

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
УКРАЇНИ
МЕХАНІКО - ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

«ПОГОДЖЕНО»

Декан факультету
механіко-технологічного
(назва факультету)

 . д.т.н., проф. Братішко В.В
(підпис) (ПІБ, науковий ступінь та вчене звання)

«15» листопада 2020 р.

«ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ»

Завідувач кафедри
транспортних технологій та засобів у
АПК
(назва кафедри)

 . к.т.н., доц. Савченко Л.А
(підпис) (ПІБ, науковий ступінь та вчене звання)

«15» листопада 2020 р.

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

(пояснювальна записка)

на тему: *Дослідження транспортного процесу перевезень складових частин літаків*

Спеціальність 275.03 «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)»

Освітня програма Транспортні технології на автомобільному транспорті

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

Керівник магістерської роботи

Доктор економічних наук, професор . Савченко Лілія Анатоліївна
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (ПІБ)

Виконав

 . Корнієнко Олександр Вячеславович
(підпис) (ПІБ)

КИЇВ – 2025

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИ-
СТУВАННЯ УКРАЇНИ
МЕХАНІКО - ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

«ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ»

Завідувач кафедри
транспортних технологій та за-
собів у АПК
(назва кафедри)

к.т.н., доц. Савченко Л.А.
(ПІБ, науковий ступінь та вчене звання)

**ЗАВДАННЯ
ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ**

Корнієнку Олександрю Вячеславовичу

Спеціальність 275.03 «Транспортні технології (на автомобільному транс-
порті)»

Освітня програма Транспортні технології на автомобільному транспорті
Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

Тема роботи: *Дослідження транспортного процесу перевезень складо-
вих частин літаків*

затверджена наказом ректора НУБіП України від “_13_” листопада_
2024 р. № 2037 «С»

Термін подання студентом магістерської роботи 15.11.2025

Вихідні дані до магістерської роботи статистичні дані по підприємству
за 2025 рік.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Охарактеризувати транспортні процеси та методи управління ними;
2. Визначити показники ефективності транспортної діяльності підприємства;
3. Розглянути системи контролю якості продукції;
4. Вдосконалити управління транспортним процесом підприємства шляхом впровадження системи контролю якості;
5. Провести оцінку доцільності впровадження системи контролю якості на підприємстві;
6. Навести вимоги охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

Перелік графічного матеріалу 15 слайдів.

Дата видачі завдання «01» вересня 2024 р.

Керівник магістерської роботи

(підпис)

Савченко Л.А.

(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

Корнієнко О.В.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка магістерської роботи містить 92 друкованих аркуші формату А4, які містять 11 таблиць, 11 рисунків, список використаної літературних джерел становить 50 найменувань.

Магістерська кваліфікаційна робота виконана на тему: «Дослідження транспортного процесу перевезень складових частин літаків»

Ключові слова: ТРАНСПОРТНИЙ ЗАСІБ, ТАРНО-ШТУЧНІ ВАНТАЖІ, МАРШРУТ ПЕРЕВЕЗЕННЯ, ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ПОКАЗНИКИ, УДОСОКНАЛЕННЯ ПЕРЕВЕЗЕННЯ.

Мета дослідження є удосконалення технології перевезення складових частин літаків на прикладі ТОВ Фосдайк Груп, що полягає у розробці комплексної стратегії модернізації перевезень складових частин літаків в Україні, що забезпечить довгострокову операційну стійкість галузі та її повну інтеграцію у міжнародні логістичні ланцюги.

Для реалізації мети зроблено наступне:

1. Проаналізовані теоретичні аспекти транспортування авіаційних компонентів
2. Обґрунтовано напрямки дослідження та поставлена наукова задача
3. Проведено економічні розрахунки вартісних та техніко-економічних показників
4. Запропоновано методи удосконалення перевезення в умовах ТОВ «Фосдайк Груп»

Об'єктом дослідження є удосконалення технології перевезення складових частин літаків у міжнародному сполученні (на прикладі ТОВ «Фосдайк Груп»).

Предметом дослідження є розробка заходів щодо підвищення ефективності транспортного процесу з перевезення складових частин літаків по території України.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТРАНСПОРТУВАННЯ АВІАЦІЙНИХ КОМПОНЕНТІВ.....	8
1.1. Класифікація та характеристика авіаційних складових.....	8
1.2. Логістичні вимоги до перевезення високотехнологічних і крихких виробів.....	13
1.3. Правове та нормативне регулювання транспортування складових частин літаків.....	15
1.4. Аналіз сучасних логістичних практик перевезень авіадеталей.....	17
1.5. Характеристика вантажу та вибір транспорту для перевезень.....	19
Висновки до розділу 1.....	21
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ОРГАНІЗАЦІЇ ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕСУ ПЕРЕВЕЗЕНЬ АВІАКОМПОНЕНТІВ.....	23
2.1. Загальна характеристика логістичного ланцюга постачання в авіабудуванні.....	23
2.2. Аналіз структури та учасників транспортного процесу.....	25
2.3. Визначення ключових вузьких місць і проблем організації перевезень.....	27
2.4. Вплив умов транспортування на цілісність і безпеку авіаційних деталей.....	29
2.5. Особливості перевезення складових частин літаків.....	32
2.6. Аналіз транспортного засобу для перевезення вантажів.....	33
2.7. Маршрут доставки.....	37
Висновки до розділу 2.....	39
РОЗДІЛ 3. ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ ОПЕРАЦІЙ У ТРАНСПОРТНОМУ ЗАБЕЗПЕЧЕННІ АВІАПРОМИСЛОВОСТІ.....	41
3.1. Визначення тарифів на перевезення заданого вантажу між містами України.....	41
3.2. Математична модель транспортної задачі.....	43
3.3. Побудова початкового плану методом найменшої вартості.....	44

3.4. Оптимізація плану методом потенціалів.....	48
3.5. Інтерпретація результатів та пропозиції щодо вдосконалення логістичного процесу.....	52
Висновки до розділу 3.....	56
РОЗДІЛ 4. НАПРЯМИ УДОСКОНАЛЕННЯ ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕСУ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ СКЛАДОВИХ ЧАСТИН ЛІТАКІВ.....	59
4.1. Впровадження цифрових технологій моніторингу перевезень.....	59
4.2. Стандартизація логістичних операцій і взаємодії з постачальниками.....	61
Висновки до розділу 4.....	64
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ АВІАДЕТАЛЕЙ.....	65
5.1. Аналіз небезпек і професійних ризиків при завантаженні, транспортуванні й розвантаженні.....	65
5.2. Техніка безпеки під час перевезення нестандартних вантажів.....	67
5.3. Заходи безпеки в умовах надзвичайних ситуацій.....	70
Висновки до розділу 5.....	73
РОЗДІЛ 6. ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ.....	74
6.1 Розрахунок техніко - економічних показників роботи АТП.....	74
6.2 Розрахунок вартісних показників.....	77
6.3. Економічне обґрунтування запропонованих заходів.....	83
ВИСНОВОК.....	87
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	90

ВСТУП

Сучасне авіабудування є однією з найтехнологічніших галузей промисловості, де якість, точність і своєчасність логістичних операцій мають вирішальне значення. Складові частини літаків — це високотехнологічні, дорогі та часто крихкі вироби, транспортування яких потребує дотримання суворих технічних та безпекових вимог. Зважаючи на глобалізацію виробничих процесів та активну кооперацію між підприємствами, розташованими в різних країнах, зростає потреба в ефективній організації транспортного процесу. Актуальність обраної теми зумовлена необхідністю підвищення ефективності, безпечності та економічної доцільності перевезень авіаційних компонентів в умовах зростання обсягів виробництва та ускладнення логістичних ланцюгів.

Метою роботи є дослідження організації транспортного процесу перевезень складових частин літаків та розробка рекомендацій щодо його удосконалення.

Для досягнення цієї мети поставлено такі основні завдання:

1. проаналізувати теоретичні засади транспортування авіаційних компонентів;
2. визначити вимоги до перевезення високотехнологічних виробів;
3. дослідити сучасний стан організації транспортного процесу;
4. виявити проблемні місця в логістиці перевезень;
5. побудувати математичну модель транспортного забезпечення;
6. сформулювати рекомендації з оптимізації логістичних операцій;
7. обґрунтувати заходи з підвищення безпеки перевезень.

Об'єктом дослідження є транспортний процес у логістичному забезпеченні авіаційної промисловості.

Предметом дослідження виступають організаційні, технологічні та економічні аспекти перевезень складових частин літаків.

У роботі використано комплекс загальнонаукових і спеціальних методів дослідження: аналіз і синтез, системний підхід, методи логістичного планування, моделювання транспортних процесів, економічне обґрунтування рішень, а також методи порівняльного аналізу та експертного оцінювання.

Наукова новизна роботи полягає у формалізації транспортної задачі перевезення авіаційних компонентів з урахуванням специфіки вантажу, а також у розробці рекомендацій щодо удосконалення логістичних схем із впровадженням цифрових технологій моніторингу та стандартизації взаємодії між учасниками логістичного ланцюга.

Практичне значення результатів дослідження полягає в можливості впровадження розроблених рекомендацій у практику підприємств авіаційної галузі з метою підвищення ефективності транспортування, зменшення витрат, мінімізації логістичних ризиків та забезпечення цілісності складових літаків під час доставки.

