- середній час перебування вимоги у системі обслуговування;
- ймовірність відмови.

Виконав	Матченко В.В.								Арк.
Перевірив	Кузьменко А.І.								47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

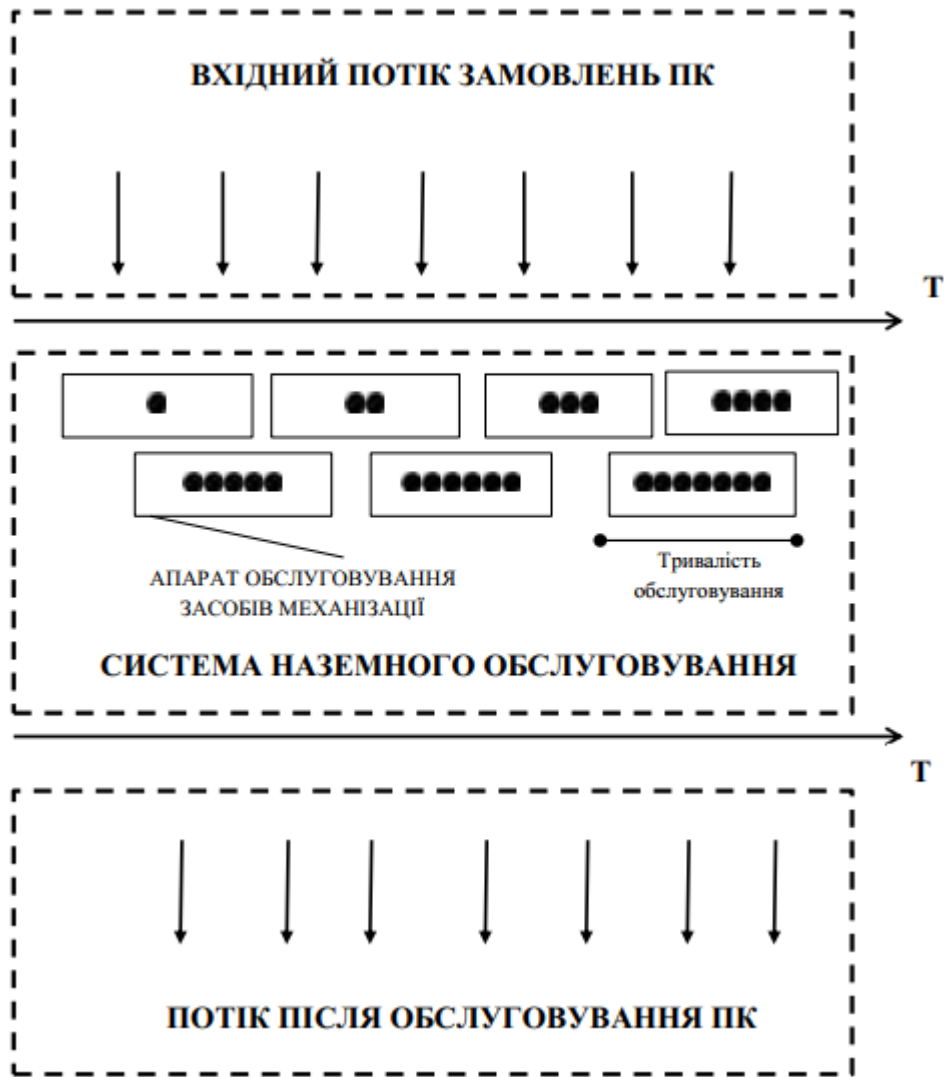


Рисунок 2.15 – Блок-схема організації оперативного обслуговування повітряних кораблів (ПК) на пероні [3]

Наступним елементом СМО є вхідний потік замовлень на обслуговування. Потік вимог – це сукупність замовлень на обслуговування, які надходять до системи обслуговування. Процесу НОПК властиві всі особливості випадкового процесу. У більшості випадків причини, які пов’язані з експлуатацією ПК, аеропортів, аеродромів та інших елементів авіатранспортної системи, призводять до нерегулярності надходження замовлень на обслуговування та відсутність критерію постійності з виконання певного об’єму робіт НОПК. Тому для розробки адекватної методики оперативного планування НОПК є необхідним проведення аналізу вхідного потоку замовлень на обслуговування [3].

Виконав	Матченко В.В.			КРМ 275 22 ПЗ	Арк.
Перевірив	Кузьменко А.І.				48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Під час НОПК вхідний потік замовлень на обслуговування можна представити у вигляді добового плану польотів (ДПП) ПК. Більшість методик, які використовуються для формалізованого опису функціонування системи НОПК має на меті підстави про те, що вхідний потік є найпростішим з усіх можливих. Але найпростіший потік повинен задовольняти вимогам: стаціонарності, ординарності, відсутності наслідків збійних ситуацій [3].

Однак інтенсивність вхідного потоку до аеропорту залежить від часу доби та пори року і тому не є константою. Зазвичай інтенсивність потоку вимог на обслуговування ПК по прильоту влітку більший, ніж взимку, а вдень також збільшений, ніж вночі (рис. 2.16).

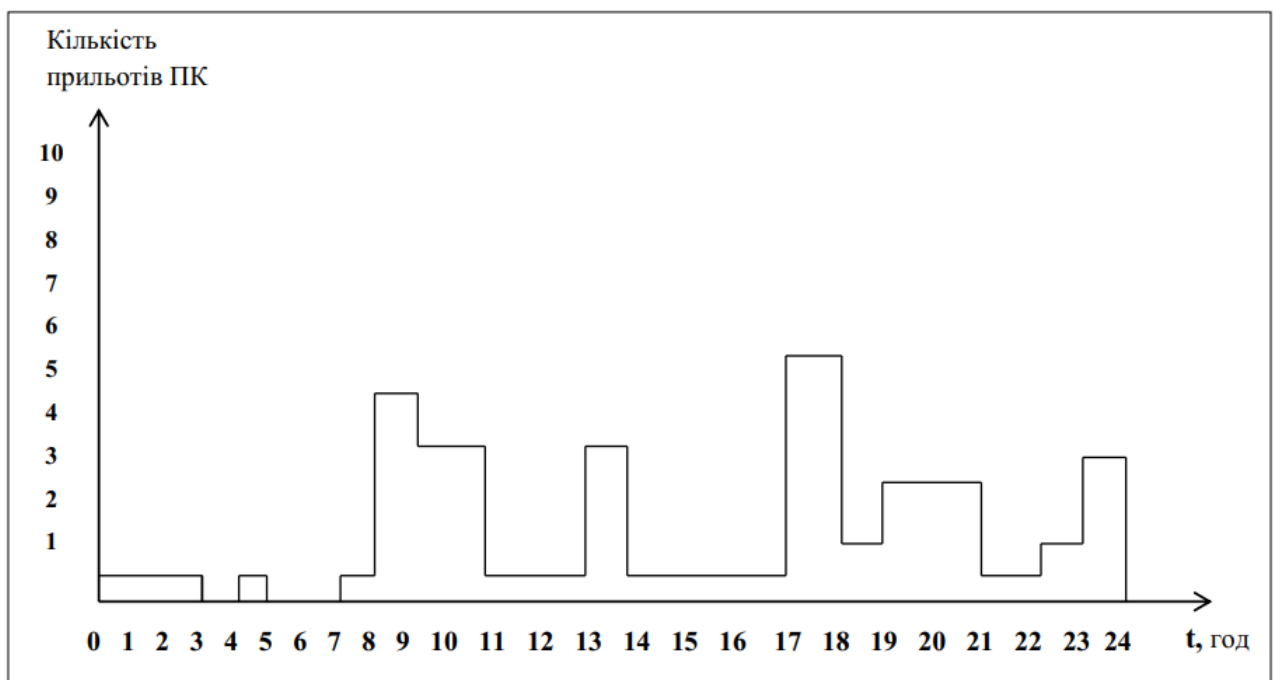


Рисунок 2.16 – Нестационарний вхідний потік замовлень на обслуговування [3]

Цей факт говорить про те, що вхідний потік є нестационарним на протязі доби. Те ж саме можна спостерігати, якщо проаналізувати потік протягом календарного року. Тому організація робіт з НОПК є оптимальною за умови інтенсивності потоку вимог і не буде оптимальною за інших умов. У зв'язку з чим для раціональної організації обслуговування виокремлюють періоди часу,

Виконав	Матченко В.В.			КРМ 275 22 ПЗ	Арк.
Перевірив	Кузьменко А.І.				49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

які характеризовані постійною інтенсивністю потоку вимог та вирішують завдання для кожного періоду пори року [3].

Під час виконання дослідження потрібно використовувати емпіричну форму завдання вхідного потоку. В такому випадку інформація вхідного потоку буде відображати [3]:

- тип повітряного корабля;
- тип рейсу(кінцевий, початковий, транзитний, оборотний);
- плановий час прибуття ПК;
- фактичний час прибуття ПК;
- об'єм та характер робіт з наземного обслуговування ПК.

Серед числа затримань авіарейсів найбільшою проблемою є збільшення числа авіакомпаній, які обслуговуються в аеропорту, кількість рейсів, збільшення пасажиропотоку, недосконалість технологічних процесів, нестача кадрового потенціалу, несправність АНТ, нераціональне використання ресурсів. Основними ж порушеннями регулярності відправлень ПК є метеоумови, занадто пізні прибуття рейсів та затримки з вини служб аеропорту, які безпосередньо задіяні у процесі оперативного обслуговування рейсів [3].

У даній кваліфікаційній роботі магістра пропонується використати теорію систем масового обслуговування (СМО).

Задача теорії масового обслуговування – встановити залежність результуючих показників роботи системи масового обслуговування (вірогідність того, що заявка буде обслужена; математичного очікування числа обслужених заявок і т.д.) від вхідних показників (кількості каналів в системі, параметрів вхідного потоку заявок і т.д.). Результуючими показниками або характеристиками СМО, є показники ефективності СМО, які описують чи здатна дана система справлятися з потоком заявок.

Задачі теорії масового обслуговування носять в імітаційний характер і зрештою включають економічний аспект за визначенням такого варіанту системи, при якому буде забезпечений мінімум сумарних витрат від очікування

Виконав	Матченко В.В.								Арк.
Перевірив	Кузьменко А.І.								50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

обслуговування, втрат часу і ресурсів на обслуговування і простоїв каналів обслуговування. Система обслуговування вважається заданою, якщо відомі:

- 1) потік вимог, його характер;
- 2) безліч обслуговуючих приладів;
- 3) дисципліна обслуговування (сукупність правил, задаючих процес обслуговування).

Кожна СМО складається з якогось числа обслуговуючих одиниць, які називаються каналами обслуговування. Як канали можуть фігурувати: лінії зв'язку, різні прилади, особи, що виконують ті або інші операції і т.д.

Всяка СМО призначена для обслуговування якогось потоку заявок, що поступають в якісь випадкові моменти часу. Обслуговування заявок продовжується якийсь випадковий час, після чого канал звільняється і готовий до прийому наступної заявки. Випадковий характер потоку заявок і часів обслуговування призводить до того, що в якісь періоди часу на вході СМО накопичується надмірно велике число заявок (вони або стають в чергу, або покидають СМО не обслуженими); в інші ж періоди СМО працюватиме з недовантаженням або взагалі простоюватиме.

Процес роботи СМО є випадковим процесом з дискретними поляганнями і безперервним часом; полягання СМО міняється стрибком в моменти появи якихось подій (або приходу нової заявки, або закінчення обслуговування, або моменту, коли заявка, якій набриднуло чекати, покидає чергу).

Перелік характеристик систем масового обслуговування можна представити таким чином:

- 1) середній час обслуговування;
- 2) середній час очікування в черзі;
- 3) середній час перебування в СМО;
- 4) середня довжина черги;
- 5) середнє число заявок в СМО;
- 6) кількість каналів обслуговування;
- 7) інтенсивність вхідного потоку заявок;

Виконав	Матченко В.В.								Арк.
Перевірив	Кузьменко А.І.								51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

- 8) інтенсивність обслуговування;
- 9) інтенсивність навантаження;
- 10) коефіцієнт навантаження;
- 11) відносна пропускна спроможність;
- 12) абсолютна пропускна спроможність;
- 13) частка часу простою СМО;
- 14) частка обслужених заявок;
- 15) частка втрачених заявок;
- 16) середнє число зайнятих каналів;
- 17) середнє число вільних каналів;
- 18) коефіцієнт завантаження каналів;
- 19) середній час простою каналів.

СМО поділяють на різні групи в залежності від складу і від часу перебування в черзі до початку обслуговування, і від дисципліни обслуговування заявок.

По складу СМО бувають:

одноканальні – характеризуються одним вхідним потоком, одним обслуговуючим пристроєм;

багатоканальні – з великим числом обслуговуючих пристроїв. Багатоканальні системи можуть складатися з обслуговуючих пристроїв як однакової, так і різної продуктивності.

За часом перебування вимог у черзі до початку обслуговування системи поділяються на три групи:

1) з необмеженим часом очікування – чергова заявка (вимога), заставши всі пристрої зайнятими, стає в чергу й очікує обслуговування доти, поки один із пристроїв не звільниться;

2) з відмовами – вимога, яка надійшла, заставши всі пристрої зайнятими, залишає систему;

3) змішаного типу – вимога, що надійшла, заставши всі пристрої зайнятими, стає у чергу й очікує обслуговування протягом обмеженого часу.

Виконав	Матченко В.В.			КРМ 275 22 ПЗ	Арк.
Перевірив	Кузьменко А.І.				52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Не дочекавшись обслуговування у встановлений час, заявка залишає систему.

При аналізі випадкових процесів зручно користуватися варіантом схематичного зображення можливих станів систем масового обслуговування на малюнку у вигляді графа з розміткою його можливих станів. При побудові розміченого графа стану система зазвичай зображується або прямокутниками, або кружками, а можливі напрямки переходів з одного стану в інший орієнтовані стрілками, з-об'єднуючим ці стани.

Наприклад, розмічений граф станів одноканальної системи випадкового процесу обслуговування заявок (див. рис. 2.17) буде наступним:

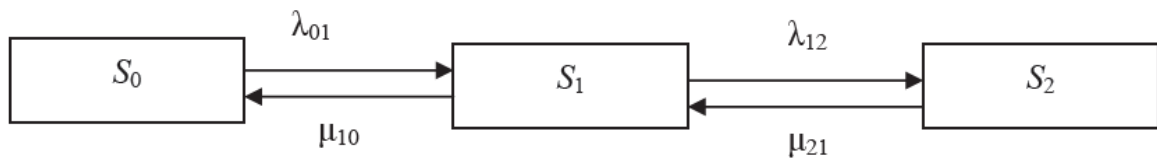


Рисунок 2.17 – Розмічений граф станів одноканальної системи масового обслуговування [29]

Система може знаходитися в одному з трьох станів:

S_0 - канал вільний (простояє);

S_1 - канал зайнятий обслуговуванням;

S_2 - канал зайнятий обслуговуванням, одна заявка в черзі.

Перехід системи зі стану S_0 в стан S_1 відбувається під впливом найпростішого потоку з інтенсивністю λ_{01} , а зі стану S_1 в S_0 систему переводить потік обслуговування з інтенсивністю μ_{10} .

Граф станів системи обслуговування з проставленими інтенсивностями потоків у стрілок називається розміченим. Перехід по стрілці, що веде зі стану в негоже, може призвести до затримок системи в даному стані.

Оскільки перебування системи в тому чи іншому стані носить імовірнісний характер, то ймовірність $p_i(t)$ того, що система буде перебувати в

Виконав	Матченко В.В.			КРМ 275 22 ПЗ	Арк.
Перевірив	Кузьменко А.І.				53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

стані S_i в момент часу t , називається ймовірністю i -го стану системи масового обслуговування і визначається числом заявок на обслуговування (k).

З теорії систем митний пост представляє собою складну динамічну стохастичну систему, в яку надходять нестационарні потоки вантажних автомобілів, вантажів і ін.