Магістерська робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. У першому розділі розглянуто теоретичні аспекти перевезення авіаційних деталей. У другому — проведено аналіз організації транспортного процесу. У третьому — сформульовано математичну модель та запропоновано шляхи оптимізації. У четвертому — запропоновано напрями удосконалення транспортного процесу. П'ятий розділ присвячено питанням охорони праці та безпеки при перевезеннях. Завершується робота загальними висновками та рекомендаціями.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТРАНСПОРТУВАННЯ АВІАЦІЙНИХ КОМПОНЕНТІВ

1.1. Класифікація та характеристика авіаційних складових

Авіаційна промисловість передбачає виготовлення та збирання великої кількості компонентів, які в сукупності утворюють складні літальні апарати — цивільні та військові літаки, вертольоти, безпілотні літальні апарати тощо. У процесі виробництва, складання та ремонту повітряних суден використовуються різноманітні авіаційні складові, які відрізняються за розмірами, матеріалами, функціональним призначенням та умовами експлуатації.

Силова установка є «серцем» літака. Вона формує тягу, необхідну для польоту, а також забезпечує роботу допоміжних систем. До її складу входять:

1. двигуни (турбореактивні, турбогвинтові, турбовентиляторні, поршневі);
2. паливна система (баки, насоси, трубопроводи, фільтри);
3. масляна система (змащування та охолодження деталей);
4. системи запалювання та керування тягою.

Вони поєднують високу тягу з економічністю та зниженим рівнем шуму.

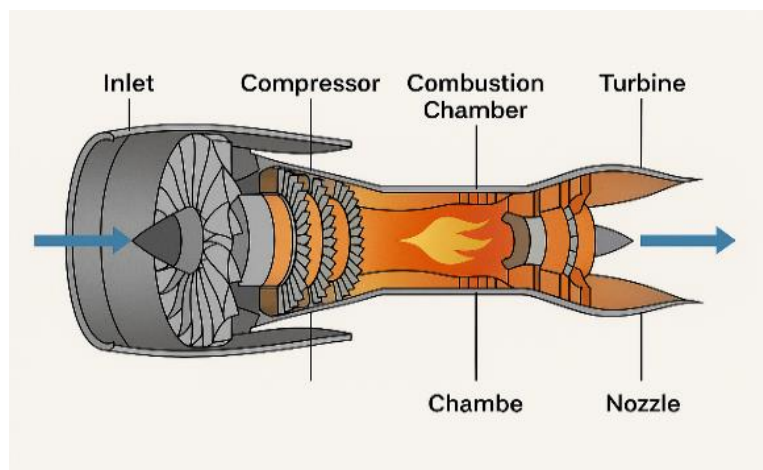


Рис. 1.1 Приклад ілюстрації: поздовжній розріз турбореактивного двигуна з поясненням роботи компресора, камери згоряння та турбіни.

Планер формує аеродинамічну конфігурацію повітряного судна і включає:

1. фюзеляж (кабіна екіпажу, пасажирський або вантажний відсік, технічні відсіки);
2. крила (з елеронами, закрилками, спойлерами та кінцевими аеродинамічними поверхнями);
3. хвостове оперення (стабілізатор, кермо висоти та напрямку).

Від конструкції планера залежить стійкість літака в повітрі, його вантажопідйомність і паливна ефективність. Сучасні пасажирські літаки все частіше використовують композитні матеріали у фюзеляжі та крилах, що зменшує вагу і витрати пального.

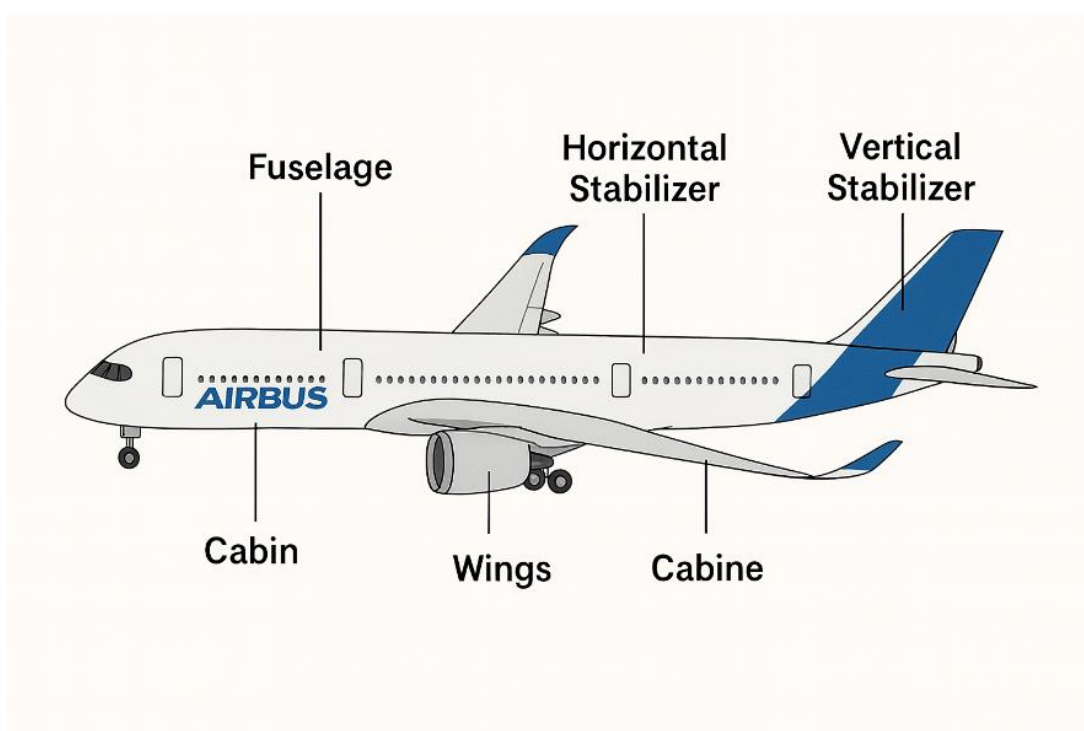


Рис. 1.2 Приклад ілюстрації: схема планера Airbus A350 з підписаними основними елементами.

Шасі забезпечує можливість зльоту, посадки та пересування літака по землі. У типовому сучасному літаку використовується трьохопорне шасі:

1. передня стійка (керована, забезпечує маневрування на землі);
2. основні опори (приймають на себе основне навантаження під час посадки);
3. амортизатори (поглинають удари);

4. гальмівна система (вуглецево-керамічні гальма з антиблокувальною системою).

Прикладом інноваційних рішень є використання електричних приводів шасі, які дозволяють літакам рухатися по злітно-посадковій смузі без використання основних двигунів, економлячи паливо.

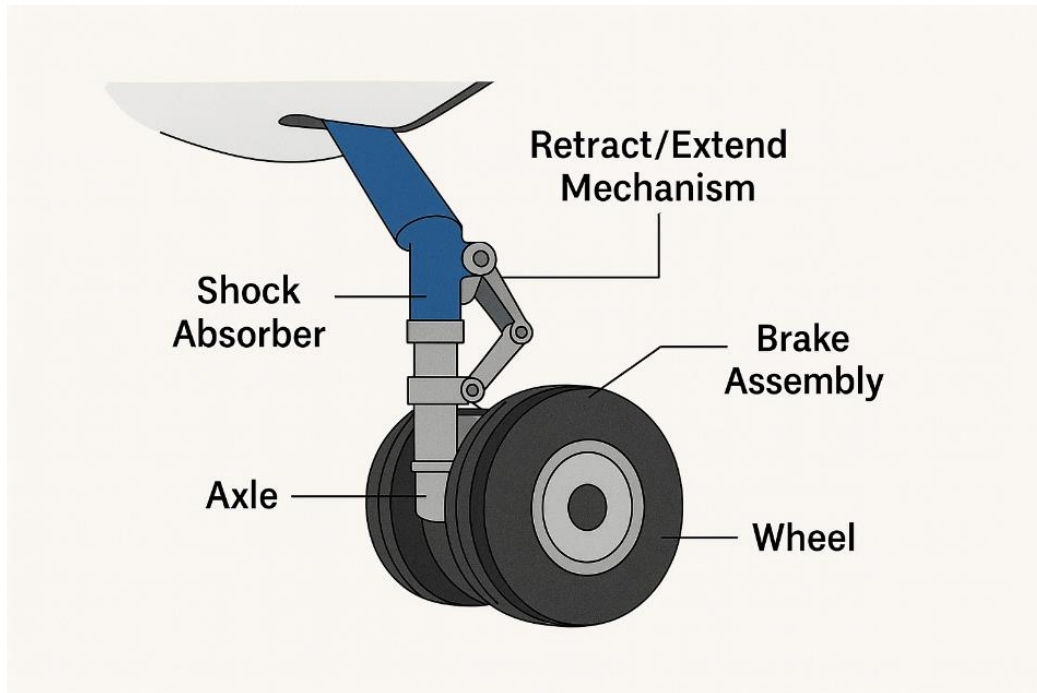


Рис. 1.3 Приклад шасі Boeing 777 з деталізацією елементів.

Авіоніка — це «мозок» літака, що включає комплекси приладів і електроніки:

1. навігаційні системи (GPS, інерціальні системи навігації, прилади заходу на посадку);
2. системи зв'язку (радіостанції, супутникові системи SATCOM);
3. системи керування польотом (автопілот, Fly-by-Wire);
4. інформаційні комплекси пілотажу (glass cockpit).

Наприклад, система Honeywell Primus Epic забезпечує цифрову інтеграцію всіх основних даних про політ, підвищуючи безпеку й зменшуючи навантаження на екіпаж.



Рис. 1.4 Кабіна пілотів із великими дисплеями (glass cockpit).

Системи життєзабезпечення

До цієї категорії відносять:

1. системи кондиціонування повітря;
2. системи герметизації кабіни;
3. кисневе обладнання для екіпажу та пасажирів;
4. аварійні системи евакуації (трап, рятувальні жилети, кисневі маски).

Такі системи гарантують безпеку та комфорт польоту навіть у складних умовах.

Електросистеми включають генератори, акумулятори та мережу живлення. Вони забезпечують роботу авіоніки, освітлення, бортових систем та резервного обладнання.

Крім того, у літаках є APU (допоміжна силова установка), яка використовується для запуску основних двигунів і живлення систем під час стоянки.

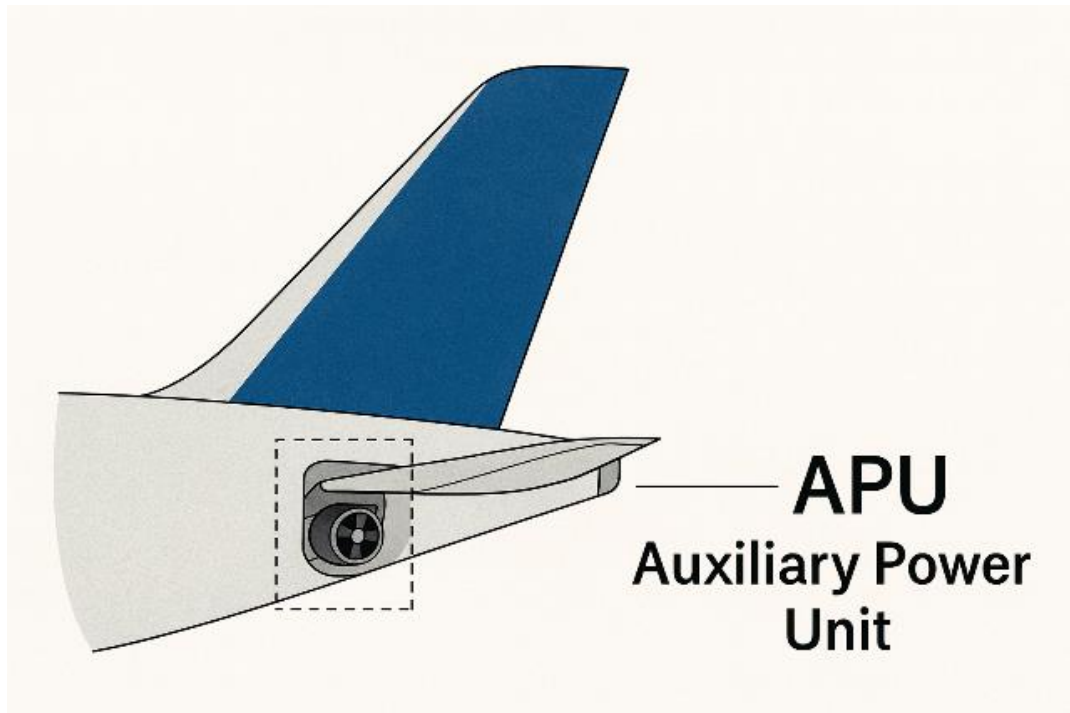


Рис. 1.5 Розташування АРУ у хвостовій частині літака.

Сучасні тенденції розвитку авіаційних складових:

1. Композитні матеріали
2. Зменшення маси на 20–30 %.
3. Приклад: понад 50 % конструкції Boeing 787 виконано з композитів.
4. Інтелектуальна авіоніка
5. Використання систем штучного інтелекту для автоматизації польоту.
6. Приклад: адаптивні автопілоти нового покоління.
7. Екологічні технології
8. Розробка електролітаків і гібридних двигунів.
9. Використання біопалива (Airbus A350 випробовував польоти на суміші з біопаливом).
10. Підвищення безпеки
11. Впровадження систем автоматичного уникнення зіткнень (TCAS II).
12. Системи прогнозування небезпечних погодних явищ.

1.2. Логістичні вимоги до перевезення високотехнологічних і крихких виробів

Перевезення високотехнологічних та крихких виробів, зокрема авіаційних компонентів, є надзвичайно відповідальним етапом у логістичному ланцюзі, адже навіть незначні механічні пошкодження або відхилення від умов транспортування можуть призвести до втрати функціональності, сертифікації або безпеки виробу.

У зв'язку з цим до логістики перевезення таких вантажів висувається низка специфічних вимог, які охоплюють підготовку, транспортування, зберігання, контроль і страхування. Основні вимоги можна класифікувати за кількома напрямками:

Вимоги до упаковки:

1. Використання спеціалізованої тари (ударостійкої, антивібраційної, антикорозійної), що відповідає фізико-хімічним властивостям виробу.
2. Упаковка має забезпечувати фіксацію елементів усередині тари, унеможливаючи їх переміщення або деформацію.
3. Для електронних і чутливих до електростатичних розрядів виробів застосовується антистатична упаковка з відповідним маркуванням (ESD).
4. Зовнішня упаковка повинна мати маркування: «Крихке», «Верх/низ», «Не кидати», «Температурний режим», «Точна вага» тощо.

Вимоги до температурного режиму:

1. Деякі авіаційні вироби (наприклад, електронні блоки, гумові ущільнювачі, герметики) мають обмеження щодо температури та вологості.
2. Необхідно застосовувати температурні логери (датчики) для моніторингу умов під час перевезення.
3. Транспортні засоби мають бути обладнані системами клімат-контролю або ізотермічними контейнерами.

Вимоги до транспорту:

1. Вибір транспортного засобу здійснюється з урахуванням габаритів, ваги, чутливості до вібрації та погодних умов.

2. Для великогабаритних або нестандартних компонентів можуть застосовуватись спеціальні платформи, низькорамні причепа, крани або підйомні механізми.

3. При авіаперевезеннях використовуються сертифіковані контейнери з авіаційним маркуванням, що відповідають стандартам IATA.

Вимоги до навантаження та розвантаження:

1. Заборонено ручне перенесення крихких або важких деталей без спеціального оснащення.

2. Обов'язкове застосування м'яких стропів, пневматичних маніпуляторів або вакуумних підйомників.

Усі етапи мають бути задокументовані: фотофіксація, звіти про стан упаковки, акти приймання.

Вимоги до безпеки та контролю:

1. Супровід вантажу персоналом або GPS-моніторинг його переміщення.

2. Страхування відповідно до вартості виробу та ступеня ризику.

3. Забезпечення захисту від несанкціонованого доступу (пломби, контрольний журнал, сейф-пакети).

Вимоги до персоналу:

1. Персонал, що здійснює транспортування, має бути навчений специфіці поводження з авіаційними та чутливими виробами.

2. Важливе дотримання процедур перевірки відповідності маркування, документації та упаковки до початку руху.

Таким чином, логістика високотехнологічних і крихких виробів є багаторівневим процесом, що вимагає тісної взаємодії між виробником, логістичним оператором і кінцевим одержувачем. Дотримання перерахованих вимог дозволяє мінімізувати ризики пошкоджень, знизити витрати на ремонти та повернення, а також підвищити надійність постачання в авіаційній галузі.

1.3. Правове та нормативне регулювання транспортування складових частин літаків

Транспортування авіаційних компонентів, як частини стратегічної галузі, регулюється широким спектром міжнародних, національних та галузевих нормативно-правових актів. Правильне дотримання цих норм є обов'язковою умовою для забезпечення безпеки, якості й ефективності логістичних процесів у сфері авіабудування.

Міжнародне регулювання

На глобальному рівні правові аспекти перевезення складових літальних апаратів регламентуються такими основними документами та організаціями:

1. Міжнародна організація цивільної авіації (ІСАО) — встановлює стандарти й рекомендації для авіаперевезень, зокрема у додатках до Конвенції про міжнародну цивільну авіацію (Чиказька конвенція 1944 року).
2. Міжнародна асоціація повітряного транспорту (ІАТА) — регулює правила пакування, маркування, перевезення небезпечних вантажів (включаючи деякі хімічні компоненти літаків), стандарти контейнерів.
3. Конвенція CMR — встановлює основні положення про міжнародне автомобільне перевезення вантажів, включаючи відповідальність перевізника.
4. Конвенція TIR — полегшує перевезення вантажів через кордони з використанням міжнародної книжки TIR.

Європейське та українське регулювання

На рівні Європейського Союзу й України діють додаткові регламенти, що регулюють перевезення авіаційної продукції:

1. Регламент (ЄС) № 300/2008 — визначає стандарти авіаційної безпеки, включаючи вимоги до вантажів і пошти.
2. Наказ Державіаслужби України № 430 від 05.07.2019 «Про затвердження правил перевезення вантажів авіаційним транспортом» — регламентує вимоги до пакування, приймання, навантаження та перевезення вантажів авіаційним шляхом на території України.

3. Закон України «Про транспорт», «Про автомобільний транспорт», «Про зовнішньоекономічну діяльність» — встановлюють загальні норми здійснення перевезень, митного оформлення, відповідальності перевізників.
4. Технічні регламенти, затверджені Кабінетом Міністрів України, зокрема щодо безпеки машин, механізмів та транспортування небезпечних вантажів.

Крім загальнодержавного законодавства, перевізники та авіаційні підприємства застосовують внутрішні корпоративні стандарти та технічні умови, що враховують:

1. умови фіксації компонентів на транспорті;
2. параметри температурного, вібраційного та вологісного контролю;
3. сертифікацію персоналу, що здійснює завантаження та розвантаження;
4. вимоги до програм моніторингу логістичних операцій.

Особливої уваги потребує транспортування виробів подвійного призначення, які можуть підпадати під експортний контроль відповідно до Закону України «Про державний контроль за міжнародними передачами товарів військового призначення та подвійного використання».