Кожен з варіантів механізації перевалки контейнерів являє собою одноканальну систему масового обслуговування з очікуванням, в яку надходить пуассонівський потік заявок. Отже, для кожного крану методом Монте-Карло [29, 30] можна визначити:

- середнє число обслугованих заявок;
- середній час обслуговування однієї заявки;
- ймовірність обслуговування;
- ймовірність постановки у чергу.

Час між моментами надходження двох послідовних заявок розраховується за формулою:

$$t_{in} = -\frac{\ln r}{\lambda} / 24 \quad (2.7)$$

де r – випадкове число;

λ – інтенсивність надходження заявок (приймається $\lambda = 0,48$ заяв./год.)

Час обслуговування заявок розраховується за формулою:

$$t_{обс} = -\frac{\ln R}{\mu} / 24 \quad (2.8)$$

де R – випадкове число;

μ – інтенсивність обслуговування заявок.

Тепер окремо для кожного випробування можна визначити такі показники:

Виконав	Матченко В.В.								Арк.
Перевірив	Кузьменко А.І.								54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

1. $N_{над}$ – кількість заявок, які надійшли.
2. $N_{обс}$ – кількість обслугованих заявок.
3. $t_{обс}$ – тривалість обслуговування заявок.
4. $t_{обс.сер.}$ – середній час обслуговування однієї заявки у випробуванні:

$$t_{обс.сер.} = \frac{t_{обс}}{N_{обс}} \quad (2.9)$$

5. $P_{обс}$ – ймовірність обслуговування:

$$P_{обс} = \frac{N_{обс}}{N_{над}} \quad (2.10)$$

6. $P_{від}$ – ймовірність постановки у чергу:

$$P_{від} = 1 - P_{обс} \quad (2.11)$$

Таким чином, встановлено, що вантажний термінал аеропорту ім. Шопена у столиці Польщі м. Варшаві може бути розглянутий, як система масового обслуговування. Дослідивши його роботу, можна знайти резерви часу для усієї транспортно-логістичної схеми, яка охоплює доставку вантажів з Америки в Україну та зворотно за участю автомобільного та повітряного транспорту. Якщо час на перевалку вантажів скоротиться, вантаж може попасти на попередній рейс. І таким чином, значно скоротиться загальний час його доставки.

Виконав	Матченко В.В.			КРМ 275 22 ПЗ	Арк.
Перевірив	Кузьменко А.І.				55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

3 МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМ ОБСЛУГОВУВАННЯ КОНТЕЙНЕРІВ В АЕРОПОРТУ

3.1. Основні теоретичні засади

Наземне обслуговування вантажних перевезень повітряним транспортом в терміналах аеропортів являє собою характерний приклад системи масового обслуговування [29] з очікуванням, стан якої міняється в часі випадковим образом. Як відомо з теорії масового обслуговування, кожна система масового обслуговування з очікуванням складається з елементів, показаних на рис. 3.1.

Обслуговуючі апарати можуть утворювати одну або кілька фаз обслуговування, а також можуть бути одноканальними й багатоканальними.

У даній кваліфікаційній роботі магістра розглядається аеропорт ім. Ф. Шопена у м. Варшава, схема якого наведена у додатку Е. Стосовно до вантажного терміналу аеропорту вхідним потоком є потік контейнерів, що необхідно завантажити в повітряне судно.

Поряд із вхідним потоком пасажирів варто розглядати також вхідний потік багажу, як правило, відокремлений в аеровокзалах від потоку пасажирів і минаючий багатозафазне обслуговування.

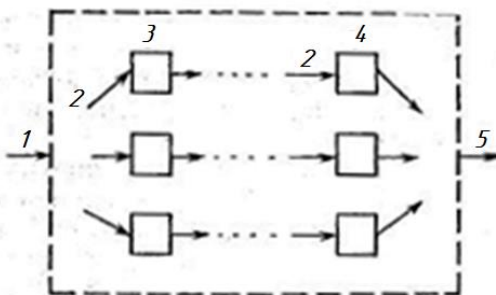


Рисунок 3.1 – Принципова схема багатоканальної багатофазової системи масового обслуговування з очікуванням: 1 — вхідний потік; 2 — черги на обслуговування; 3 — обслуговуючі апарати 1-ї фази; 4 — обслуговуючі апарати n-ї фази; 5 — вихідний потік

Апаратами обслуговування для обробки контейнерів є навантажувально-розвантажувальні механізми (НРМ).

Виконав	Матченко В.В.			КРМ 275 22 ПЗ	Арк.
Перевірив	Кузьменко А.І.				56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Стан системи наземного обслуговування вантажів змінюється в часі випадковим образом. Перехід цієї системи з одного стану в інший відбувається стрибкоподібно, і система в такий спосіб характеризується дискретними станами й безперервним часом.

Для аналізу систем з дискретними станами прийнято користуватися геометричною схемою, яка називається графом станів, що зображує весь можливий стан системи і її ймовірнісні переходи з одного стану в інший. У теорії дослідження операцій доводиться, що по розміченому графі станів можна скласти систему диференціальних рівнянь, які описують імовірності цих станів. Число рівнянь, що входять у систему, дорівнює числу станів, зафіксованих графом. У лівій частині кожного рівняння записується похідна ймовірності стану. Права частина рівняння містить стільки членів, скільки стрілок переходів пов'язане з даним станом. Якщо стрілка спрямована зі стану, то відповідний член правої частини рівняння має знак "мінус". Якщо стрілка спрямована в стан, то - знак "плюс". Кожний член правої частини рівняння дорівнює добутку щільності ймовірності переходу, що відповідає даній стрілці, помноженій на ймовірність того стану, з якого виходить стрілка.

Розглянемо процес функціона вантажному терміналі аеропорту в при довільному методі підходу НРМ. Розмічений граф станів такої системи показаний на рис. 2.2.

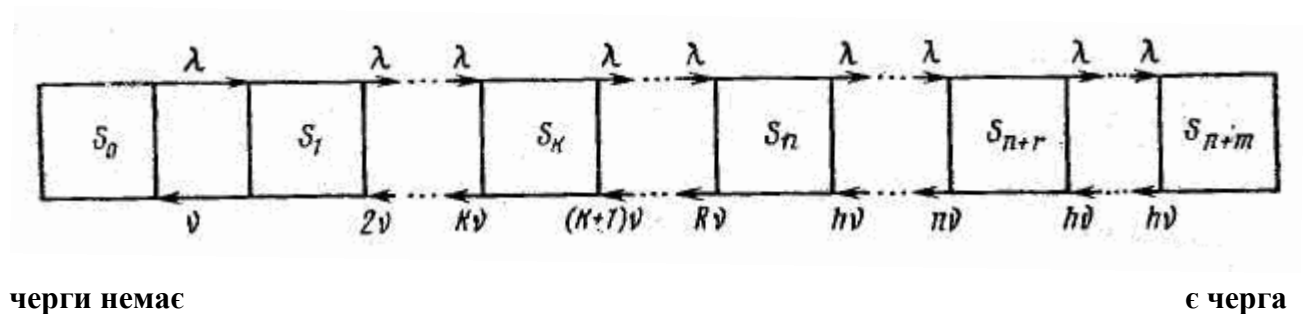


Рисунок 3.2 – Граф станів системи обслуговування контейнерів

Система обслуговування може перебувати в станах:

S_0 — всі НРМ вільні;

Виконав	Матченко В.В.			КРМ 275 22 ПЗ	Арк.
Перевірив	Кузьменко А.І.				57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

S_1 — один НРМ зайнятий обслуговуванням, інші вільні;

S_k — k НРМ зайняті, інші вільні;

S_n — всі n НРМ зайняті обслуговуванням, черги немає;

S_{n+r} — всі НРМ зайняті й утворилася черга з r контейнерів;

S_{n+m} — всі НРМ зайняті обслуговуванням і m контейнерів перебувають у черзі.

Як видно із графа станів інтенсивність вхідного потоку дорівнює λ для всіх переходів системи з одного стану в інший. Інтенсивність обслуговування дорівнює величині ν , помноженій на число НРМ, зайнятих обслуговуванням. При чисельності НРМ, рівній n , граничне значення інтенсивності обслуговування дорівнює $n\nu$. Довжина черги, що утвориться, обмежена величиною m виходячи з умови, що $m + n$ є граничною чисельністю контейнерів всіх рейсів, на які виконується завантаження в даний період.

Система диференціальних рівнянь для ймовірностей станів записується у вигляді:

$$\frac{d}{dt} p_0(t) = -\lambda p_0(t) + \nu p_1(t);$$

$$\frac{d}{dt} p_1(t) = \lambda p_0(t) - (\lambda + \nu) p_1(t) + 2\nu p_2(t);$$

.....

$$\frac{d}{dt} p_k(t) = \lambda p_{k-1}(t) - (\lambda + k\nu) p_k(t) + (k+1) \nu p_{k+1}(t);$$

.....

$$\frac{d}{dt} p_n(t) = \lambda p_{n-1}(t) - (\lambda + n\nu) p_n(t) + \nu p_{n+1}(t);$$

.....

$$\frac{d}{dt} p_{n+r}(t) = \lambda p_{n+r-1}(t) - (\lambda + n\nu) p_{n+r}(t) + \nu p_{n+r+1}(t);$$

.....

$$\frac{d}{dt} p_{n+m}(t) = \lambda p_{n+m}(t) - n\nu p_{n+m}(t). \tag{3.1}$$

Виконав	Матченко В.В.			КРМ 275 22 ПЗ	Арк.
Перевірив	Кузьменко А.І.				58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Початкові умови для інтегрування цієї системи лінійних диференціальних рівнянь при $t=0$; $p_0=1$; можна записати у вигляді:

$$P_0=1; p_1=\dots=p_k=\dots=p_n=\dots=p_{n+m}=0.$$

Оскільки число станів системи S скінчене й з кожного стану можна через певне число кроків перейти в будь-який інший стан, то, як доводиться в теорії масового обслуговування, існують граничні ймовірності станів, що показують середній відносний час перебування системи в даному стані.

У граничному сталому режимі всі ймовірності станів постійні.

Отже, їхні похідні дорівнюють нулю й система лінійних диференціальних рівнянь перетвориться в систему лінійних алгебраїчних рівнянь:

$$\begin{aligned} -\lambda p_0 + \nu p_1 &= 0; \\ \lambda p_0 - (\lambda + \nu) p_1 + 2\nu p_2 &= 0; \\ \dots & \\ \lambda p_{k-1} - (\lambda + k\nu) p_k + (k+1) \nu p_{k+1} &= 0; \\ \dots & \\ \lambda p_{n-1} - (\lambda + n\nu) p_n + p_n \nu p_{n+1} &= 0; \\ \dots & \\ \lambda p_{n+r-1} - (\lambda + n\nu) p_{n+r} + p_n \nu p_{n+r+1} &= 0; \\ \dots & \\ \lambda p_{n+m} - \nu p_{n+m} &= 0. \end{aligned} \tag{3.2.}$$

Ці рівняння разом з нормувальною умовою

$$\sum_{i=0}^{n+m} p_i = 1 \tag{3.3}$$

дають можливість обчислити всі граничні ймовірності, виразивши їх через ймовірність p_0 .

Поклавши $\frac{\lambda}{\nu} = \rho$, де $\rho < 1$, і виразивши всі ймовірності станів через p_0 ,

будемо мати:

Виконав	Матченко В.В.								Арк.
Перевірив	Кузьменко А.І.								59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

$p_1 = \frac{\rho}{1!} p_0$ - імовірність того, що обслуговуванням зайнятий один НРМ, а

всі інші вільні;

$p_2 = \frac{\rho^2}{2!} p_0$ - імовірність того, що обслуговуванням зайняті два НРМ;

$p_k = \frac{\rho^k}{k!} p_0$ - імовірність того, що зайнято k НРМ;

$p_n = \frac{\rho^n}{n!} p_0$ - імовірність того, що зайняті всі НРМ, але черги з контейнерів

немає;

$p_{n+r} = \frac{\rho^{n+r}}{n^r n!} p_0$ - імовірність того, що всі НРМ зайняті обслуговуванням і r

контейнерів очікують у черзі;

$p_{n+r} = \frac{\rho^{n+m}}{n^m n!} p_0$ - імовірність того, що в черзі перебувають m контейнерів, що

очікують обслуговування.

Імовірність p_0 може бути, в свою чергу, визначена з нормувальної умови:

$$p_0 + p_1 + \dots + p_k + \dots + p_n + \dots + p_{n+m} = 1 \quad (3.4)$$

або

$$p_0 \left(1 + \frac{\rho}{1!} + \dots + \frac{\rho^k}{k!} + \dots + \frac{\rho^{n+m}}{n^m n!} \right) = 1. \quad (3.5)$$

Звідки

$$p_0 = 1 / \left(1 + \frac{\rho}{1!} + \dots + \frac{\rho^k}{k!} + \dots + \frac{\rho^{n+m}}{n^m n!} \right). \quad (3.6)$$

Час очікування обслуговування контейнером у черзі є випадковою величиною. Для того щоб уникнути необмеженого зростання черги й, отже, надмірного збільшення часу очікування, необхідно, як це доводиться в теорії масового обслуговування, установлення обмежувальної умови:

$$\frac{\lambda}{\nu} < n. \quad (3.7)$$

Виконав	Матченко В.В.								Арк.
Перевірив	Кузьменко А.І.								60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Визначимо оптимальне значення чисельності НРМ виходячи при цьому з вимоги, щоб фактичний час очікування обслуговування контейнера у черзі не перевищувало заданого розрахункового часу. Уведемо величину W , що представляє сумарну ймовірність того, що всі НРМ зайняті обслуговуванням незалежно від наявності до кожного з них черги. Тоді, користуючись теоремою додавання ймовірностей, будемо мати

$$W = \sum_{i=n}^{n+m} p_i. \quad (3.8)$$

У теорії масового обслуговування доводиться: коли розподіл часу обслуговування підкоряється показовому закону, ймовірність того, що фактичний час очікування в черзі $t_{\text{факт}}$ може перевищити заздалегідь заданий розрахунковий час $t_{\text{розр}}$, визначається формулою

$$P(t_{\text{факт}} > t_{\text{розр}}) = W e^{-(nv-\lambda)t_{\text{розр}}}, \quad (3.9)$$

звідки

$$e^{(nv-\lambda)t_{\text{розр}}} = W / P(t_{\text{факт}} > t_{\text{розр}}), \quad (3.10)$$

або, логарифмуючи:

$$(nv-\lambda)t_{\text{розр}} = \ln(W / P(t_{\text{факт}} > t_{\text{розр}})). \quad (3.11)$$

Тоді необхідна кількість НРМ визначиться з умови:

$$n_{\text{опт}} = \frac{\lambda}{\nu} + \left(\frac{1}{t_{\text{розр}}} \ln(W / P(t_{\text{факт}} > t_{\text{розр}})) \right) / \nu \quad (3.12)$$

Виконав	Матченко В.В.			КРМ 275 22 ПЗ	Арк.
Перевірив	Кузьменко А.І.				61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

де λ - інтенсивність вхідного потоку контейнерів, що надходять, конт./хв;

ν - інтенсивність обслуговування контейнерів НРМ, конт./хв;

$t_{\text{розр}}$ - розрахунковий максимальний час очікування обслуговування контейнеру у черзі, хв;

W - імовірність того, що всі НРМ на вантажному терміналі зайняті обслуговуванням;

$P(t_{\text{факт}} > t_{\text{розр}})$ - імовірність того, що фактичний час очікування контейнером у черзі зможе перевищити розрахунковий час очікування

При розрахунку оптимальної кількості НРМ інтенсивність вхідного потоку, і інтенсивність обслуговування контейнерів визначаються по формулах, наведених вище. Значення розрахункових величин $t_{\text{розр}}$, W , $P(t_{\text{факт}} > t_{\text{розр}})$ задаються виходячи з безпосередніх умов технології наземного обслуговування вантажів.