Контроль та відповідальність

Порушення вимог нормативно-правових актів може призвести до:

1. затримок при перевезенні;
2. штрафів та відкликання дозволів;
3. пошкодження вантажу та втрат виробника;
4. настання аварійних або надзвичайних ситуацій.

Таким чином, правове забезпечення транспортування авіаційних деталей формує нормативне підґрунтя для ефективної та безпечної логістики. Успішне управління транспортними процесами можливе лише за умови чіткого дотримання всіх регуляторних норм та впровадження процедур контролю відповідності.

1.4. Аналіз сучасних логістичних практик перевезень авіадеталей

У сучасних умовах глобалізації та децентралізації виробництва, ефективна логістика авіаційних компонентів стає ключовим чинником конкурентоспроможності авіабудівних підприємств. Перевезення складових частин літаків включає координацію постачальників, складів, транспортних операторів та виробничих майданчиків, що вимагає високого рівня планування, автоматизації та контролю.

На основі аналізу діяльності провідних світових компаній у сфері авіаційної логістики (Airbus, Boeing, Lockheed Martin, Embraer, а також логістичних операторів – DHL, KuehneNagel, DB Schenker) можна виокремити такі сучасні практики перевезень авіадеталей:

Багато авіаційних заводів використовують принцип «Just-In-Time» (JIT), що передбачає доставку компонентів безпосередньо до моменту їх встановлення. Такий підхід знижує витрати на складування, але висуває високі вимоги до надійності транспортування.

Впровадження цифрових систем управління ланцюгами постачання (SCM-систем) дозволяє:

1. відстежувати переміщення кожної деталі в режимі реального часу (технології IoT, GPS-трекери);
2. отримувати аналітичні дані про затримки, відхилення та ризики;
3. управляти маршрутами, зменшуючи кількість логістичних помилок.

Високовартісні або термінові компоненти часто транспортуються повітряним шляхом. Спеціалізовані вантажні авіаперевізники (наприклад, Airbus Beluga або Boeing Dreamlifter) забезпечують доставку габаритних частин фюзеляжу, крил, двигунів тощо. Такі перевезення супроводжуються складною логістикою навантаження або розвантаження, із використанням спеціальних платформ і фіксуєчих систем.

Сучасні авіаційні підприємства все частіше застосовують модульний принцип постачання, коли компоненти (наприклад, кокпіти, хвостове оперення) збираються в окремих регіонах, а потім транспортуються як готові модулі. Це скорочує загальний цикл складання літака, однак потребує ретельного планування маршрутів та умов перевезення.

Сучасна авіаційна логістика передбачає паралельну роботу з десятками, а іноді й сотнями постачальників у різних країнах. Для забезпечення стабільних поставок запроваджуються:

1. системи рейтингування надійності постачальників;
2. автоматизовані платформи комунікації (E-procurement);
3. єдині стандарти упаковки, маркування та контролю якості.

Провідні авіакомпанії активно співпрацюють із логістичними 3PL- і 4PL-операторами, які беруть на себе повний цикл логістичних послуг: транспортування, складування, митне оформлення, оптимізацію маршрутів.

З огляду на екологічні виклики, у логістиці авіадеталей зростає роль екологічно орієнтованих рішень, серед яких:

1. оптимізація маршрутів з метою скорочення викидів CO₂;
2. використання електричного транспорту на останньому етапі доставки;
3. повторне використання пакувальних матеріалів.

Зважаючи на геополітичні ризики, пандемії або логістичні кризи (наприклад, блокування Суецького каналу), логістичні стратегії стають більш гнучкими, із розробленням альтернативних маршрутів, запасів критичних компонентів та мультивекторних каналів постачання.

Узагальнюючи, можна зазначити, що сучасні логістичні практики транспортування авіадеталей базуються на високому рівні автоматизації, цифровізації, адаптивності та стратегічного планування. Їх впровадження вітчизняними підприємствами може істотно підвищити ефективність поставок, зменшити логістичні витрати та забезпечити надійність авіабудівних процесів.

1.5. Характеристика вантажу та вибір транспорту для перевезень

У межах дослідження транспортного процесу перевезення складових частин літаків розглянемо приклад доставки стійок шасі для авіаційного транспортного літака Ан-178-100Р. Цей тип вантажу належить до високотехнологічних виробів авіаційної промисловості, що характеризуються значною вартістю, специфічними вимогами до транспортування та необхідністю спеціальної упаковки.

Стойка шасі є металевим вузлом підвищеної міцності, виготовленим із титанових сплавів. Деталь має складну геометрію, що потребує використання захисної тари. Для зручності транспортування кожна одиниця упакована в дерев'яний ящик каркасного типу з фіксуючими елементами та додатковим захистом від вологи (поліетиленова плівка).

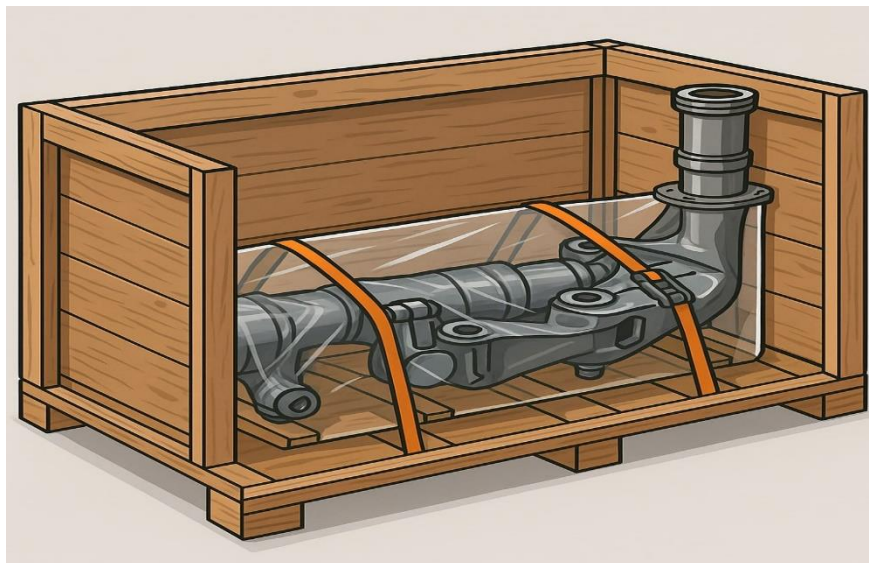


Рис. 1.6 Габарити одного місця вантажу, та приклад пакування

довжина — 2000 мм (2,0 м);

ширина — 1100 мм (1,1 м);

висота — 600 мм (0,6 м).

Розрахункові параметри:

об'єм – 1,32 м³;

площа основи – 2,2 м²;

тип вантажу – нестандартний, високовартісний.

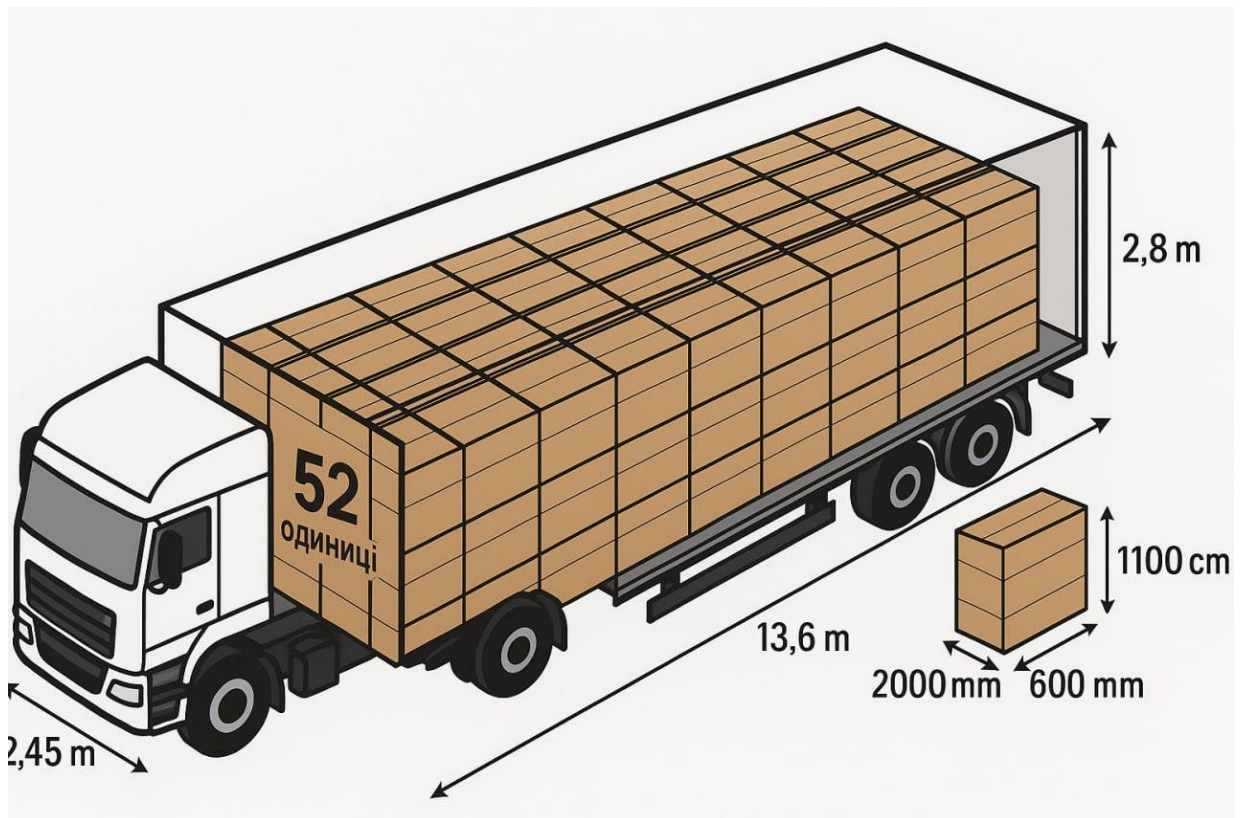


Рис. 1.7 Умови розміщення

Використання стандартного європейського автотранспортного засобу (фура, габарити кузова $13,6 \times 2,45 \times 2,8$ м) дозволяє оптимально завантажити вантаж: у кузові розміщується до 52 ящиків зі стійками шасі. Таке рішення забезпечує ефективне використання об'єму транспортного засобу та мінімізує витрати на одиницю перевезеного виробу.

Висновки до розділу 1

У першому розділі було розглянуто теоретичні основи транспортування складових частин літаків, що дозволило сформулювати комплексне уявлення про специфіку даного процесу та основні вимоги до його організації.

Авіаційні компоненти відзначаються великою різноманітністю за функціональним призначенням, габаритами, фізичними властивостями та критичністю для експлуатації повітряного судна. Це зумовлює необхідність класифікації таких виробів та індивідуального підходу до їх транспортування. Зокрема, крихкі, високотехнологічні та великогабаритні елементи вимагають спеціальних умов пакування, контролю мікроклімату та обмежень щодо механічного впливу.

Логістичні вимоги до перевезення авіадеталей охоплюють широкий спектр заходів — від застосування спеціалізованої упаковки та температурного моніторингу до організації процесів навантаження, вибору транспорту та супроводу вантажу. Забезпечення дотримання цих вимог прямо впливає на збереження якості компонентів, своєчасність постачання та безпеку подальшого використання.

Транспортування складових частин літаків регулюється численними нормативно-правовими актами — міжнародними (ICAO, IATA, CMR), європейськими та національними. Вони встановлюють стандарти безпеки, упаковки, маркування, процедури контролю, а також визначають відповідальність усіх учасників логістичного ланцюга.

У результаті аналізу сучасних практик перевезень авіадеталей виявлено, що провідні підприємства впроваджують високий рівень цифровізації, інтегрованих SCM-систем, принципи Just-in-Time, модульну логістику та активну співпрацю з 3PL/4PL-партнерами. Також зростає увага до екологічної складової транспортування та ризик-менеджменту.

Таким чином, ефективна організація транспортування авіаційних компонентів вимагає системного підходу, що базується на глибокому розумінні специфіки вантажів, регуляторних вимог та сучасних логістичних інструментів.

Отримані теоретичні положення слугуватимуть основою для подальшого аналізу поточного стану транспортного процесу та розробки практичних рішень щодо його удосконалення.

РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ОРГАНІЗАЦІЇ ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕСУ ПЕРЕВЕЗЕНЬ АВІАКОМПОНЕНТІВ

2.1. Загальна характеристика логістичного ланцюга постачання в авіабудуванні

Логістичний ланцюг постачання в авіабудуванні — це складна, багаторівнева система, що охоплює широкий спектр дій: від постачання сировини та комплектуючих до доставки готових виробів замовнику. Його ефективність безпосередньо впливає на ритмічність виробництва, якість кінцевої продукції та витрати компанії.

Авіабудування — одна з найскладніших галузей машинобудування, яка характеризується високим ступенем кооперації між різними виробниками, розташованими в різних країнах. Одне повітряне судно може складатися з мільйонів деталей, виготовлених сотнями підприємств. Це обумовлює потребу у створенні глобальних логістичних мереж, які об'єднують виробників, постачальників, логістичних операторів, склади та збиральні заводи.

Основні ланки логістичного ланцюга в авіабудуванні:

1. Постачальники сировини та матеріалів

Виробництво авіакомпонентів починається з отримання високоякісних матеріалів — алюмінієвих сплавів, титану, вуглепластику, спеціальних полімерів. Важливо забезпечити контроль їхніх фізико-хімічних властивостей і стабільність постачання.

2. Виробники комплектуючих

Це підприємства, які виготовляють деталі, вузли та агрегати (крила, двигуни, шасі, авіоніку тощо). У процесі виробництва активно використовується аутсорсинг і субпідряд, що ускладнює логістику.

3. Центри збірки

Основні виробничі майданчики, де здійснюється складання літака з модулів і систем. Вони знаходяться в постійній залежності від точності та своєчасності постачань.

4. Склади проміжного зберігання

Служать для акумулювання, обробки та сортування компонентів, що надходять з різних джерел. Тут здійснюється приймальний контроль, пакування, комплектування замовлень і підготовка до відправки.

5. Логістичні оператори

Відповідають за транспортування, митне оформлення, збереження і своєчасну доставку вантажів. Залежно від виду вантажу та відстані, застосовуються різні види транспорту — автомобільний, авіаційний, залізничний, морський.

6. Кінцевий замовник (авіакомпанія або військовий замовник)

Отримує повністю зібраний та сертифікований літальний апарат або його окремі елементи для подальшого використання.

Особливості логістичного ланцюга в авіабудуванні:

1. Висока складність – через велику кількість учасників і вузькоспеціалізовану продукцію.
2. Необхідність суворої синхронізації – кожен етап повинен бути узгоджений з графіком виробництва.
3. Низька допустимість помилок – через вартість компонентів та високі вимоги до якості.
4. Тривалі цикли постачання – що зумовлює потребу в довгостроковому плануванні.
5. Значна географічна розгалуженість – деталі можуть транспортуватися між континентами.

У сучасному авіабудуванні широко впроваджуються цифрові платформи управління ланцюгами постачання (Supply Chain Management, SCM).

Вони дозволяють:

1. здійснювати відстеження вантажів у режимі реального часу;
2. прогнозувати затримки або відхилення;
3. керувати залишками та замовленнями;

4. координувати дії між виробниками, перевізниками та кінцевими споживачами.

Таким чином, логістичний ланцюг постачання в авіабудуванні — це не просто шлях переміщення товарів, а складна система з чітко визначеними ролями, що потребує точності, надійності, гнучкості та постійного вдосконалення. Аналіз його структури є необхідною умовою для виявлення слабких місць і розробки ефективних рішень щодо оптимізації транспортування авіаційних компонентів.

2.2. Аналіз структури та учасників транспортного процесу

Транспортний процес перевезення авіаційних складових є багатоетапним і комплексним, оскільки включає в себе не лише фізичне переміщення вантажу, але й координацію логістичних дій між різними учасниками, дотримання регламентів і контроль кожного етапу. Його ефективність визначається чітко структурованою організацією та взаємодією між усіма сторонами процесу.

У загальному вигляді транспортний процес можна розділити на такі основні етапи:

Підготовчий етап

1. формування замовлення на перевезення;
2. підготовка логістичних документів;
3. пакування та маркування вантажу відповідно до вимог;
4. перевірка стану компонента, його відповідності технічній документації.

Завантаження і транспортування

1. навантаження виробу на транспортний засіб (з дотриманням вимог безпеки);
2. фіксація вантажу;
3. вибір оптимального маршруту доставки;
4. перевезення з контролем умов (температура, вологість, вібрації тощо).

Розвантаження та приймання

1. безпечне розвантаження;
2. фотофіксація стану;
3. оформлення акту приймання-передачі;
4. доставка на склад або безпосередньо до виробничої лінії.

Контроль і моніторинг

1. супровід вантажу;
2. відстеження в реальному часі;
3. контроль виконання термінів і умов доставки;
4. обробка інцидентів у разі пошкоджень або затримок.

Основні учасники транспортного процесу

1. Виробник або постачальник авіаційних компонентів

Відповідає за якість упаковки, дотримання умов безпечного транспортування, надання відповідної документації та попереднє узгодження термінів доставки.

2. Логістичний координатор (менеджер з постачання)

Виступає посередником між постачальником, перевізником і замовником. Формує логістичну схему, обирає транспортну компанію, веде комунікацію між учасниками процесу.

3. Транспортна компанія (3PL та 4PL оператор)

Здійснює фізичне перевезення. Відповідальна за збереження вантажу під час переміщення, вибір транспорту, страхування, дотримання регламентів та строків. Часто також бере на себе митне оформлення (при міжнародних перевезеннях).

4. Складське підприємство або логістичний хаб

Виконує функції тимчасового зберігання, сортування, консолідації вантажів, а також підготовки до подальшого транспортування. Може також здійснювати контроль за станом вантажу.

5. Одержувач (виробник літальних апаратів)

Здійснює приймання компонентів, перевірку їх цілісності, відповідності

технічній документації та своєчасності доставки. У разі порушень – фіксує рекламачіі.

6. Страхові та митні органи (у разі міжнародних перевезень)

Страхова компанія забезпечує фінансове покриття ризиків пошкодження або втрати вантажу. Митні служби контролюють дотримання зовнішньоекономічного законодавства, оформлення документів, сплату мит і зборів.

Взаємодія між учасниками

Для забезпечення узгодженості дій усіх учасників транспортного процесу важливу роль відіграє:

1. застосування єдиної інформаційної системи (ERP, TMS, SCM);
2. чіткий розподіл відповідальності;
3. контроль якості на кожному етапі (через чек-листи, аудити, акти приймання-передачі);
4. регулярне інформування всіх сторін про хід транспортування.

Таким чином, ефективність транспортного процесу залежить не лише від якості виконання кожного етапу, а й від рівня взаємодії між його учасниками. Комплексна організація з чітко визначеними ролями та відповідальністю дозволяє мінімізувати ризики, забезпечити високу якість перевезення та дотримання виробничих графіків.