3.2 Розрахунок багатоканальної СМО

У даній кваліфікаційній роботі магістра прийнято, що в аеропорту ім. Шопена під час завантаження-розвантаження контейнерів у повітряне судно задіяні три навантажувально-розвантажувальні механізми. Але з початком війни в Україні, небо було закрито для цивільної авіації, і вантажні перевезення за участю авіаційного транспорту Україна здійснює через аеропорти західних країн, у тому числі й Польщі.

Таким чином, значно збільшилось навантаження на аеропорти цих країн. Вони потребують посилення техніки для наземного обслуговування. Тож пропонується на рівні з існуючим варіантом (трьохканальною СМО) також прорахувати для порівняння чотирьох- та п'ятиканальні СМО, маючи на увазі, що варто збільшити кількість НРМ до чотирьох або до п'яти. При цьому капітальними витратами ми нехтуємо, вважаючи, що додаткові НРМ не купляються, а перекидаються з менш напружених ділянок.

Для українських логістичних операторів така технологія буде корисною, адже завдяки їй зменшаться прості автомобільних транспортних засобі у

Виконав	Матченко В.В.								Арк.
Перевірив	Кузьменко А.І.								62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

пункті взаємодії з авіаційним. Далі виконаємо необхідні розрахунки. Ще раз зважимо на те, що багатоканальна система масового обслуговування – це система, в якій є три (чотири, або п'ять у нашому випадку) незалежні черги (канали) для обслуговування заявок. Така система може бути описана за допомогою марківських процесів (системи з народженнями та смертями).

Основні припущення [31, 32]:

1. Заявки надходять за потоком Пуассона з інтенсивністю λ (кількість заявок за одиницю часу).
2. Час обслуговування в кожному каналі має експоненціальний розподіл з інтенсивністю μ (середня кількість обслугованих заявок за одиницю часу).
3. Система з необмеженою чергою або обмеженою довжиною черги N . Ймовірність того, що в системі знаходиться n заявок позначимо як P_n .

Розрахунок трьохканальної, чотирьохканальної та п'ятиканальної систем масового обслуговування при $\lambda=20$ контейнерів в годину, $\mu=0,33$ год. (згідно завдання) наведений нижче у вигляді таблиць 3.1 – 3.5.

Таблиця 3.1 – Коефіцієнт завантаження (ρ)

Розрахункова формула	$\rho = \frac{\lambda}{C \cdot \mu^{-1}}$ де C – кількість каналів; μ^{-1} – інтенсивність обслуговування ($1/0.33 \approx 3.03$)
Трьохканальна СМО	$\rho = \frac{20}{3 \cdot 3.03} \approx \frac{20}{9.09} \approx 2.20$
Чотирьохканальна СМО	$\rho = \frac{20}{4 \cdot 3.03} = \frac{20}{12.12} \approx 1.65$
П'ятиканальна СМО	$\rho = \frac{20}{5 \cdot 3.03} = \frac{20}{15.15} \approx 1.32$

Таблиця 3.2 – Ймовірність простою системи (P_0)

Розрахункова формула	$P_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^{C-1} \frac{(\lambda/\mu)^n}{n!} + \frac{(\lambda/\mu)^C}{C!(1-\rho/C)}}$
Трьохканальна СМО	$a = \frac{\lambda}{\mu} = 20 \cdot 0.33 = 6.6$ $P_0 = \frac{1}{\frac{6.6^0}{0!} + \frac{6.6^1}{1!} + \frac{6.6^2}{2!} + \frac{6.6^3}{3!(1-2.2/3)}}$ $P_0 \approx 0.0048 \quad (0.48\%)$
Чотирьохканальна СМО	$a = \frac{\lambda}{\mu} = 20 \cdot 0.33 = 6.6$ $P_0 = \frac{1}{\frac{6.6^0}{0!} + \frac{6.6^1}{1!} + \frac{6.6^2}{2!} + \frac{6.6^3}{3!} + \frac{6.6^4}{4!(1-\frac{1.65}{4})}}$ $P_0 \approx 0.0215 \quad (2.15\%)$
П'ятиканальна СМО	$a = \frac{\lambda}{\mu} = 20 \cdot 0.33 = 6.6$ $P_0 = \frac{1}{\frac{6.6^0}{0!} + \frac{6.6^1}{1!} + \frac{6.6^2}{2!} + \frac{6.6^3}{3!} + \frac{6.6^4}{4!} + \frac{6.6^5}{5!(1-\frac{1.32}{5})}}$ $P_0 \approx 0.0614 \quad (6.14\%)$

Таблиця 3.3 – Ймовірність відмови (P_C)

Розрахункова формула	$P_C = P_0 \cdot \frac{(\lambda/\mu)^C}{C!} \cdot \frac{\rho/C}{1 - \rho/C}$
Трьохканальна СМО	$P_3 = 0.0048 \cdot \frac{6.6^3}{3!} \cdot \frac{2.2/3}{1 - 2.2/3}$ $P_3 \approx 0.6303 \quad (63.03\%)$
Чотирьохканальна СМО	$P_4 = 0.0215 \cdot \frac{6.6^4}{4!} \cdot \frac{1.65/4}{1 - 1.65/4}$ $P_4 \approx 0.2074 \quad (20.74\%)$
П'ятиканальна СМО	$P_5 = 0.0614 \cdot \frac{6.6^5}{5!} \cdot \frac{1.32/5}{1 - 1.32/5}$ $P_5 \approx 0.0827 \quad (8.27\%)$

Таблиця 3.4 – Середня кількість заявок у системі (L)

Розрахункова формула	$L = \frac{\rho}{1 - \frac{\rho}{C}}$
Трьохканальна СМО	$L = \frac{2.2}{1 - \frac{2.2}{3}}$ $L \approx 8.25$
Чотирьохканальна СМО	$L = \frac{1.65}{1 - \frac{1.65}{4}}$ $L \approx 2.44$
П'ятиканальна СМО	$L = \frac{1.32}{1 - \frac{1.32}{5}}$ $L \approx 1.53$

Виконав	Матченко В.В.								Арк.
Перевірив	Кузьменко А.І.								65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

КРМ 275 22 ПЗ

Таблиця 3.5 – Середній час перебування заявки в системі (W)

Розрахункова формула	$W = \frac{L}{\lambda}$
Трьохканальна СМО	$W = \frac{8.25}{20}$ $W \approx 0.4125$ (години) $\approx 24,8$ хвилини
Чотирьохканальна СМО	$W = \frac{2.44}{20}$ $W \approx 0.122$ (години) ≈ 7.3 хвилин
П'ятиканальна СМО	$W = \frac{1.53}{20}$ $W \approx 0.0765$ (години) ≈ 4.6 хвилин

На рисунках 3.1 – 3.5 показані порівняльні діаграми з результатами отриманих розрахунків.

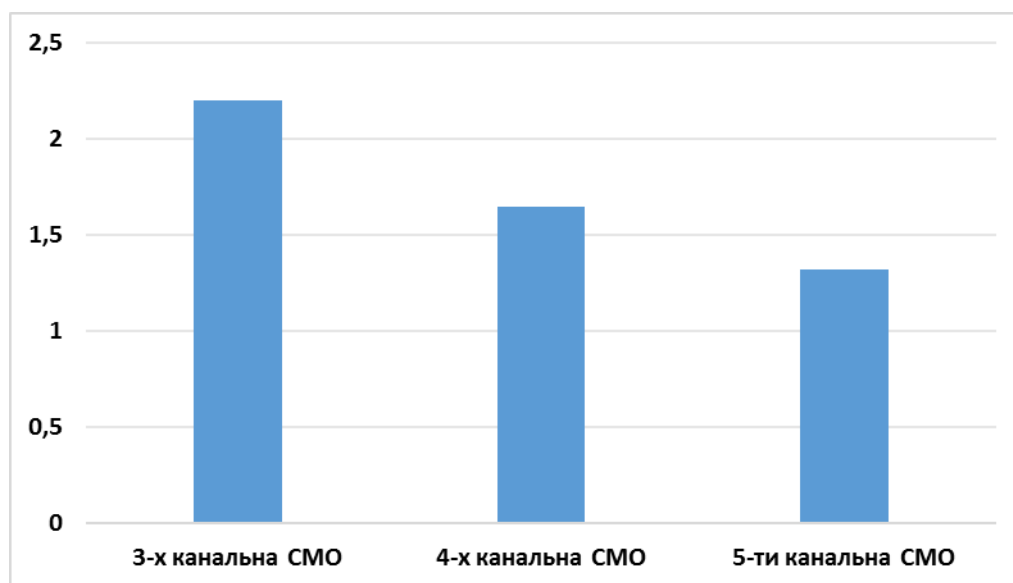


Рисунок 3.3 – Порівняння коефіцієнтів завантаження (ρ) для 3-х, 4-х та 5-ти канальної СМО

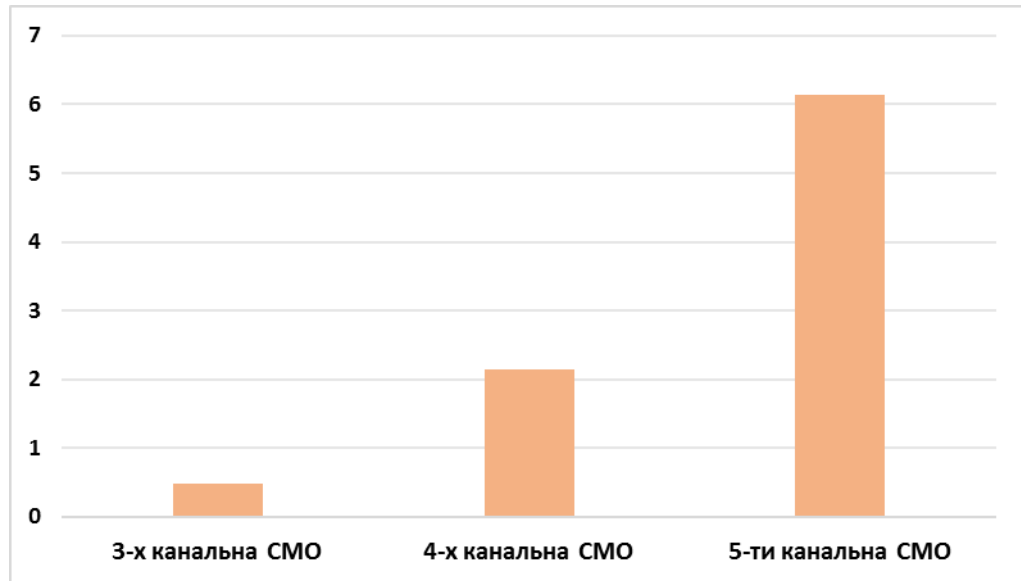


Рисунок 3.4 – Порівняння ймовірностей простою системи (P_0) для 3-х, 4-х та 5-ти канальної СМО, %

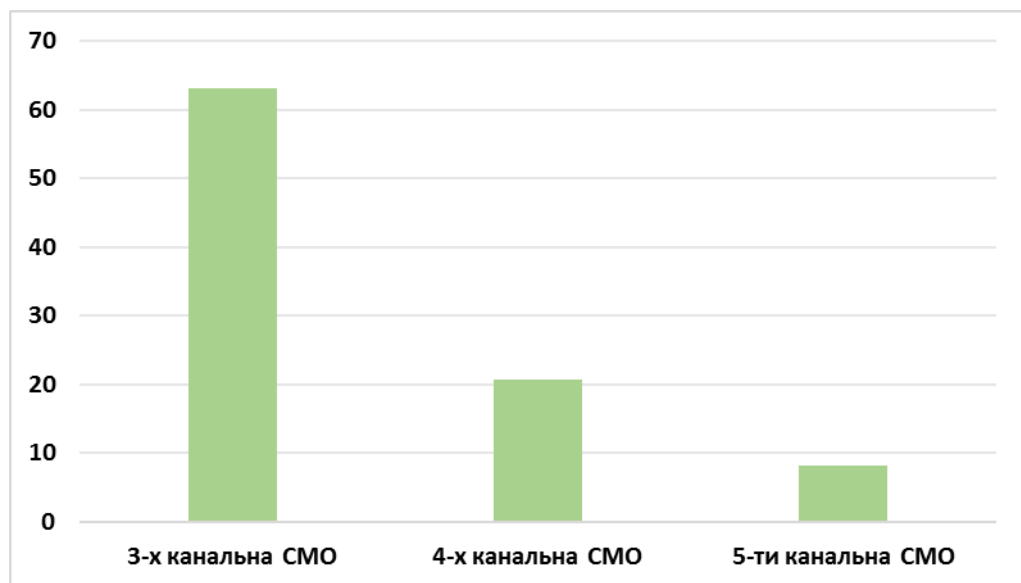


Рисунок 3.5 – Порівняння ймовірностей відмови (P_c) для 3-х, 4-х та 5-ти канальної СМО, %

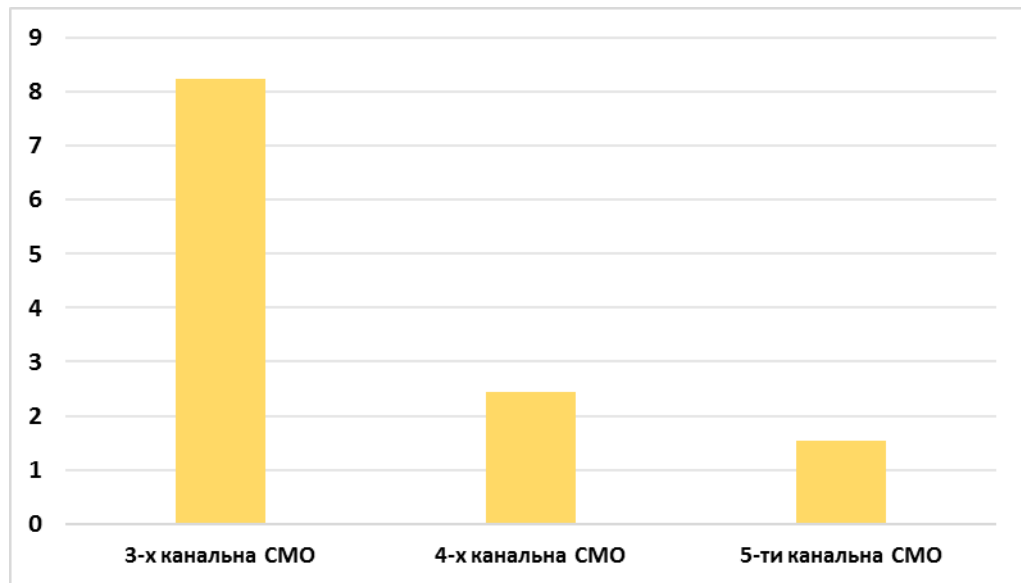


Рисунок 3.6 – Порівняння середньої кількості заявок у системі (L) для 3-х, 4-х та 5-ти канальної СМО, %

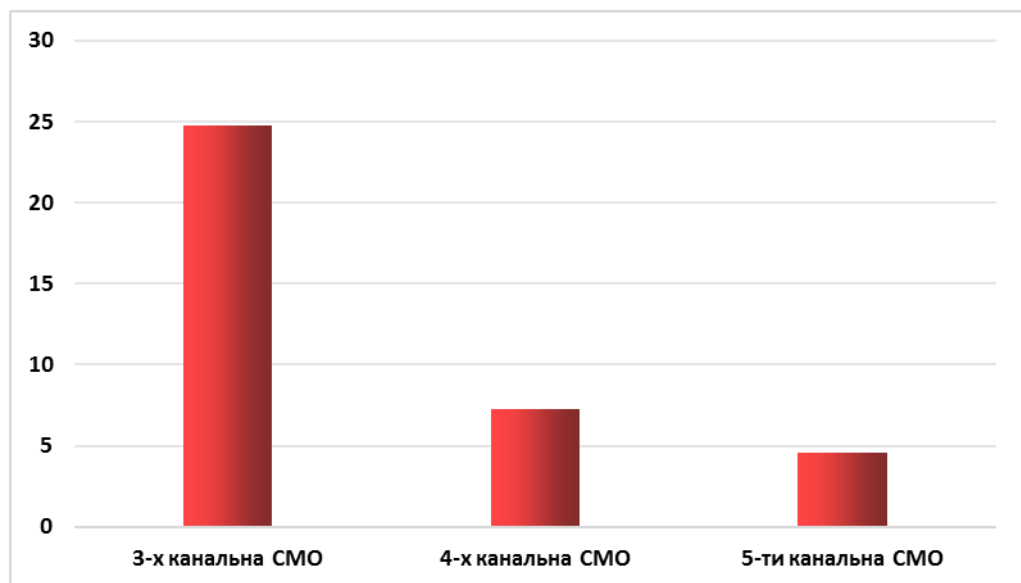


Рисунок 3.7 – Порівняння середнього часу перебування заявки в системі (W) для 3-х, 4-х та 5-ти канальної СМО

Виконав	Матченко В.В.			КРМ 275 22 ПЗ	Арк.
Перевірив	Кузьменко А.І.				68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

Висновки по розрахунках 3-х каналної СМО:

Ймовірність простою (P_0): 0.48% — система рідко простоює.