2.3. Визначення ключових вузьких місць і проблем організації перевезень

Організація транспортування авіаційних компонентів пов'язана з рядом обмежень, які можуть призводити до затримок, підвищення витрат, пошкоджень вантажу або зриву виробничих графіків. Виявлення таких вузьких місць є необхідним етапом для подальшого вдосконалення логістичних процесів.

Основні вузькі місця у транспортному процесі

1. Невідповідність упаковки специфіці вантажу

У випадках, коли упаковка не забезпечує достатнього захисту від вібрацій, вологи, температурних коливань чи механічних пошкоджень, компоненти

можуть бути пошкоджені навіть при дотриманні інших умов перевезення. Це особливо критично для електроніки, композитних матеріалів і оптичних елементів.

2. Затримки на етапі завантаження та оформлення

Через відсутність уніфікованих процедур, затверджених графіків або людський фактор, можуть виникати затримки під час завантаження, документального оформлення або погодження з митницею. Це дестабілізує логістичний ланцюг і впливає на виробничий процес.

3. Недостатня прозорість ланцюга постачання

Відсутність інтегрованої інформаційної системи або слабка взаємодія між учасниками призводить до низької видимості руху вантажу, ускладнює контроль, унеможлиблює оперативне реагування на відхилення та затримки.

4. Високий рівень залежності від зовнішніх постачальників та логістичних партнерів

У разі неспроможності одного з учасників логістичного ланцюга виконати зобов'язання (наприклад, логістична компанія затримує рейс або постачальник пропускає термін), увесь процес може бути порушено.

5. Відсутність резервних логістичних рішень (backup)

Неврахування альтернативних маршрутів або перевізників на випадок форс-мажору (погодні умови, страйки, військові дії) робить систему вразливою до зовнішніх ризиків.

6. Обмежені можливості спеціалізованого транспорту та обладнання

Нестача спеціалізованих засобів для перевезення великогабаритних або нестандартних компонентів, таких як частини крила або фюзеляжу, може стати серйозною перешкодою для безпечного транспортування.

7. Неналежний рівень підготовки персоналу

Помилки персоналу при навантаженні/розвантаженні, порушення інструкцій з безпеки, неправильне закріплення вантажу можуть призвести до аварій, пошкоджень деталей або затримок.

Ключові проблеми організації перевезень:

1. Низький рівень автоматизації та цифровізації логістичних процесів у порівнянні з передовими підприємствами галузі;
2. Складність регуляторних процедур, особливо у випадку міжнародних перевезень (митне оформлення, сертифікація);
3. Обмежений бюджет на логістику у деяких виробничих компаній, що змушує економити на контролі якості перевезень;
4. Недостатня гнучкість логістичних систем — неспроможність оперативно перебудувати маршрути при виникненні ризиків.

Наслідки наявності вузьких місць:

1. порушення графіків виробництва;
2. збільшення вартості продукції через логістичні витрати;
3. підвищення рівня браку через пошкодження під час транспортування;
4. зниження рівня довіри до постачальника або логістичного партнера.

У результаті аналізу можна зробити висновок, що ефективна організація транспортного процесу вимагає системного підходу до усунення виявлених вузьких місць. У подальших розділах буде запропоновано інструменти й методи оптимізації, що дозволять підвищити надійність та ефективність перевезень авіаційних компонентів.

2.4. Вплив умов транспортування на цілісність і безпеку авіаційних деталей

Цілісність та функціональність авіаційних компонентів у великій мірі залежать від дотримання належних умов транспортування. Будь-які порушення температурного режиму, вібраційних навантажень, вологості чи механічного впливу можуть спричинити ушкодження, які не завжди помітні зовні, але можуть проявитися під час експлуатації. Це особливо небезпечно з огляду на критичність авіаційних виробів для безпеки польотів.

Основні фактори впливу на цілісність та безпеку:

1. Механічні навантаження (удари, вібрації, тряска)

Під час завантаження, транспортування або розвантаження компоненти можуть зазнавати динамічних навантажень. Особливо вразливими є електронні плати, скляні елементи, датчики та інші точні прилади. Надмірна вібрація або удари можуть призвести до:

1. мікротріщин у корпусі деталей;
2. порушення калібрування систем;
3. розриву контактів або пайок.

2. Вплив температури

Багато авіаційних матеріалів, особливо композитних або електронних, мають чітко визначений робочий температурний діапазон. Порушення температурного режиму в процесі транспортування може викликати:

1. деформацію або зміну властивостей матеріалів;
2. конденсацію вологи всередині упаковки;
3. вихід з ладу акумуляторів, дисплеїв чи інших температурочутливих елементів.

3. Вологість та корозія

Підвищена вологість або потрапляння води може викликати корозію металевих частин, окислення контактів, псування ізоляційних матеріалів. Особливо небезпечні ситуації, коли волога потрапляє до деталей під час довготривалого транспортування або зберігання без герметичної упаковки.

4. Ультрафіолетове випромінювання та пил

При транспортуванні у відкритому транспорті або при зберіганні на відкритому повітрі можлива дія ультрафіолетового випромінювання, що призводить до старіння полімерів. Наявність пилу чи інших дрібних часток у пакуванні або на виробі може викликати абразивне зношення поверхонь.

5. Порушення фіксації вантажу

Ненадійне кріплення під час транспортування великогабаритних деталей (наприклад, частин крила чи фюзеляжу) може призвести до їх зміщення, ударів об стінки контейнера, викривлення або втрати геометричної точності.

Приклади негативних наслідків:

1. розгерметизація гідравлічних систем через мікропошкодження ущільнень;
2. пошкодження обмотки кабелів або з'єднувачів через стискання або згин;
3. втрата сертифікованого статусу компонента після перевищення температурного ліміту (навіть без зовнішніх пошкоджень);
4. підвищення рівня браку при монтажі через невиявлені пошкодження під час транспортування.

Заходи для збереження цілісності авіадеталей:

1. використання спеціалізованої антивібраційної тари, пінопластових вставок, амортизаційних підкладок;
2. температурний моніторинг під час усього маршруту перевезення з фіксацією даних;
3. упаковка з герметичними бар'єрними матеріалами, що запобігають проникненню вологи;
4. маркування упаковки попереджувальними написами: «Крихке», «Не кидати», «Зберігати в сухому місці», «Температурний контроль» тощо;
5. візуальний і технічний огляд деталей після доставки, особливо для критичних систем.

Таким чином, умови транспортування безпосередньо впливають на безпеку та працездатність авіаційних деталей. У зв'язку з цим особливу увагу слід приділяти плануванню логістичного процесу, вибору відповідного транспорту та пакувальних матеріалів, контролю за умовами перевезення і дотриманню регламентів. Надійна система запобіжних заходів значно знижує ризики ушкоджень і сприяє забезпеченню високих стандартів безпеки в авіаційній галузі.

2.5 Особливості перевезення складових частин літаків

Будь-який літак - вантаж негабаритний за визначенням, адже розмах крил не буває менше трьох метрів. Перебазувати його з точки А до точки Б можна лише такими способами:

1. перегнати своїм ходом;
2. перевезти важким транспортним літаком, «на спині» або у вантажному відсіку (з частковим розбиранням);
3. перевезти на зовнішній підвісці важкого вертольоту;
4. перевезти автотранспортом;
5. перевезти у контейнері.

Перші три способи застосовні далеко не завжди, а ось останні два годяться для більшості потенційних перевезень літаків, крім хіба що найважчих, тобто. великогабаритних.

Способи перевезення

Насамперед, у літака демонтуються крила, у великих літальних апаратів та хвостове оперення. Така операція у разі зменшує габарити, але потребує залучення авіаційних спеціалістів. Невеликі літаки можна перевозити і без розбирання, в тому числі і зануривши їх поперек тралу - але при цьому вантаж стає надгабаритним по ширині і потрібне замовлення супроводу як автомобілями ДПС, так і машинами прикриття.

Деякі моделі бойових машин можна перевозити без використання низькорамника - після зняття крил їх чіпляють до баластового тягача і вони їдуть на своїх шасі. Цей же спосіб застосовний і до більших цивільних літаків, але роль шасі виконує великовантажний візок.

2.6 Аналіз транспортного засобу для перевезення вантажів



Рис 2.1 DAF XF 105

Таблиця 1.1 характеристика DAF XF 105

Повна маса автопоїзда, кг	44 000
Допустиме навантаження по осях, кг	5000/13500
Колісна база, мм	3800
Задній звис, мм	990
двигун: - робочий об'єм, см ³ - ступінь стиснення - потужність, к.с. - крутний момент, Н · м.	РАССАР MX340, турбодизель, I-6, Euro 5 12 902 17,1: 1462 при 1500-1900 хв- 1 2300 при 1000-1400 хв-1 32л. на 100км.
Коробка передач: число передач КП вперед / назад передавальне відношення головної пари	16S23, механічна 16 / 22,69: 1
Гальмівні механізми все коліс	дискові
Місткість паливного бака, л	850
Місткість бака AdBlue, л	50
Шини	315/70 R22,5



Рис 2.2 DAF CF

Таблиця 1.2 характеристика DAF CF

Повна маса автопоїзда, кг	32000
Допустиме навантаження по осях, кг	7500/13500
Колісна база, мм	5800
двигун: робочий об'єм, см ³ ступінь стиснення потужність, к.с. крутний момент, Н · м	РАССАР PR, турбодизель, Euro 6, 6.7л, 1100Нм, 200-300 к.с. 22л. на 100км
Гальмівні механізми все коліс	дискові
Місткість паливного бака, л	850
Шини	315/80R22,5