Ймовірність відмови (P_3): 63.03% — висока ймовірність зайнятості всіх каналів.

Середня кількість заявок у системі (L): 8.25 заявок — може утворюватися черга.

Середній час перебування (W): 0.41 години (≈ 25 хвилин).

Рекомендації по 3-х каналній СМО:

1. Додати більше каналів для обслуговування ($C > 3$).
2. Зменшити середній час обслуговування (μ) для підвищення продуктивності.

Висновки по розрахунках 4-х каналної СМО:

Ймовірність простою (P_0): 2.15% — система простоює рідко.

Ймовірність відмови (P_4): 20.74% — імовірність зайнятості всіх каналів зменшилася порівняно з трьохканальною системою

Середня кількість заявок у системі (L): 2.44 заявки — суттєво менша черга.

Середній час перебування (W): 0.122 години (≈ 7.3 хвилин) — набагато менший час очікування.

Рекомендації по 4-х каналній СМО: чотиріканальна система значно знижує середній час перебування заявки в системі порівняно з трьохканальною. Якщо потрібно ще більше знизити ймовірність відмови, можна розглянути додавання п'ятого каналу.

Висновки по розрахунках 5-ти каналної СМО:

Ймовірність простою (P_0): 6.14% — система частіше простоює порівняно з меншою кількістю каналів.

Ймовірність відмови (P_5): 8.27% — значно менша ймовірність відмови порівняно з 4-х каналною системою.

Середня кількість заявок у системі (L): 1.53 заявки — практично немає черг.

Виконав	Матченко В.В.			КРМ 275 22 ПЗ	Арк.
Перевірив	Кузьменко А.І.				69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Середній час перебування (W): 4.6 хвилин — дуже короткий час обслуговування.

Рекомендації по 5-ти каналній СМО: п'ятиканальна система показує хороші результати за всіма параметрами, зменшуючи час очікування і мінімізуючи черги. Якщо необхідно ще більше знизити відмови, можна розглянути додавання шостого каналу.

Зважаючи на технологічні особливості та технічне оснащення вантажного терміналу в аеропорту ім Ф. Шопена, вважатимемо, що 5 – достатня кількість каналів (навантажувально-розвантажувальних механізмів).

Дана кількість НРМ також підтверджена розрахунками наступного роздлу.

Виконав	Матченко В.В.			<i>КРМ 275 22 ПЗ</i>	Арк.
Перевірив	Кузьменко А.І.				70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

4 РОЗРАХУНОК ОПТИМАЛЬНОЇ ЧИСЕЛЬНОСТІ НАВАНТАЖУВАЛЬНО-РОЗВАНТАЖУВАЛЬНИХ МЕХАНІЗМІВ

4.1 Розрахунок кількості та продуктивності НРМ

Розрахунок оптимальної чисельності засобів перонної механізації, що забезпечує своєчасне наземне обслуговування повітряного транспорту, виконується виходячи з обсягів роботи аеропорту з повітряних перевезень, типу літаків, які обслуговуються, і інтенсивності повітряного руху в період пікового навантаження доби найбільш напруженого місяця роботи аеропорту.

Розрахунок оптимальної чисельності різних засобів перонної механізації в аеропорті виконується за формулою [33]

$$N_{opt} = \frac{z_{заг} k_{обсл} k_c T_{ц} m}{60 T_{доб} k_{Т.Г}}, \quad (4.1)$$

де $z_{заг}$ - число літако-вильотів у добу для місяця з найбільшою інтенсивністю повітряного руху;

$k_{обсл}$ - коефіцієнт обслуговування літаків;

$k_{с.н}$ - коефіцієнт добової нерівномірності повітряного руху;

$T_{ц}$ - тривалість одного циклу роботи машини (хв);

m - число однотипних машин, що одночасно беруть участь в обслуговуванні одного літака;

$T_{доб}$ - необхідна тривалість роботи машини в аеропорті протягом доби, год;

$k_{Т.Г}$ - коефіцієнт технічної готовності машини.

Розрахунок оптимальної чисельності виконується роздільно для кожного типу засобів перонної механізації, використовуваних при обслуговуванні різних типів літаків, що базуються в аеропорті.

Для завантаження літаків контейнерами використовується спеціалізована наземна техніка, яка забезпечує безпечне та ефективне переміщення вантажів між терміналом та повітряним судном. Основними видами такої техніки є:

Виконав	Матченко В.В.								Арк.
Перевірив	Кузьменко А.І.								71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

1) Контейнерні навантажувачі (High Loaders). Вони призначені для підйому та завантаження контейнерів або палет у вантажні відсіки літаків. Обладнані платформами, які можуть підійматися на різну висоту, залежно від типу літака. Прикладом є аеропортовий пересувний конвеєр АПК 5500, який дозволяє легко та ефективно здійснювати завантаження та розвантаження багажу у вантажний відсік літака.

2) Вилкові навантажувачі, які використовуються для завантаження та розвантаження авіаційних вантажних контейнерів та палет. Наприклад, під час випробувань літака Ан-178 використовувався вилковий навантажувач вантажопідйомністю 7 тонн, обладнаний роликівими подовжувачами вил, для завантаження контейнерів стандарту NAS 3610 та палет різних розмірів.

3) Транспортери контейнерів і палет, які розроблені як мобільні ножичні підйомники або підйомники з двома платформами, які відповідають розмірам повітряного судна і полегшують роботу з вантажобагажем, відправленнями в контейнерах і на палетах.

4) Буксирувальні тягачі (Tow Tractors), що призначені для транспортування контейнерів між складом та літаком за допомогою причепів. Оснащені потужними двигунами для буксирування важких вантажів.

5) Роликові транспортери (Rollerbed Trucks). Вони використовуються для переміщення контейнерів на території аеропорту. Оснащені роликовими платформами для спрощення вантажно-розвантажувальних робіт.

6) Складська техніка, до якої належать підйомні візки (Pallet Dollies), що спрощують транспортування контейнерів; стаціонарні конвеєрні системи для переміщення вантажів усередині терміналів та вантажні платформи (Cargo Loaders), які можуть одночасно обробляти кілька контейнерів. Деякі моделі мають функцію автоматичного вирівнювання контейнерів під час завантаження.

7) Роботизовані системи. Сучасні аеропорти впроваджують роботизовані платформи для транспортування вантажів, що значно підвищує ефективність роботи.

Виконав	Матченко В.В.			КРМ 275 22 ПЗ	Арк.
Перевірив	Кузьменко А.І.				72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

Ця техніка розроблена з урахуванням стандартів ІАТА (Міжнародна асоціація повітряного транспорту) для забезпечення швидкої та безпечної роботи з вантажами.

У даній кваліфікаційній роботі магістра у якості НРМ розглядаються контейнерні навантажувачі (High Loader). Вони використовуються для підйому і завантаження контейнерів або палет у вантажні відсіки літаків. Обладнані платформами, які можуть підійматися на висоту від 1 до 5 метрів (залежно від моделі). Розрахунки виконуються для моделей Trepel CHAMP 140 (див. рис. 4.1) та TLD 929 (див. рис. 4.2).



Рисунок 4.1 – Контейнерний навантажувач Trepel CHAMP 140 [34]

Виконав	Матченко В.В.								Арк.
Перевірив	Кузьменко А.І.								73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

КРМ 275 22 ПЗ



Рисунок 4.2 – Контейнерний навантажувач TLD 929 [35]

Особливості даних контейнерних навантажувачів полягають у тому, що вони мають систему конвеєрних роликів для швидкого переміщення контейнерів, а також здатні обслуговувати різні типи літаків: від вузькофюзеляжних до широкофюзеляжних.

Нижче наведені характеристики моделей контейнерних навантажувачів Trepel CHAMP 140 та TLD 929.

1. Trepel CHAMP 140 [34]:

Вантажопідйомність: до 14 000 кг.

Максимальна довжина вантажу: до 20 футів.

Висота завантаження/розвантаження: передня платформа – від 1 900 до 5 600 мм; головна платформа – від 485 до 5 600 мм.

Розміри: довжина 11 300 мм, ширина 4 400 мм, висота 3 200 мм.

Власна вага: 26 500 кг.

Виконав	Матченко В.В.								Арк.
Перевірив	Кузьменко А.І.								74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Радіус повороту: 13 000 мм.

Максимальна швидкість: 15 км/год.

Двигун: Deutz TCD2012 L04, потужністю 103 кВт (138 к.с.).

Особливості: поєднує переваги навантажувача для нижньої та основної палуб із високою надійністю; завдяки системі задніх коліс легко та безпечно маневрує.

2. TREPЕL TLD 929 [35]:

Вантажопідйомність: модель 929 – до 15 000 кг; модель 929-S – до 20 000 кг.

Сумісність із дверима літаків: 178 см (70"), 254 см (100") та 356 см (140").

Обслуговувані літаки: нижні відсіки моделей 747, 757, 767, 777, 787, DC-10, MD-11, L-1011, A300, A310, A320, A330, A340, A350, A380.

Особливості: самохідний навантажувач із двома платформами на ножичних підйомниках; призначений для переміщення контейнерів та палет; відповідає світовим екологічним стандартам завдяки доступним двигунам T3, T4F та Stage 5.

Обидві моделі призначені для ефективного та безпечного завантаження/розвантаження вантажів різної маси та розмірів, забезпечуючи високу продуктивність в аеропортах (див. рис. 4.3).

Загальне число літако-вильотів у добу місяця «пік» береться безпосередньо з розкладу повітряного руху. Перехід до загальної чисельності літаків, що обслуговують, як на “виліт”, так і на “приліт” в аеропорті протягом доби, виконується за допомогою коефіцієнта обслуговування, що обчислюється за формулою [33]

$$k_{\text{обсл}} = 1 + z_{\text{перш}} / z_{\text{заг}}, \quad (4.2)$$

де $z_{\text{перш}}$ - число перших літако-вильотів у добу місяця «пік».

Виконав	Матченко В.В.								Арк.
Перевірив	Кузьменко А.І.								75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

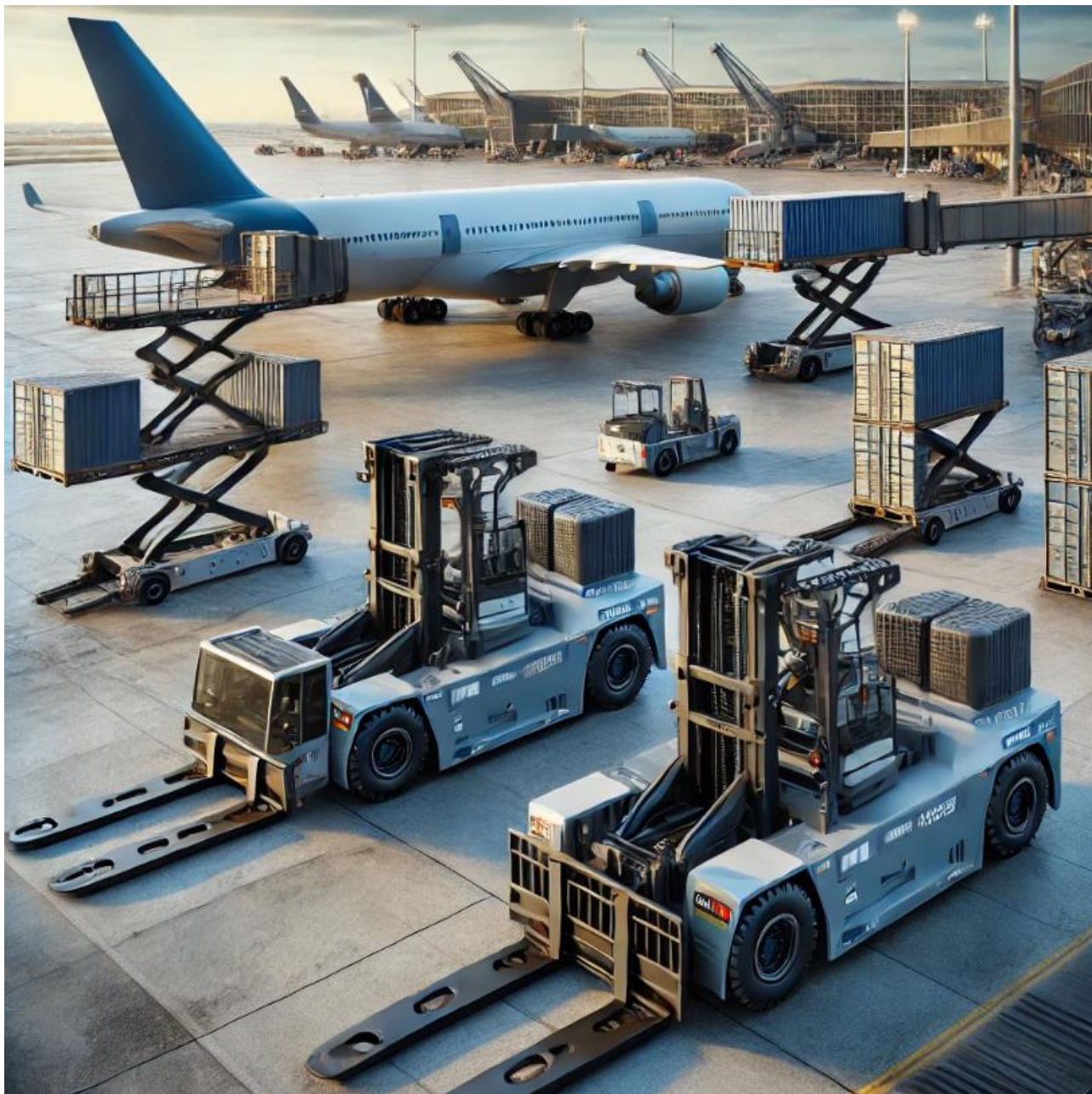


Рисунок 4.3 – Контейнерні навантажувачі моделей Terpel CHAMP 140 і TLD 929 під час завантаження контейнерів на літаки

Перехід від загального числа літако-вильотів у добу до конкретної інтенсивності повітряного руху протягом періоду «пік» роботи аеропорту ім. Ф. Шопена здійснюється за допомогою коефіцієнта добової нерівномірності (табл. 4.1). Для проміжних значень загальної чисельності що вилітають і прилітають літаків відповідні значення коефіцієнта добової нерівномірності знаходяться шляхом інтерполяції. Тривалість робочого циклу засобів механізації

Виконав	Матченко В.В.			КРМ 275 22 ПЗ	Арк.
Перевірив	Кузьменко А.І.				76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

визначається на підставі нормативної карти, що складається за даними хронометражу [33].

Таблиця 4.1 – Коефіцієнта добової нерівномірності [33]

Число літаків, що вилітають і прилітають протягом доби місяця «пik»	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
Значення коефіцієнта добової нерівномірності	5,0	3,4	3,0	2,8	2,6	2,4	2,3	2,2	2,1	2,0

Розрахунковий коефіцієнт технічної готовності засобів механізації береться за нормативним даними. Для машин із двигунами внутрішнього згоряння значення коефіцієнта технічної готовності становить 0,85. Для засобів механізації, постачених електродвигунами, значення коефіцієнта технічної готовності приймається рівним 0,70. Необхідна тривалість добової роботи машини в аеропорті визначається тривалістю функціонування аеропорту ім. Ф. Шопена протягом доби.

У даній кваліфікаційній роботі магістра будемо вважати, що аеропорт ім. Ф. Шопена приймає та відправляє вантажі повітряними суднами Boeing 767. Загальне число літако-вильотів у добу $z_{заг} = 100$, у тому числі кількість первісних літако-вильотів $z_{перв} = 80$. Аеропорт відкритий протягом 20 год у добу. Середня відстань від місця стоянки засобів перонної механізації до стоянок літаків $L = 250$ м. Визначимо необхідне число контейнерних навантажувачів для контейнерів типу LD3 [33].

Значення коефіцієнта обслуговування літаків визначаємо буде наступним:

$$k_{обсл} = 1 + 80 / 100 = 1,8.$$

Коефіцієнт добової нерівномірності повітряного руху $k_{с.н}$ для загального числа літаків що прилітають і вилітають у добу, $z_{заг} = 80 * 2 + 20 = 180$, становить за табличними даними таблиці 4.1.

Виконав	Матченко В.В.									Арк.
Перевірив	Кузьменко А.І.									77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Тривалість робочого циклу для контейнерних навантажувачів визначається з нормативної карти (табл. 4.2).

Таблиця 4.2 – Тривалість робочого циклу контейнерних навантажувачів [33]

Операції	Параметри розрахунку	Тривалість операції, хв			
		Основний час	Підготовчо-заключний	Допоміжний	Всього
Транспортування від місця стоянки до літака	$L = 250$ м $V_{cp} = 250$ м/хв			1	1
Установка в робоче положення й під'їзд до літака	Відповідно до інструкції з експлуатації автотранспортеру	—	1	—	1
Завантаження або розвантаження багажників літаків Ту-134, Ту-104Б, Ту-115 та Іл-18У	Середня чисельність місць багажу для одного літака при $k_{с.н} = 0,9$ складає 99 місць Середня тривалість завантаження одного місця по даним хронометража - 5 с	8	—	—	8
Маневрування між багажниками	Відповідно до інструкції	—	—	1	1
Від'їзд від літака і установка в транспортне положення	Відповідно до інструкції	—	1	—	1
Транспортування до місця стоянки	Те ж, див. п. 1	—	—	1	1
Усього		8	2	3	13

Необхідне число контейнерних навантажувачів буде наступним:

Виконав	Матченко В.В.			<i>KPM 275 22 ПЗ</i>	Арк.
Перевірив	Кузьменко А.І.				78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

$$N_{\text{онт}} = \frac{100 * 1,8 * 2,1 * 13 * 1}{60 * 20 * 0,85} = 4,8 \approx 5 \text{ машин.}$$

Дане значення відповідає дослідженням, виконаним у третьому розділі даної кваліфікаційної роботи магістра.

Розрахунок продуктивності засобів механізації, зайнятих виконанням різних локальних транспортних або вантажно-розвантажувальних процесів, виконується, як правило, на підставі логічних формул, що включають параметри, обумовлені безпосереднім хронометражем виконуваних процесів.

Продуктивність машин, що виконують транспортні або вантажно-розвантажувальні операції: автомобілів з піднімальним кузовом, автоліфтів, автотранспортерів, контейнерних навантажувачів та інших засобів механізації, розраховується за формулою [33]:

$$P = G z_{p.ц} k_{\text{вант}} k_{\text{час}}, \quad (4.3)$$

де G - вантажопідйомність машини, (кг);

$z_{p.ц}$ - число робочих циклів протягом однієї години роботи;

$k_{\text{вант}}$ - коефіцієнт використання вантажопідйомності машини;

$k_{\text{час}}$ - коефіцієнт внутрішньогодинного використання машини за часом.

Число робочих циклів протягом однієї години роботи машини визначається за формулою [33]:

$$z_{p.ц} = 3600 / T_{ц}, \quad (4.4)$$

де $T_{ц}$ - тривалість робочого циклу, с.

Тривалість робочого циклу визначається, виходячи із тривалості окремих операцій, що становлять цикл роботи:

$$T_{ц} = \sum_{i=1}^n t_i. \quad (4.5)$$

Виконав	Матченко В.В.			КРМ 275 22 ПЗ	Арк.
Перевірив	Кузьменко А.І.				79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

Склад робочих операцій і їхня конкретна тривалість для різних засобів механізації й місцевих умов роботи визначаються безпосередньо в аеропорті на підставі технологічної карти процесу обслуговування й даних хронометражу.

Так, наприклад, розрахунок тривалості робочого циклу контейнерного навантажувача виконується за формулою [33]:

$$T_u = t_1 + t_2 + t_3 + nt_4 + t_5 + (n-1)t_6 + nt_7 + t_8, \quad (4.6)$$

де t_1 - час установки контейнерного навантажувача в положення завантаження в цеху бортового живлення, с;

t_2 - тривалість завантаження контейнерного навантажувача контейнерами з бортовим живленням, с;

t_3 - час на переміщення контейнерного навантажувача від цеху бортового живлення до першого з літаків, що обслуговують, с;

t_4 - час на установку контейнерного навантажувача в положення розвантаження в літака, с;

t_5 - сумарний час на навантаження контейнерів з бортовим живленням у кабіни літаків, що обслуговують протягом одного циклу, с;

t_6 - час на маневрування контейнерного навантажувача між літаками, с;

t_7 - час на установку контейнерного навантажувача в транспортне положення, с;

t_8 - час на холосте переміщення контейнерного навантажувача до цеху бортового живлення, с;

n - кількість літаків, що обслуговують протягом одного робочого циклу.

Тривалість установки контейнерного навантажувача робоче або транспортне положення становить для експлуатованих типів машин близько 60 с. Час, необхідний на завантаження контейнерів на контейнерний навантажувач, а також з контейнерного навантажувача в літак, становить в середньому близько 40 з на один контейнер. Час на маневрування контейнерного навантажувача між обслуговуючими літаками залежить від

Виконав	Матченко В.В.			КРМ 275 22 ПЗ	Арк.
Перевірив	Кузьменко А.І.				80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

їхнього розташування на пероні й в середньому не перевищує 60 с на маневрування між парою літаків [33].

Для аеропорту ім. Ф. Шопена виконано розрахунок експлуатаційної продуктивності контейнерного навантажувача вантажопідйомністю 2,5 т при обслуговуванні літаків Боїнг-747 та Боїнг-767. Одночасно проводиться комплектування трьох рейсів. Число контейнерів, що завантажують у літаки - 60, загальна вага їх - 1750 кг. Відстань від цеху бортового живлення до стоянки літаків 500 м. Значення коефіцієнта внутрішньогодинного використання контейнерного навантажувача $k_{gp}=0,9$ [33].

Тривалість робочого циклу контейнерного навантажувача для заданих умов складає:

$$T_{\text{ц}} = 60 + 40 \cdot 60 + 500/40 + 3 \cdot 60 + 40 \cdot 60 + 2 \cdot 60 + 3 \cdot 60 + 500/4 = 5590 \text{ с.}$$

Число робочих циклів контейнерного навантажувача протягом однієї години складе:

$$z_{p.ц} = 3600 / 5590 = 0,65.$$

Коефіцієнт використання вантажопідйомності контейнерного навантажувача становить:

$$k_{\text{вант}} = 1750 / 2500 = 0,7.$$

Тоді експлуатаційна годинна продуктивність контейнерного навантажувача становитиме:

$$P = 2500 \cdot 0,65 \cdot 0,7 \cdot 0,9 = 1024 \text{ кг/год.}$$

4.2 Розрахунок вартості міжнародного перевезення вантажів

Оскільки ми розглядаємо змішане автомобільно-авіаційне перевезення, буде доцільним виконати приблизний розрахунок підвезення вантажів автомобільним транспортом з України до м. Варшава (Польща), де розташований аеропорт, з метою його подальшого завантаження в авіаційний контейнер та подальшої відправки повітряним судном.

Автомобільний транспорт: Вартість перевезення розраховується на основі кількох параметрів [36]:

Виконав	Матченко В.В.								Арк.
Перевірив	Кузьменко А.І.								81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

KPM 275 22 ПЗ

Тип транспорту: стандартна тентована вантажівка або рефрижератор, автоцистерна стандартна або автоцистерна з автономним підігрівом у дорозі.

Тип вантажу: небезпечний або безпечний, наливний або упакований.

Відстань: Основний фактор, що впливає на вартість.

Вага та об'єм вантажу: Важливо враховувати як фактичну вагу, так і об'ємну.

Додаткові збори: Платежі за використання автобанів або мостів.

Приблизний розрахунок. Для прикладу розглянемо перевезення стандартного вантажу автомобільним транспортом з України до Польщі [36]:

1. Вага та обсяг вантажу: 2000 кг, об'ємна вага - 2 м³.
2. Відстань: 2000 км.
3. Базова ставка: 1,2 євро/км.
4. Додаткові збори: Оформлення EX1 і EUR.1: 200 євро. Страхування: 50 євро.

Підсумкова вартість:

- Базова вартість: $2000 \text{ км} \times 1,2 \text{ євро/км} = 2400 \text{ євро}$.
- Додаткові збори: $200 + 50 = 250 \text{ євро}$.
- Загальна вартість: $2400 + 250 = 2650 \text{ євро}$.

Повітряний транспорт: Найшвидший, але також і найдорожчий спосіб перевезення:

Вага: Основний параметр для розрахунку вартості, зокрема враховується як фактична, так і об'ємна вага (за формулою: $(\text{Довжина} \times \text{Ширина} \times \text{Висота}) / 6000$).

Швидкість доставки: Вартість може значно зрости за необхідності експрес-доставки.

Додаткові збори: Включають оплату за забезпечення безпеки, паливні збори та витрати на вантажно-розвантажувальні роботи в аеропортах [36].

Тарифи і збори за перевезення вантажу, які застосовуються авіаперевізником, оприлюднюються авіаперевізником або від його імені і чинні на день видачі авіаційної вантажної накладної [37].

Виконав	Матченко В.В.								Арк.
Перевірив	Кузьменко А.І.								82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Багато авіаперевізників застосовують фіксований тариф. Він становить приблизно 9,75 \$/кг [38].

При наземній обробці, завантаженні або вивантаженні вантажу на кожен рейс оформлюється інструкція / звіт про завантаження (Loading Instruction / Report), яка містить схему вантажних відсіків повітряного судна, інформацію про розміщення завантаження - в пункті відправлення, інформацію про контрольне звіряння при виконанні розвантаження попередньо розміщеного вантажу в пункті призначення, інформацію про наявність спеціального вантажу (небезпечного, важкого, негабаритного, швидкопсувного, живих тварин і таке інше) та в якій зазначаються зміни у попередньому розміщенні завантаження. Також в інструкції / звіті про завантаження вказуються коди завантаження, загальна вага завантаження в контейнері / на палеті / розсипом та код пункту призначення [37].

На підставі даних інструкції / звіту про завантаження відповідно до Cargo-IMP формується стандартне повідомлення про розміщення контейнерів, палет і вантажу розсипом на повітряному судні. Інструкція / звіт про завантаження заповнюється в двох примірниках: один - для аеропорту відправлення, другий - для пункту призначення [37].

Розрахунок вартості міжнародного перевезення вимагає комплексного підходу і врахування безлічі чинників, від характеристик вантажу до маршруту і митних вимог [36]. Кожен із цих аспектів може істотно впливати на загальні витрати і якість перевезення, тому важливо підходити до процесу з належною ретельністю та увагою.

Виконав	Матченко В.В.			КРМ 275 22 ПЗ	Арк.
Перевірив	Кузьменко А.І.				83
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

ВИСНОВКИ

Метою кваліфікаційної роботи магістра було розв'язання складної проблеми у галузі транспортних технологій, присвяченої удосконаленню змішаних авіаційно-автомобільних перевезень за рахунок зменшення часу перевалки вантажів з одного виду транспорту на інший на підставі проведення досліджень, які характеризуються невизначеністю умов і вимог.

В ході роботи виконано наступний обсяг робіт.

1. Виконано аналіз статистичних даних та наукових праць з організації контейнерних перевезень за участю авіаційного транспорту. Аналіз послуг вантажних перевезень авіаційним транспортом показав, що обсяги перевезень вантажів зменшились порівняно з 2021 роком на 21,7%. Найбільша питома вага неперевезення вантажів стосується регулярних рейсів – 87,7%, що пояснюється закриттям повітряного простору України для цивільних рейсів. Структура авіаперевезень при цьому не зазнала кардинальних змін – експорт вантажів склав близько 20%, а імпорт 80%, як і в довоєнні часи. Щоправда, чимало логістичних компаній скоротили об'єми авіаперевезень та не мають достатніх можливостей для транспортування певних категорій авіавантажів. Лише глобальні логістичні оператори, які мають прямі контракти з авіалініями, доступ до розширеної мережі аеропортів, регулярне міжнародне сполучення в будь-яку точку світу, власні європейські хаби та представництва в країнах призначення, здатні забезпечити безперебійну доставку як імпортних, так і експортних авіавантажів.

2. Побудовано математичну модель процесу обслуговування контейнерів на вантажному терміналі аеропорту. Для цього попередньо здійснено постановку завдання, описано методику визначення розрахункових параметрів, а також виконано огляд повітряних суден та авіаційних контейнерів. Організацію змішаних автомобільно-авіаційних перевезень між Україною та Америкою пропонується здійснювати через польський аеропорт ім. Шопена у Варшаві. Діяльність вантажного терміналу розглянуто як систему масового

Виконав	Матченко В.В.								Арк.
Перевірив	Кузьменко А.І.								84
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

обслуговування. Складено математичну модель процесу обслуговування контейнерів на вантажному терміналі аеропорту.

3. Виконано моделювання технологічних параметрів систем перевалки контейнерів в аеропорту з одного виду транспорту на інший для різної кількості каналів обслуговування (тобто, одиниць навантажувально-розвантажувальних механізмів). Розрахунки виконувались для одних й тих самих умов для 3-х, 4-х та 5-ти каналної СМО. За результатами кожного розрахунку надані рекомендації. Наприклад, п'ятиканальна система показує хороші результати за всіма параметрами, зменшуючи час очікування і мінімізуючи черги. Якщо необхідно ще більше знизити відмови, можна розглянути додавання шостого каналу. Зважаючи на технологічні особливості та технічне оснащення вантажного терміналу в аеропорту ім Ф. Шопена, вважатимемо, що 5 – достатня кількість каналів (навантажувально-розвантажувальних механізмів).

4. Розраховано оптимальну чисельність навантажувально-розвантажувальних механізмів. Виконані розрахунки підтвердили достатність п'яти контейнерних навантажувачів для виконання заданих обсягів роботи з перевалки вантажів з автомобільного транспорту на повітряний та зворотно. Для аеропорту ім. Ф. Шопена виконано розрахунок експлуатаційної продуктивності контейнерного навантажувача вантажопідйомністю 2,5 т при обслуговуванні літаків Боїнг-747 та Боїнг-767. Одночасно проводиться комплектування трьох рейсів. Число контейнерів, що завантажують у літаки - 60, загальна вага їх - 1750 кг.

Отже, в даній кваліфікаційній роботі магістра було проаналізовано основні елементи транспортно-логістичного ланцюжка доставки вантажів з Америки до України та зворотно через польський аеропорт ім. Ф. Шопена, якій може бути організований компанією Consolline, та розглянуто роботу вантажного терміналу аеропорту (об'єкт взаємодії автомобільного та авіаційного транспорту) як систему масового обслуговування з метою пошуку певних резервів часу для пришвидшення міжнародних перевезень вантажів у даному напрямку.

Виконав	Матченко В.В.			КРМ 275 22 ПЗ	Арк.
Перевірив	Кузьменко А.І.				85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Харченко М. В. Модель технологічних процесів наземного обслуговування й перевезень в аеропорту. *Глобальні та національні проблеми економіки*. Вип. 3. 2015. С. 461-465.