Рис 2.3 VOLVO FH 16

Таблиця 1.3 характеристика VOLVO FH 16

Повна маса автопоїзда, кг	45 000
Допустиме навантаження по осях, кг	7500/20000
Колісна база, мм	4600
двигун: робочий об'єм, см ³ ступінь стиснення потужність, к.с. крутний момент, Н · м	Volvo D16 G750; турбодизель, I-6 16 123 750 при 1900 мін-13550–1000 при 1500 мін-1 20л. на 100 км.
Коробка передач: число передач КП вперед / назад передавальне відношення головної пари	автоматизована, I-SHIFT 12/1
Гальмівні механізми все коліс	дискові
Місткість паливного бака, л	600
Місткість бака AdBlue, л	90
Шини	315/70 R22,5

Вибір вантажного рухомого складу один з основних питань, яке вирішується при обґрунтуванні транспортно-технологічних схем переміщення вантажів. Він взаємопов'язаний з технологією підготовки до переміщення, споживання і пакування вантажу, застосовуваним транспортним обладнанням, способами і засобами виконання вантажно-розвантажувальних і складських робіт. Правильно обраний рухомий склад повинен забезпечувати мінімум сумарних витрат на переміщення та зберігання вантажів по всьому ланцюгу. Вибір рухомого складу залежить від обсягу і відстані перевезень, умов і метод їх організації, розмірів відправок, роду вантажів і їх ціни, засобів і способів виробництва вантажно-розвантажувальних робіт, дорожніх і кліматичних умов. Вибір автотранспортного засобу для конкретних умов експлуатації зводиться до визначення типу його кузова, вантажопідйомності, складу, осьових навантажень та типу двигуна з подальшим встановленням марки і моделі. В нашій моделі на менші витрати по ПММ та паливу, VOLVO FH 16 використовує 20 літрів, тоді як конкуренти 22-30л на 100 кілометрів.

У всіх випадках доцільно застосування рухомого складу максимальної вантажопідйомності, що допускається в даних умовах експлуатації, при відповідній продуктивності вантажно-розвантажувальних машин. При виборі рухомого складу основним комплексним виміром ефективності перевезень є: продуктивність транспортного засобу, вартісні показники. До вартісних показників відносяться: величина витрат на перевезення, собівартість перевезень, прибуток. Цим найкращим показником відповідає VOLVO FH 16 (Рис 2.4).



Рис 2.4 VOLVO FH 16

2.7 Маршрут доставки

Для кожного маршруту визначено витрати пального та амортизації вантажівки *Volvo FH16*. Норма витрати дизельного палива прийнята 20 л/100 км (0,2 л/км). Середня ринкова ціна дизельного пального станом на листопад 2025 року складає близько 56,5 грн за літр. Амортизаційні відрахування обчислено методом пробігу: вартість вантажівки 6 300 000 грн, строк експлуатації 5 років, середньомісячний пробіг 8000 км. За 5 років автомобіль пробігає близько 480 тис. км, тому амортизація становить близько 13,13 грн на 1 км пробігу (лінійне списання без залишкової вартості). Таким чином, для кожного маршруту:

Витрата пального (л) = (відстань, км) × 20 л/100 км.

Вартість пального (грн) = (витрата, л) × 56,5 грн.

Амортизація (грн) = (відстань, км) × 13,125 грн/км.

Загальні витрати (грн) = вартість пального + амортизація.

Таблиця Маршрути А1–А3 → В1–В4, відповідні відстані та розрахункові витрати на пальне, амортизацію і сумарні витрати

Маршрут	Відстань, км	Витрата пального, л	Вартість пального, грн	Амортизація, грн	Витрати, грн
А1 Київ → В1 Київ	20	4.0	226.0	262.5	488.5
А1 Київ → В2 Харків	480	96.0	5424.0	6300.0	11724.0
А1 Київ → В3 Київ	15	3.0	169.5	196.9	366.4
А1 Київ → В4 Миколаїв	480	96.0	5424.0	6300.0	11724.0
А2 Харків → В1 Київ	480	96.0	5424.0	6300.0	11724.0
А2 Харків → В2 Харків	10	2.0	113.0	131.3	244.3
А2 Харків → В3 Київ	480	96.0	5424.0	6300.0	11724.0
А2 Харків → В4 Миколаїв	540	108.0	6102.0	7087.5	13189.5
А3 Львів → В1 Київ	540	108.0	6102.0	7087.5	13189.5

Маршрут	Відстань, км	Витрата пального, л	Вартість паль- ного, грн	Амортиза- ція, грн	Витрати, грн
А3 Львів → В2 Харків	1000	200.0	11300.0	13125.0	24425.0
А3 Львів → В3 Київ	540	108.0	6102.0	7087.5	13189.5
А3 Львів → В4 Миколаїв	800	160.0	9040.0	10500.0	19540.0

Висновки до розділу 2

У цьому розділі було здійснено поглиблений аналіз організації транспортного процесу перевезень авіаційних компонентів, що дозволило виявити ключові структурні особливості, учасників логістичного ланцюга, проблемні зони та чинники, що впливають на безпеку вантажів.

Розглянуто логістичний ланцюг постачання в авіабудуванні як складну систему із великою кількістю взаємопов'язаних етапів: від виробництва деталей і проміжного зберігання — до доставки їх на лінії складання. Особливістю таких ланцюгів є глобальна географічна розгалуженість, висока вартість вантажів, а також необхідність точної синхронізації постачань.

Визначено основних учасників транспортного процесу: постачальників, логістичних координаторів, перевізників, склади, страхові та митні служби, одержувачів. Встановлено, що успішна логістика залежить не лише від дотримання технічних норм, а й від якісної взаємодії між усіма сторонами.

У ході аналізу були виявлені ключові вузькі місця, зокрема:

1. недоліки в пакуванні та фіксації вантажу;
2. затримки при оформленні та завантаженні;
3. слабка інтеграція інформаційних систем;
4. залежність від зовнішніх підрядників;
5. недостатня готовність до непередбачуваних ситуацій (відсутність альтернативних маршрутів).

Окрему увагу приділено впливу умов транспортування на цілісність та безпеку авіаційних деталей. Доведено, що механічні впливи, порушення температурного та вологого режимів, неналежне маркування або пакування можуть призвести до пошкоджень, втрати функціональності або сертифікації компонентів. Впровадження систем моніторингу, належних стандартів упаковки та навчання персоналу — є критично важливими заходами запобігання цим ризикам.

Загалом, результати аналізу підкреслюють необхідність комплексного підходу до організації транспортного процесу, орієнтованого на підвищення

надійності, прозорості та стійкості логістичних операцій. Отримані висновки будуть використані в наступних розділах для розробки моделей оптимізації та практичних рекомендацій щодо удосконалення системи перевезень авіаційних складових.

РОЗДІЛ 3. ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ ОПЕРАЦІЙ У ТРАНСПОРТНОМУ ЗАБЕЗПЕЧЕННІ АВІАПРОМИСЛОВОСТІ

3.1. Визначення тарифів на перевезення заданого вантажу між містами України

Для розв'язання задачі необхідно спочатку зібрати дані про вартість перевезення вантажу заданого класу (дерев'яні ящики з шасі, цінність кожної одиниці – 2 млн грн) між відповідними пунктами постачання та одержання по Україні. Перевезення здійснюється єврофурую (вантажівка великої вантажопідйомності, до 20 т і 90 м³). Враховуємо, що висока вартість вантажу може впливати на тариф (необхідність підвищеного страхування, охорони тощо), але основними факторами залишаються відстань перевезення, тип та тоннаж транспорту. Для наближення до реальності використаємо орієнтовні тарифи українських перевізників станом на 2023–2025 рр.

За даними логістичної компанії «Aurora-Trans», вартість доставки стандартною фурую (20 тонн) між ключовими містами становить близько: Київ–Харків – 18 500 грн, Київ–Львів – 19 500 грн, Київ–Одеса – 22 500 грн, Київ–Запоріжжя – 23 600 грн[2]. Виходячи з цього, можна оцінити тариф і для напрямку Київ–Миколаїв, який має подібну відстань (480 км): орієнтовно ~22–23 тис. грн за рейс фури. Водночас перевезення в межах одного міста (наприклад, Київ–Київ або Харків–Харків) коштує значно менше – зазвичай оплачується мінімальне замовлення вантажівки (подача + кілька годин роботи). Для великої фури по Києву це приблизно 6000 грн (мінімум 4 години по ~1500 грн/год)[3]; для інших міст – на рівні 4000–5000 грн.

Спираючись на ці дані, складемо таблицю тарифів перевезення за одну умовну одиницю вантажу (один ящик) між складами-постачальниками A_i та одержувачами B_j . Усього маємо 3 пункти відправлення: A_1 – Київ, A_2 – Харків, A_3 – Львів (з відповідними запасами 20, 17 і 15 ящиків, сумарно 52), та 4 пункти призначення: B_1 – Київ (завод “Антонов”), B_2 – Харків (ХДАВП), B_3 – Київ (завод №410), B_4 – Миколаїв (“Аеросервіс”) із заявленими потребами 10, 15, 17, 10 одиниць відповідно (разом 52). Обсяг постачань і потреб

збалансований. Таблиця 3.1 подає відстані між цими містами та орієнтовні тарифи перевезення одного ящика вантажу (розраховані на основі повного завантаження фури 52 ящиками):

Таблиця 3.1 – Оцінка тарифів на перевезення одного ящика вантажу між пунктами А1–А3 та В1–В4.