2. Тамаргазін О. А., Ліннік І. І. Керування процесом використання єдиного інформаційного поля забезпечення технологічних процесів в аеропорту. *Наукоємні технології*. № 4(44), 2019. С. 494-499. DOI: <https://doi.org/10.18372/2310-5461.44.14326>

3. Мединський Д. В. Оптимізація забезпечення технологічних процесів наземного обслуговування повітряних кораблів авіаційною наземною технікою для перешкодження збійних ситуацій в аеропорту. *Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки*. Том 32 (71). Ч. 2. № 1, 2021. С. 113-122. DOI: <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2021.1-2/19>

4. Кузьменко А. І., Білецька М. І., Матченко В. В. Організація змішаних автомобільно-авіаційних перевезень між Україною та Америкою через польський аеропорт. *Abstracts of XII International Scientific and Practical Conference. Antwerp, Brussels. 2024. Pp. 255-260. URL: <https://eu-conf.com/en/events/development-of-theories-and-methods-of-education-of-past-years/>*

5. Томчук О. Ф., Головченко Я. О. Аналітична оцінка послуг вантажних перевезень в умовах воєнного стану. *Облік і оподаткування. Економіка та суспільство*. Вип. 53. 2023. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-53-90>

6. Краснов О. Імпорт і експорт авіавантажів. Сучасні рішення в логістиці та дистрибуції. 2023. С. 13. <https://trademaster.ua/im/zhurnal/2778712.pdf>

7. Кількість перевезень українських компаній до Польщі у 2023 році зросла за рахунок імпорту палива та гуманітарних вантажів. URL: <http://agroconf.org/content/kilkist-perevezen-ukrayinskih-kompaniy-do-polshchi-u-2023-roci-zroslo-za-rahunok-importu>

Виконав	Матченко В.В.								Арк.
Перевірив	Кузьменко А.І.								86
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

8. Lotnisko Chopina: Rekordowe liczby pasażerów i cargo w lecie 2024. URL: <https://www.rynek-lotniczy.pl/wiadomosci/lotnisko-chopina-w-warszawie-rekordowe-lato-2024-22076.html>

9. Rekord odprawionego cargo na lotnisku w Warszawie. URL: <https://dlapilota.pl/wiadomosci/lotnisko-chopina/rekord-odprawionego-cargo-na-lotnisku-w-warszawie>

10. Державна служба статистики України. Стандартний звіт з якості державного статистичного спостереження «Діяльність підприємств авіаційного транспорту». Схвалено рішенням Комісії з питань удосконалення методології та звітної документації (протокол від 01.12.2023 № КПУМ/28/23). Київ, 2023. 37 с.

11. Кучма О. С. Раціоналізація систем організації комплексної механізації й автоматизації навантажувально-розвантажувальних робіт у пунктах сполучення авіаційного та інших видів транспорту. *Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки*. Том 35 (74). № 2, 2024. С. 298-303. DOI: <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2024.2/41>

12. Матвієнко-Біляєва Г. Л. Транспортна логістика на сучасних підприємствах. *Вісник Донецького національного університету економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського. Серія «Економіка»*. URL: <http://www.stationline.org.ua/ekonom/60/8134-transportna-logistika-na-suchasnixpidpriyemstvax.html>

13. О कोरोков А. М. Аналіз перспектив розвитку ринку контейнерних перевезень в Україні. *Збірник наукових праць ДНУЗТ ім. акад. В. Лазаряна. Серія «Транспортні системи та технології перевезень»*. 2015. Вип. 10. С. 98–104. URL: http://tsst.diit.edu.ua/article/viewFile/57075/pdf_70

14. Підлісний П. І., Паткевич Н. О., Цвєтов Ю. В. Роль контейнеризації змішаних вантажних перевезень у розвитку світової торгівлі. *Економічний форум*. 2016. № 3. С. 67–81. URL: http://www.irbis-nbu.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbu/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21RE

Виконав	Матченко В.В.								Арк.
Перевірив	Кузьменко А.І.								87
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

[F=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&2_S21P03=FILA=&2_S21STR=ecfor_2016_3_11](https://doi.org/10.18524/2413-9998.2018.1(38).135561)

15. Церковна А. В., Харламова В. В. Тенденції контейнерних перевезень в Україні. *Ринкова економіка: сучасна теорія і практика управління*. 2018. Том 17. Вип. 1. С. 129–143. URL: [https://doi.org/10.18524/2413-9998.2018.1\(38\).135561](https://doi.org/10.18524/2413-9998.2018.1(38).135561)

16. Офіційний сайт компанії Consolline. Наша історія. URL: <https://consolline.com.ua/pro-kompaniyu/>

17. Офіційний сайт компанії Consolline. Хендлінг: Що це таке і як замовити? URL: <https://consolline.com.ua/blog/khendlinh-shcho-tse-take-i-yak-zamovyty/>

18. Офіційний сайт компанії Consolline. Хендлінг в аеропорту Варшава. URL: <https://consolline.com.ua/handling/>

19. Методичні рекомендації до виконання індивідуальної роботи з дисципліни «Логістика» для студентів спеціальності 6.601, 6.504. Кривий Ріг: KEI, 2011. 32 с. URL: <https://studfile.net/preview/9852363/page:9/>

20. Повітряні судна, що використовуються для перевезення вантажів. URL: https://stud.com.ua/23464/logistika/povitryani_sudna_vikoristovuyutsya_perevezennya_vantazhiv

21. LD3 (Контейнер АKE). URL: [airsupplycn.com - LD3 Контейнер](https://airsupplycn.com)

22. LD6 (Контейнер ALF ULD). URL: [airsupplycn.com - LD6 Контейнер](https://airsupplycn.com)

23. LD8 (Контейнер DQF). URL: [airsupplycn.com - LD8 Контейнер](https://airsupplycn.com)

24. Піддон РМС/Р6Р (10-футовий плоский піддон із сіткою). URL: [airsupplycn.com - РМС/Р6Р Піддон](https://airsupplycn.com)

25. LD2 (Контейнер DPE). URL: [airsupplycn.com - LD2 Контейнер](https://airsupplycn.com)

26. Авіаційні засоби пакування. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%B2%D0%B8%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D1%81%D1%80%D0%B5%D0%B4%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE_%D0%BF%D0%B0%D0%BA

Виконав	Матченко В.В.								Арк.
Перевірив	Кузьменко А.І.								88
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

[%D0%B5%D1%82%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F](#)

27. Boeing Commercial Airplanes. 767 Airplane Characteristics for Airport Planning. URL:

<https://www.boeing.com/content/dam/boeing/boeingdotcom/commercial/airports/acaps/767.pdf>

28. Уривський Л. О., Мошинська А. В., Осипчук С. О. Імітаційне моделювання систем і процесів у телекомунікаціях : навчальний посібник. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 202 с. URL:

<https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/de7cd488-c9a3-433a-b6ce-a5dacff9e9dd/content>

29. Таха Хэмди А. Введение в исследование операций. 6-е издание / пер. с англ. В. Тюпти, А. Минько. Москва : Издательский дом «Вильямс», 2001. 912 с.

30. Біліченко, В. В., Кужель В. П. Моделювання технологічних процесів підприємств автомобільного транспорту: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2017, 163 с. URL: http://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2022/Bilichenko_2017_163.pdf

31. Жерновий Ю. В. Імітаційне моделювання систем масового обслуговування : Практикум. Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2007. 307 с. URL: https://new.mmf.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2018/02/Imit_model.pdf?utm_source=chatgpt.com

32. Математичне та імітаційне моделювання СМО із застосуванням середовища Matlab. URL:

https://org2.knuba.edu.ua/pluginfile.php/37972/mod_resource/content/2/%D0%9C%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%B5%20%D1%82%D0%B0%20%D1%96%D0%BC%D1%96%D1%82%D0%B0%D1%86%D1%96%D0%B9%D0%BD%D0%B5%20%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F%20%D0%A1%D0%9C%D0%9E%20%D1%96%D0%B7%20%D0%B7%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%81%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%B

Виконав	Матченко В.В.								Арк.
Перевірив	Кузьменко А.І.								89
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

[D%D0%BD%D1%8F%D0%BC%20%D1%81%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%89%D0%B0%20Matlab.pdf](#)

33. Запорожець В., Шматко М. Організація й планування виробництва на авіапідприємствах. Методичні вказівки по виконанню курсового проекту для студентів – заочників спеціальності “Економіка й організація роботи повітряного транспорту”. Аеропорт. Організація. Технологія. Безпека. К., “Дніпро”, 2002 р.

34. Офіційний сайт Trepel . Champ-140. URL: https://trepel.com/product/champ-140/?utm_source=chatgpt.com

35. Офіційний сайт TLD. 929 Series. URL: https://www.tld-group.com/products/loaders/929-series-15-20-tonnes/?utm_source=chatgpt.com

36. Розрахунок вартості міжнародного перевезення: важливі параметри та поради. URL: <https://saveprosolutions.com/blog/rozrachunok-vartosti-miznarodnogo-perevezennia-vazlivi-parametri-ta-poradi>

37. Про затвердження Авіаційних правил України «Правила повітряних перевезень вантажів». Наказ Державної авіаційної служби України № 1795 від 19.11.2021 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0029-22#Text>

38. Meest China. Фрахтові перевезення. URL: <https://freight-delivery.meest.cn/фрахтові/перевезення>

Виконав	Матченко В.В.			КРМ 275 22 ПЗ	Арк.
Перевірив	Кузьменко А.І.				90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

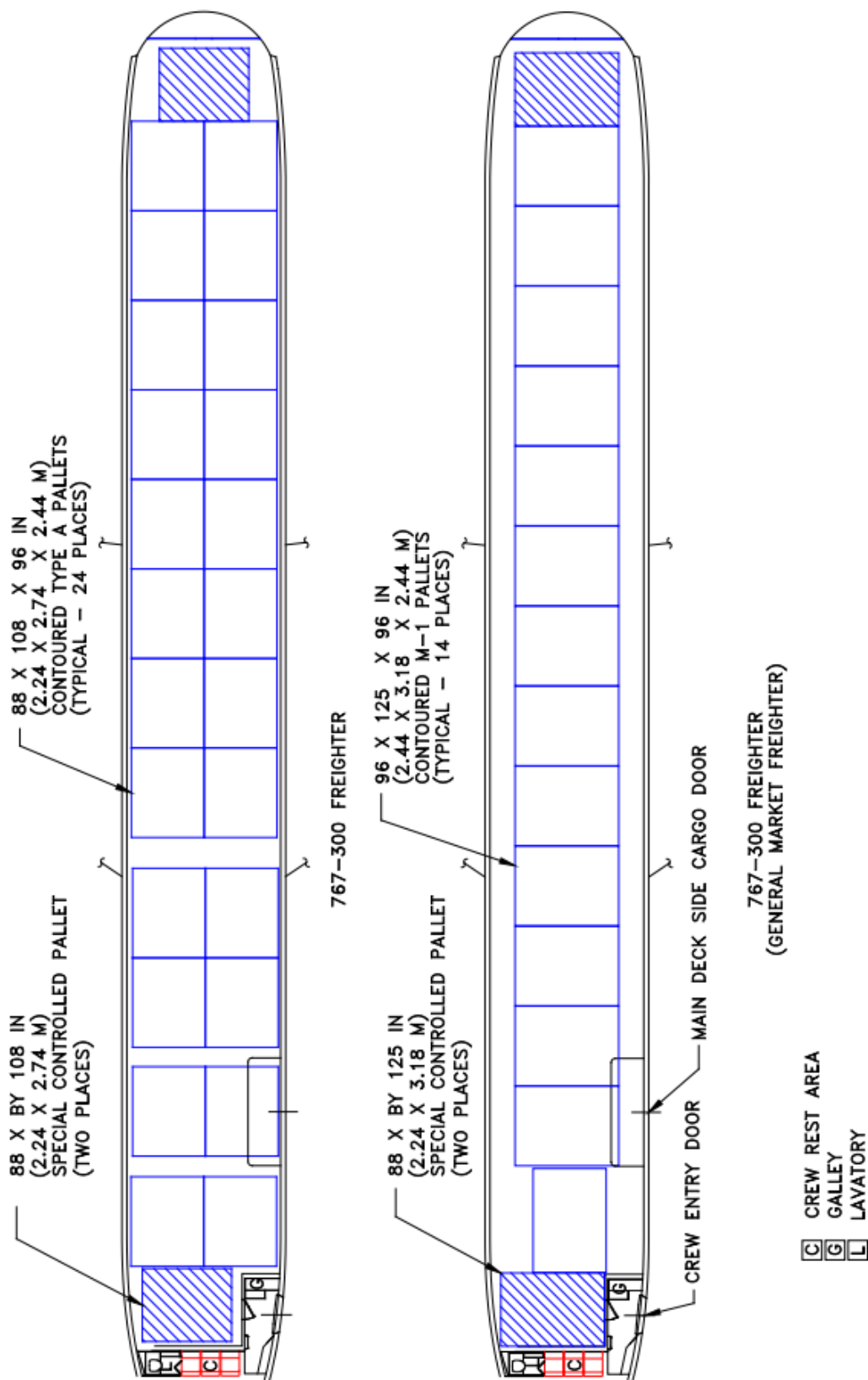
АПРОБАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ МАГІСТРА



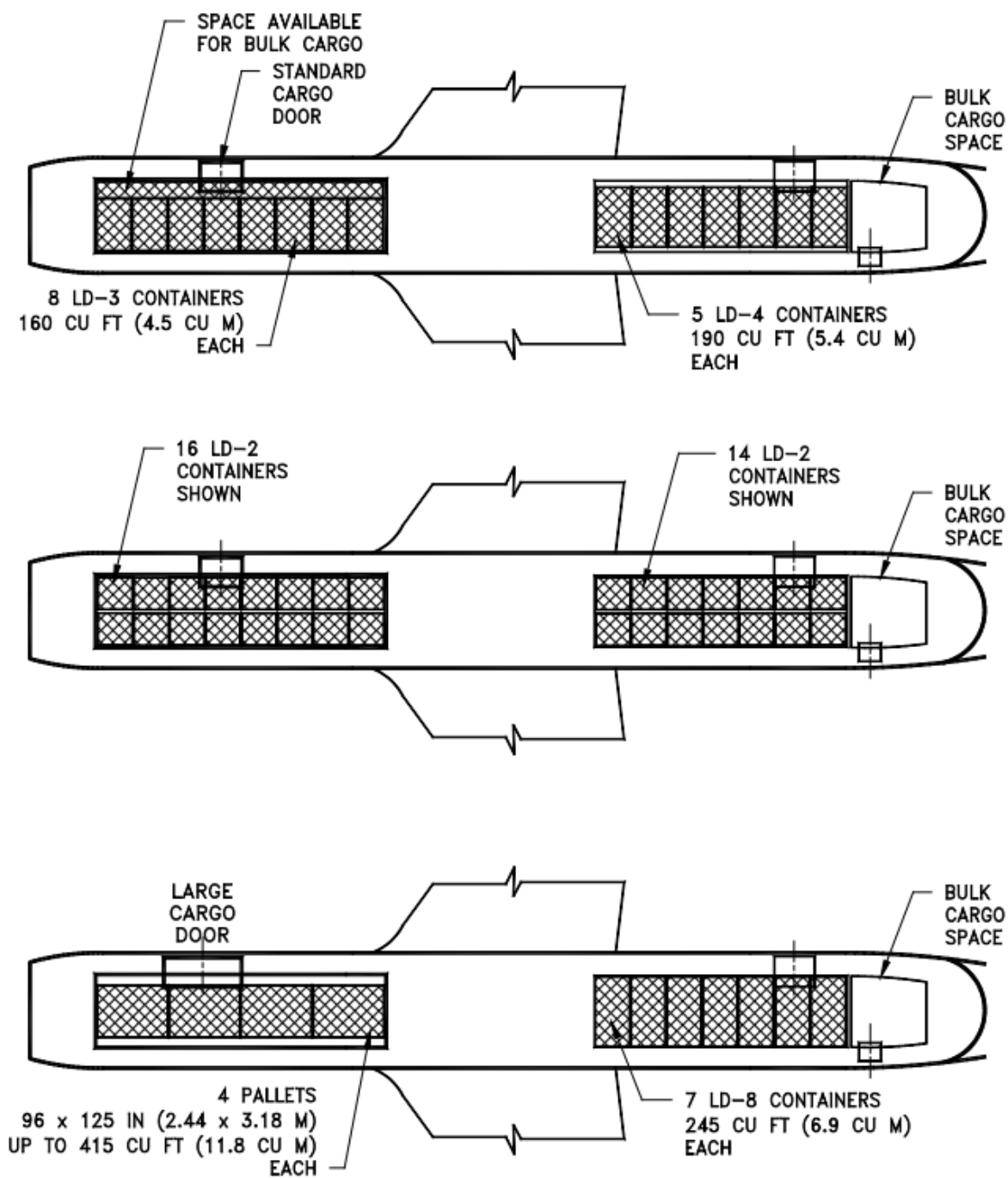
РОЗВАНТАЖЕННЯ КОНТЕЙНЕРІВ ТИПУ LD3 З ЛІТАКА BOEING 767 [26]



ТИПОВЕ ВНУТРІШНЄ РОЗТАШУВАННЯ: МОДЕЛЬ 767-300 FREIGHTER,
(ВАНТАЖНИЙ), ГОЛОВНА ПАЛУБА [27]



НИЖНІ ВАНТАЖНІ ВІДСІКИ: МОДЕЛЬ 767-300, -300ER, -300
 ВАНТАЖНЕ СУДНО (КОНТЕЙНЕРИ LD-2 І НАЛИВНІ ВАНТАЖІ) [27]



НИЖНІ ВАНТАЖНІ ВІДСІКИ: МОДЕЛЬ 767-400ER (КОНТЕЙНЕРИ ТА
МАСОВІ ВАНТАЖИ) [27]

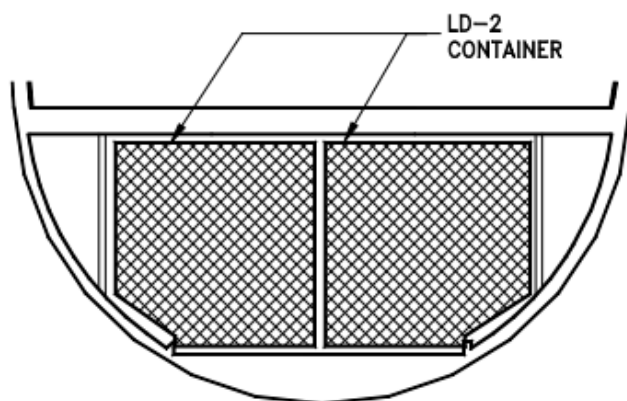
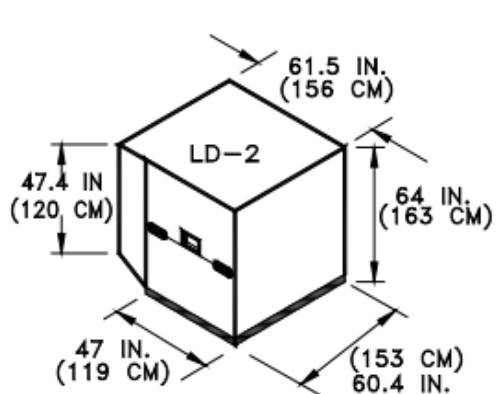
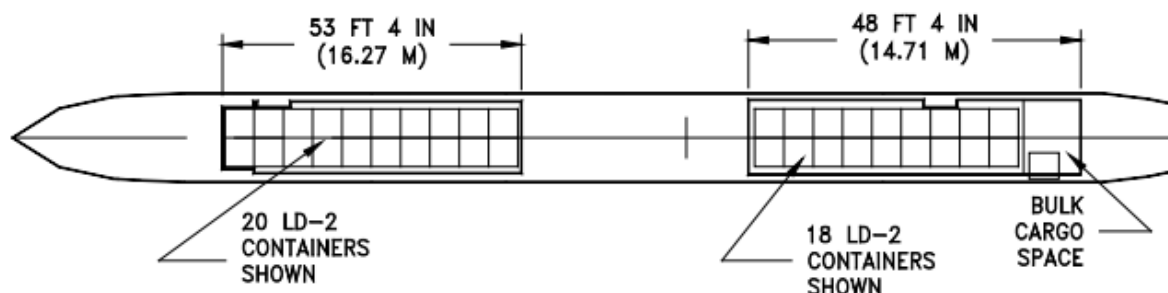
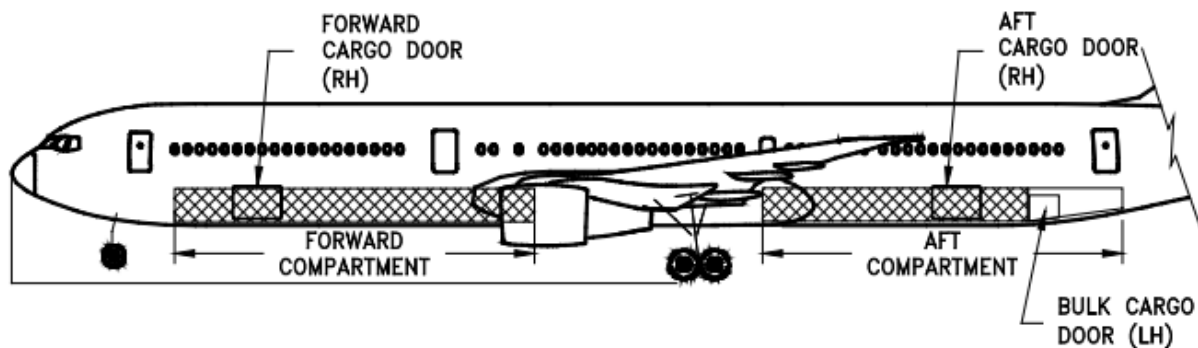
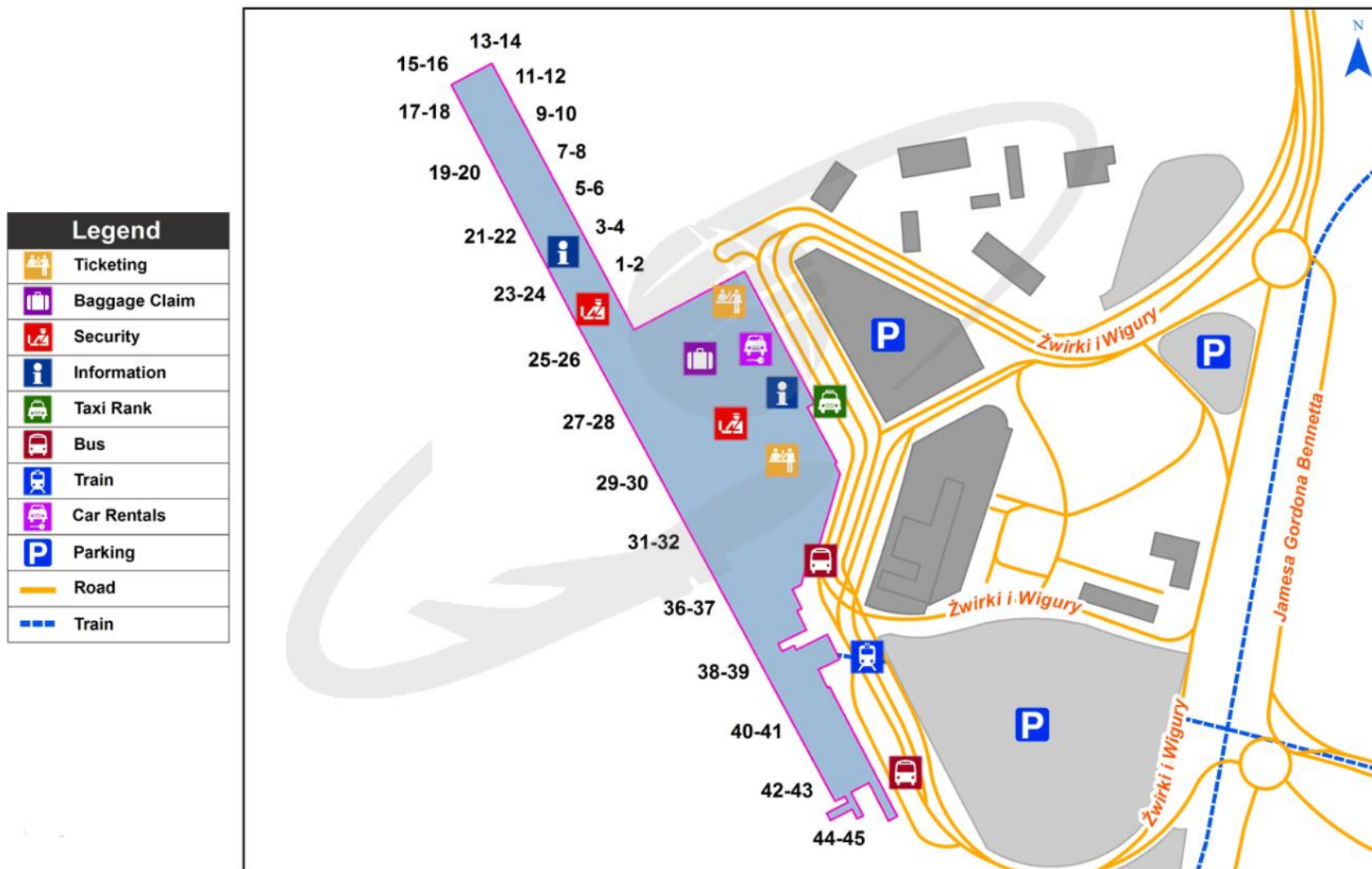


СХЕМА АЕРОПОРТУ ІМ. Ф. ШОПЕНА (М. ВАРШАВА, ПОЛЬЩА)



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УНІВЕРСИТЕТ МИТНОЇ СПРАВИ ТА ФІНАНСІВ

ГРАФІЧНІ МАТЕРІАЛИ

ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ МАГІСТРА

на тему:

**«УДОСКОНАЛЕННЯ ЗМІШАНИХ АВІАЦІЙНО-АВТОМОБІЛЬНИХ
ПЕРЕВЕЗЕНЬ»**

студента групи Т23-1м

МАТЧЕНКА ВЛАДИСЛАВА ВОЛОДИМИРОВИЧА

**Спеціальність 275 Транспортні технології
(на автомобільному транспорті)**

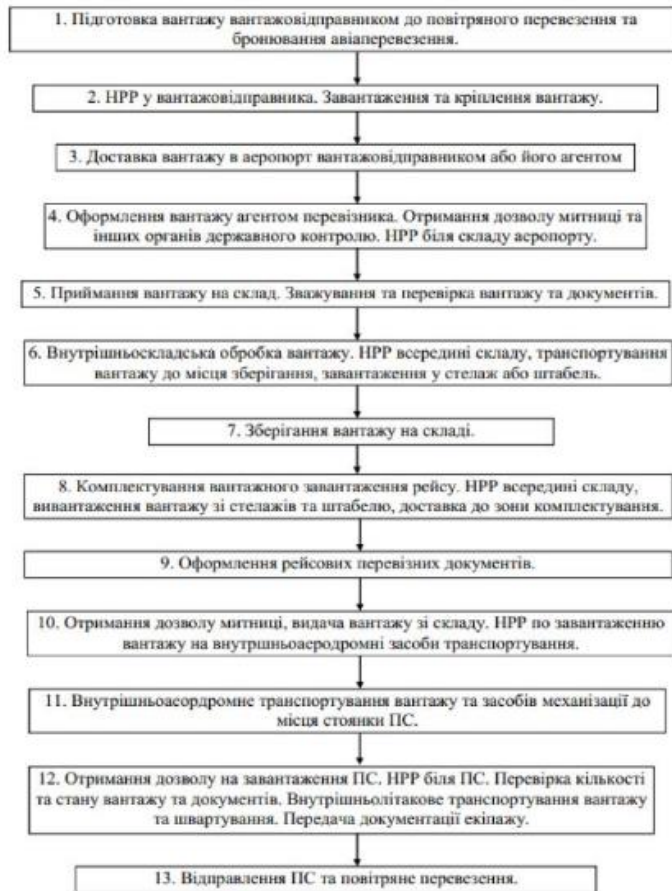
Керівник кваліфікаційної роботи магістра:
кандидат технічних наук, доцент,
завідувач кафедри транспортних технологій
та міжнародної логістики
А. І. Кузьменко

(підпис)

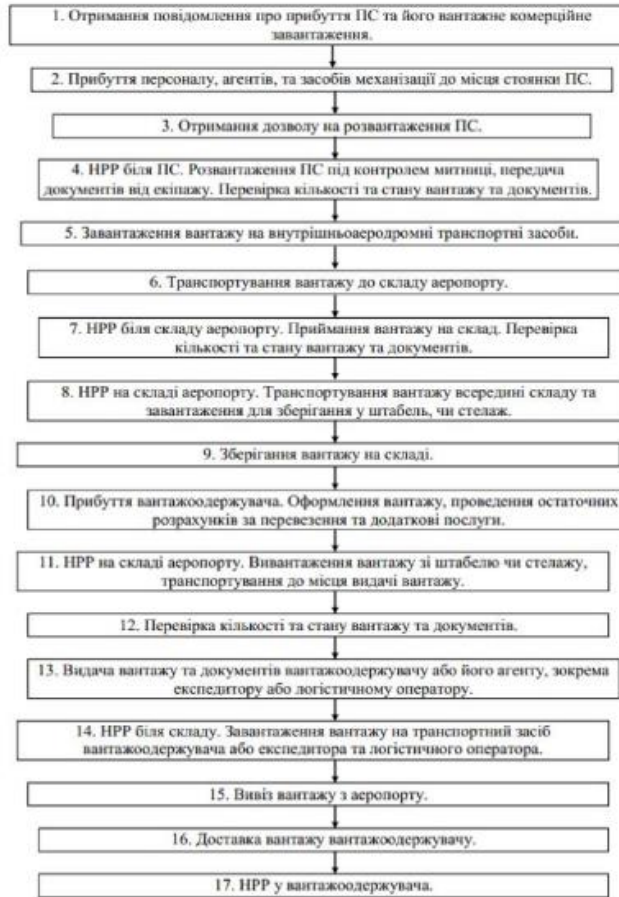
Дніпро
2025

ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

Технологічна схема авіаперевезення вантажів на відправлення



Технологічна схема при прибутті вантажу на повітряному транспорті



Принципова схема організації змішаних автомобільно-авіаційних перевезень між Україною та Америкою через польський аеропорт



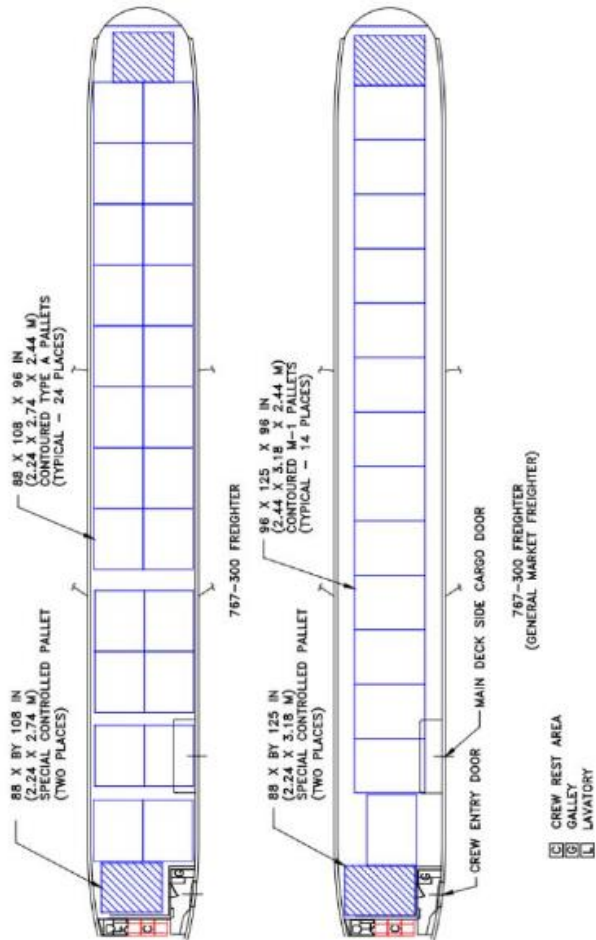
У даній кваліфікаційній роботі магістра необхідно проаналізувати основні елементи транспортно-логістичного ланцюжка доставки вантажів з Америки до України та зворотню через польський аеропорт ім. Ф. Шопена, якію може бути організований компанією Consolline, та розглянути роботу вантажного терміналу аеропорту (об'єкт взаємодії автомобільного та авіаційного транспорту) як систему масового обслуговування з метою пошуку певних резервів часу для пришвидшення міжнародних перевезень вантажів у даному напрямку.

				КРМ 275 22 ГЧ			
Діяч. Аген.	М. Аген.	Підп. Аген.	Діяч. Аген.	Здійснювачем змішаних авіаційно-автомобільних перевезень			Лист 21
Резерв	Резерв	Резерв	Резерв				1250
Резерв	Резерв	Резерв	Резерв				Лист 21
Резерв	Резерв	Резерв	Резерв				УМФ, зр. Т23-1м
Резерв	Резерв	Резерв	Резерв				
Резерв	Резерв	Резерв	Резерв				

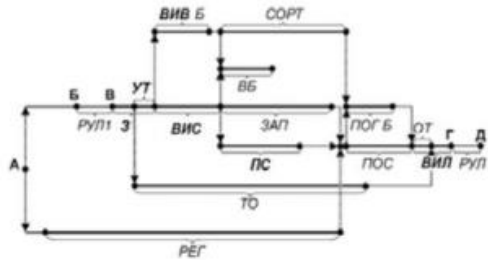
Діяч. Аген. М. Аген. Підп. Аген. Діяч. Аген. Лист 21 Лист 21 Лист 21

ПОБУДОВА ФІЗИЧНОЇ МОДЕЛІ

Типове внутрішнє розташування: модель 767-300 Freighter, (вантажний), головна палуба



Моделний технологічний графік підготовки повітряних суден до вильоту



Умовні позначення:

- Події:
- А – надходження повідомлення про рух повітряних суден (далі – ПС),
 - Б – завантаження ПС,
 - В – прибуття ПС на місце стоянки (далі – МС),
 - Г – відправлення ПС із МС,
 - Д – виліт ПС,
- Операції (або тимчасові інтервали):
- РЕБ – оформлення вантажів на виліт,
 - РУЛ 1 – рух ПС на МС,
 - З – зустріч ПС на МС,
 - УТ – установка навантажувально-розвантажувальних механізмів,
 - ВІС – виконання вантажних операцій,
 - ВІВ Б – транспортування вантажу, що прибув, у термінал,
 - ВБ – розвантаження авіаційних контейнерів,
 - ЗАП – заправка ПС паливом,
 - ПС – прибирання вантажних палуб,
 - ТО – роботи з технічного обслуговування,
 - ПОС – завантаження контейнерів на виліт,
 - СОРТ – сортування і комплектація по рейсах контейнерів на виліт,
 - ПОГ Б – доставка вантажів на виліт до ПС і завантаження,
 - ВІВ – роботи з випуску ПС зі стоянки,
 - ВІД – прибирання наземної техніки,
 - РУЛ 2 – рух ПС з МС.

Попит на застосування та результати імітаційного моделювання



				КРМ 275 22 ГЧ		
Діяч. Акт.	ІТ-сист.	Підв. Акт.	Діяч. Акт.	Діяч. Акт.	Місія	Мікросвіт
Розроб.	Модельов.					1250
Діяч.	Модельов.					
Аналіз.	Модельов.					
Результ.	Модельов.					
Світ.	Модельов.					

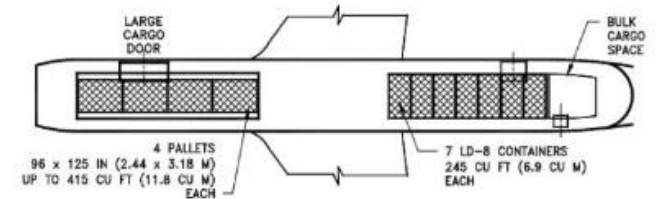
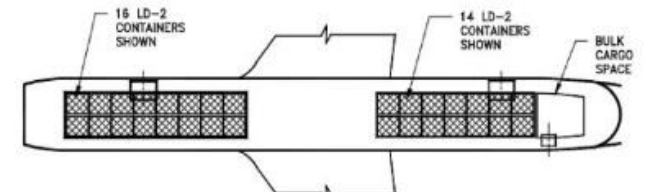
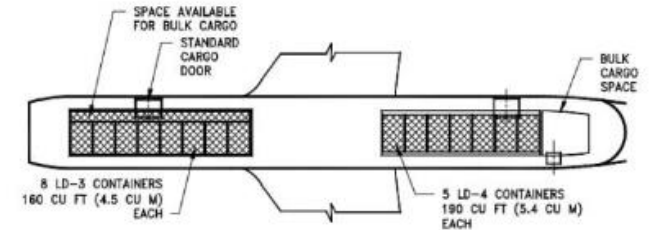
УМФФ, гр. Т23-М

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ

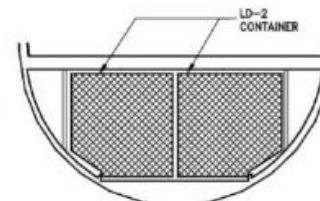
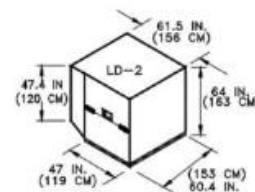
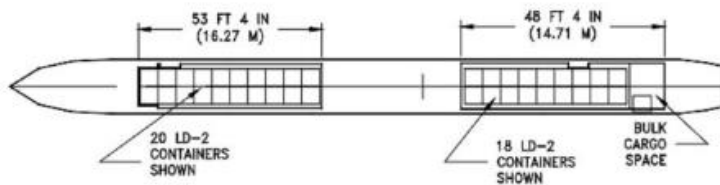
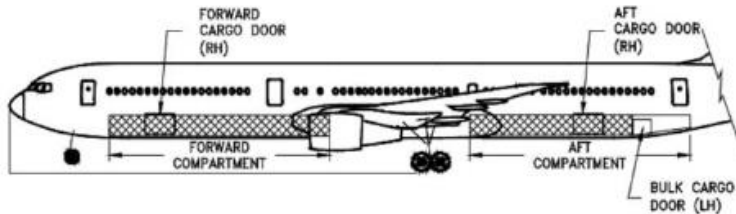
Класифікація видів моделювання



Нижні вантажні відсіки: модель 767-300, -300ER, -300 вантажне судно (контейнери LD-2 і наливні вантажі)



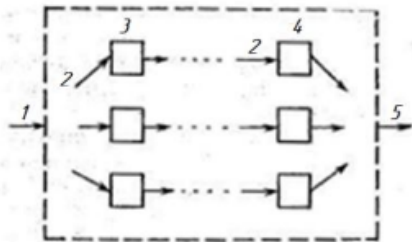
Нижні вантажні відсіки: модель 767-400ER (контейнери та масові вантажі)



				КМ 275 22 ГЧ		
Розробник	В. Данилюк	Технік	Степан	Ідентифікаційний змінний	Листопад	1250
Перевірник	М. Данилюк	Інженер	Степан	Ідентифікаційно-адміністративний	Листопад	0
Затвердженник	М. Данилюк	Інженер	Степан	Перевірка	Листопад	0
Виконавець	М. Данилюк	Інженер	Степан	Складання	Листопад	0
Модератор	М. Данилюк	Інженер	Степан	Складання	Листопад	0
Сторона	М. Данилюк	Інженер	Степан	Складання	Листопад	0
				УМЦФ, зр. Т23-1м		
				Формат А1		

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ОБСЛУГОВУВАННЯ КОНТЕЙНЕРІВ НА ВАНТАЖНОМУ ТЕРМІНАЛІ АЕРОПОРТУ

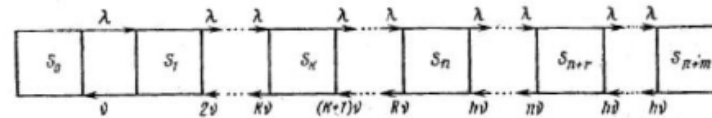
Принципова схема багатоканальної багатофазової системи масового обслуговування з очікуванням



Умовні позначення:

- 1 – вхідний потік;
- 2 – черги на обслуговування;
- 3 – обслуговуючі апарати 1-ї фази;
- 4 – обслуговуючі апарати n-ї фази;
- 5 – вихідний потік

Граф станів системи обслуговування контейнерів



черги немає

є черга

Система обслуговування може перебувати в станах:

- S_0 – всі НРМ вільні;
- S_1 – один НРМ зайнятий обслуговуванням, інші вільні;
- S_k – k НРМ зайняті, інші вільні;
- S_n – всі n НРМ зайняті обслуговуванням, черги немає;
- S_{n+r} – всі НРМ зайняті і утворилася черга з r контейнерів;
- S_{n+t} – всі НРМ зайняті обслуговуванням і t контейнерів перебувають у черзі.

Коефіцієнт завантаження (ρ)

Розрахункова формула	$\rho = \frac{\lambda}{C \cdot \mu^{-1}}$ де C – кількість каналів; μ^{-1} – інтенсивність обслуговування (1/0,33 ? 3,03)
Трьохканальна СМО	$\rho = \frac{20}{3 \cdot 3,03} \approx \frac{20}{9,09} \approx 2,20$
Чотирьохканальна СМО	$\rho = \frac{20}{4 \cdot 3,03} = \frac{20}{12,12} \approx 1,65$
П'ятиканальна СМО	$\rho = \frac{20}{5 \cdot 3,03} = \frac{20}{15,15} \approx 1,32$

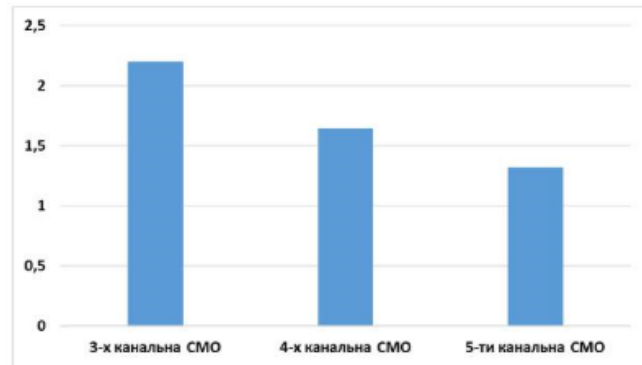
Середній час перебування заявки в системі (W)

Розрахункова формула	$W = \frac{L}{\lambda}$
Трьохканальна СМО	$W = \frac{8,25}{20}$ $W \approx 0,4125 \text{ (години)} \approx 24,8 \text{ хвилини}$
Чотирьохканальна СМО	$W = \frac{2,44}{20}$ $W \approx 0,122 \text{ (години)} \approx 7,3 \text{ хвилини}$
П'ятиканальна СМО	$W = \frac{1,53}{20}$ $W \approx 0,0765 \text{ (години)} \approx 4,6 \text{ хвилини}$

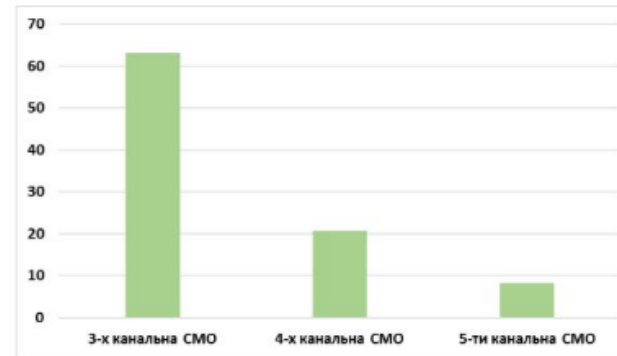
				ГКМ 275 22 ГЧ			
Лист	Листів	Лист	Листів	Удосконалення змісточної абстрактно-двизначильної перевезень	Лист	Масо	Масо
Розраб	Розраб	Розраб	Розраб				1250
Лист	Листів	Лист	Листів				
Розраб	Розраб	Розраб	Розраб				
Лист	Листів	Лист	Листів				
				УМСФ, зр. Т23-1м			
				Копія			
				Формат: А1			

ПОРІВНЯННЯ ОСНОВНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ РОЗРАХУНКУ ДЛЯ 3-Х, 4-Х ТА 5-ТИ КАНАЛЬНОЇ СМО

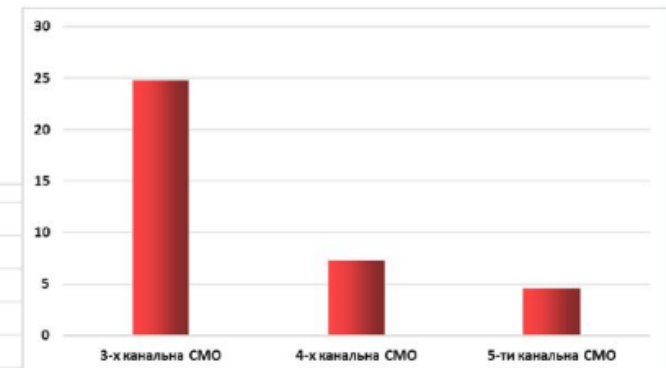
Порівняння коефіцієнтів завантаження (ρ)
для 3-х, 4-х та 5-ти каналної СМО



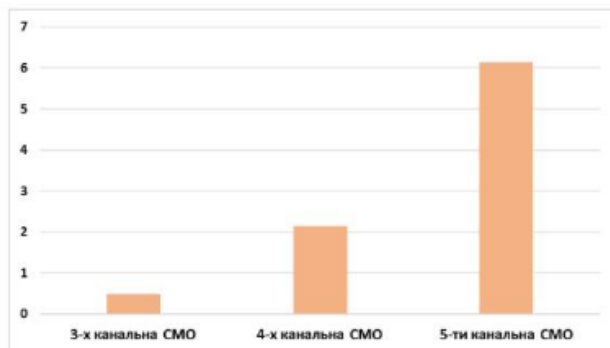
Порівняння ймовірностей відмови (P_d)
для 3-х, 4-х та 5-ти каналної СМО, %



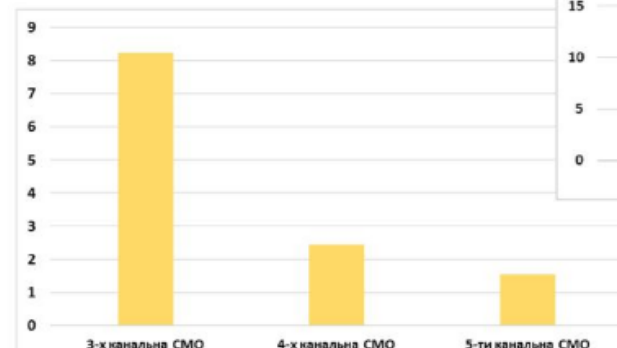
Порівняння середнього часу передубання заявки
в системі (W)
для 3-х, 4-х та 5-ти каналної СМО



Порівняння ймовірностей простою системи (P_0)
для 3-х, 4-х та 5-ти каналної СМО, %



Порівняння середньої кількості
заявок у системі (L)
для 3-х, 4-х та 5-ти каналної СМО, %



КРМ 275 22 ГЧ				Лист	Місце	Місяць
№ документа	№ документа	№ документа	№ документа	Удосконалення змінних абіаціно-автоматичних передезень		
Розроб	Перевірка	Вибір	Мультиплекс	Лист	7	Листопад
Лист	Лист	Лист	Лист	УМФ, гр. Т23-ІІ		
Лист	Лист	Лист	Лист	Копія		
Лист	Лист	Лист	Лист	Формат А1		