Маршрут (А _і → В _ј)	Відстань, км (орієнтовно)	Тариф за рейс фури, грн	Тариф за 1 ящик, грн
А1 Київ → В1 Київ	20 км (місто)	6000	115
А1 Київ → В2 Харків	480 км	18 500	356
А1 Київ → В3 Київ	15 км (місто)	6000	115
А1 Київ → В4 Миколаїв	480 км	22 500	433
А2 Харків → В1 Київ	480 км	18 500	356
А2 Харків → В2 Харків	10 км (місто)	5000	96
А2 Харків → В3 Київ	480 км	18 500	356
А2 Харків → В4 Миколаїв	540 км	20 000	385
А3 Львів → В1 Київ	540 км	19 500	375
А3 Львів → В2 Харків	1000 км	35 000	673
А3 Львів → В3 Київ	540 км	19 500	375
А3 Львів → В4 Миколаїв	800 км	30 000	577

За основу взято тарифи на повне завантаження фури. *Примітка:* Для “внутрішньо-міських” перевезень (Київ–Київ, Харків–Харків) наведено мінімальну вартість замовлення фури, поділену на максимальне число ящиків (52), що становить ~115–96 грн за одиницю. В реальності вартість перевезення по місту залежить від відстані і часу, але порядок цифр відповідний.

Як видно, найдешевшими є перевезення в межах одного міста (менше 120 грн/ящик). Серед міжміських напрямків найдорожчим очікувано є Львів–Харків (~673 грн) через найбільшу відстань, тоді як маршрути на ~500 км (Київ–Харків, Київ–Миколаїв тощо) мають тариф ~350–430 грн за одиницю. Висока заявлена вартість вантажу (2 млн грн за одиницю) може призводити до певного збільшення тарифів (на ~5–10%), оскільки перевізники закладають витрати на страхування та безпеку цінних вантажів[1]. Однак для розрахунків будемо використовувати наведені середні тарифи, вважаючи їх репрезентативними для даної задачі.

3.2. Математична модель транспортної задачі

Задачу доставки 52 авіадеталей з трьох складів (A1–A3) до чотирьох споживачів (B1–B4) можна сформулювати як *транспортну задачу* мінімізації вартості. Необхідно визначити, скільки вантажних одиниць x_{ij} перевозити від постачальника A_i до одержувача B_j (де $i = 1,2,3$; $j = 1,2,3,4$), щоб задовольнити всі потреби й мінімізувати загальні транспортні витрати.

Нехай:

- a_i – наявний обсяг вантажу (ящиків) у постачальника A_i . В нашому випадку $a_1 = 20$, $a_2 = 17$, $a_3 = 15$ (ящ.).

- b_j – потреба одержувача B_j у вантажі. Згідно з умовою $b_1 = 10$, $b_2 = 15$, $b_3 = 17$, $b_4 = 10$ (ящ.).

- c_{ij} – вартість перевезення однієї одиниці вантажу (ящика) з пункту A_i до пункту B_j . Числові значення c_{ij} наведено в табл. 3.1 (четвертий стовпець).

Враховуючи, що сумарна пропозиція дорівнює сумарному попиту ($\sum_i a_i = 52 = \sum_j b_j$), задача є збалансованою. Введемо змінні $x_{ij} \geq 0$ – кількість ящиків, що перевозяться з A_i в B_j . Математична модель має вигляд:

Мінімізувати загальні витрати:

$$Z = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^4 c_{ij} x_{ij}, \quad (3.1)$$

за умов: (балансу потоків у постачальників та споживачів)

$$\sum_{j=1}^4 x_{ij} = a_i, \quad i = 1,2,3 \quad (3.2)$$

$$\sum_{i=1}^3 x_{ij} = b_j, \quad j = 1,2,3,4 \quad (3.3)$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad \text{для всіх } i, j.$$

Формула (3.1) – це цільова функція, що обчислює сумарну вартість перевезення (грн). Обмеження (3.2) гарантують, що з кожного складу A_i відправлено рівно a_i одиниць (не більше наявного вантажу), а умови (3.3) – що кожен отримувач B_j отримав рівно b_j одиниць (задоволено його попит). Невід’ємність (3.4) означає, що негативних перевезених кількостей бути не може.

Таким чином, модель описує розподіл 52 ящиків по мережі «постачальник–споживач» з метою мінімізації витрат на транспорт. Ця задача є класичною транспортною задачею лінійного програмування. Для її розв’язання застосуємо методи, що вивчаються в дослідженні операцій: спочатку знайдемо початковий опорний план методом найменшої вартості, а відтак отримаємо оптимальний план, покращивши опорний методом потенціалів.

3.3. Побудова початкового плану методом найменшої вартості

Метод найменшої вартості полягає в поступовому заповненні перевезень по маршрутах, починаючи з найдешевших, з урахуванням наявних запасів та потреб. Спираючись на тарифну матрицю (табл. 3.1), впорядкуємо всі можливі напрямки $A_i \rightarrow B_j$ за зростанням вартості c_{ij} :

1. Найнижчі витрати: локальні перевезення Харків–Харків (A_2-B_2) – 96 грн/ящик, та Київ–Київ (A_1-B_1, A_1-B_3) – 115 грн/ящик.
2. Наступна група: Київ–Харків, Харків–Київ, Харків–Київ (тобто $A_1 \rightarrow B_2, A_2 \rightarrow B_1, A_2 \rightarrow B_3$) – по 356 грн за одиницю.
3. Далі: Львів–Київ (375 грн) і Харків–Миколаїв (~385 грн).
4. Дорожчі: Київ–Миколаїв (433 грн).
5. Дуже дорогі: Львів–Миколаїв (577 грн) та Львів–Харків (673 грн).

Тепер, дотримуючись цього порядку, розподілимо 52 одиниці вантажу, поки всі потреби b_j не будуть задоволені (алгоритм схематично ілюструє табл. 3.2):

1. Маршрут А2–В2 (Харків–Харків) – найдешевший (96 грн/ящик). Одержувач В2 (ХДАВП, Харків) потребує 15 ящиків, постачальник А2 має 17. Відправляємо максимальну можливу кількість на цьому напрямку – 15 одиниць (задовольняємо весь попит В2). Після цього: В2 повністю забезпечено (потреба залишку 0), у А2 залишилось $17 - 15 = 2$ ящики.

2. Маршрут А1–В1 (Київ склад → Київ “Антонов”) – також дуже дешевий (115 грн/ящик). Споживач В1 потребує 10. У постачальника А1 (Київ) доступно 20. Можемо направити 10 одиниць по А1–В1, заклавши потребу В1. Залишок вантажу у А1: $20 - 10 = 10$ ящиків; В1 забезпечено повністю.

3. Маршрут А1–В3 (Київ склад → Київ завод 410) – такий самий тариф (115 грн). В3 потребує 17 одиниць, у А1 ще 10 доступно. Відправляємо 10 ящиків з А1 до В3. Це вичерпує запас А1 (0 залишок), а потребу В3 зменшує до $17 - 10 = 7$.

4. Маршрут А2–В3 (Харків → Київ завод 410) – наступний за дешевизною (356 грн). Після кроку 1 у А2 залишилось 2 ящики, а В3 все ще потребує 7. Тому відправляємо 2 одиниці з А2 до В3 (усі, що залишалися на складі А2). Тепер склад А2 повністю вичерпано (0), а потреба В3 зменшується до $7 - 2 = 5$.

5. Залишились незабезпеченими: В3 (5 ящ.) та В4 (10 ящ.). Єдиним постачальником з невикористаним ресурсом є А3 (Львів) з 15 ящиками. Отже, решту вантажу мусить постачати А3:

6. Маршрут А3–В3 (Львів → Київ завод 410) має тариф 375 грн/ящик. Потреба В3 = 5, у А3 достатньо 15 – відправляємо 5 одиниць, закриваючи попит В3. Залишок А3: $15 - 5 = 10$.

7. Маршрут А3–В4 (Львів → Миколаїв) – останній, що залишився, з тарифом 577 грн. Одержувачу В4 потрібно 10, у А3 саме 10 лишилося – відправляємо 10 одиниць з А3 до В4. Це завершує формування плану: склад А3 обнулено, потреба В4 задоволена.

Таблиця 3.2 – Початковий план розподілу вантажу (метод найменшої вартості) та розрахунок вартості.

Постачальник → Одержувач	В1 (Київ- Антонов)	В2 (Харків ХДАВП)	В3 (Київ завод 410)	В4 (Мико- лаїв)	Викорис- тано з A_i
А1 (Київ склад)	10×6000 = 60 000	–	$10 \times 6000 =$ 60 000	–	20 / 20 ящ.
А2 (Харків склад)	–	$15 \times 5000 =$ 75 000	$2 \times 18\,500$ = 37 000	–	17 / 17 ящ.
А3 (Львів склад)	–	–	$5 \times 19\,500$ = 97 500	$10 \times 30\,000 =$ 300 000	15 / 15 ящ.
Задоволено B_j	10 / 10	15 / 15	17 / 17	10 / 10	–
Вартість, грн	60 000	75 000	$60\,000 +$ $37\,000 +$ $97\,500 =$ 194 500	300 000	629 500

Показано кількість ящиків та витрати на кожному використаному маршруті. Знак "–" означає, що перевезення за даним напрямком не здійснюється у плані. Праворуч і внизу таблиці вказано виконання балансових обмежень (скільки з кожного A_i відправлено / скільки було, і скільки для кожного B_j отримано / скільки треба).

Як видно з табл. 3.2, початковий план передбачає: - Київський склад А1 повністю забезпечив місцевий попит В1 (10 ящ.) і частково – київський завод В3 (10 з 17 ящ.). - Харківський завод А2 забезпечив свій локальний авіазавод В2 (15 ящ.) і відправив ще 2 ящики до київського В3. - Львівський склад А3, що залишився, змушений був покрити решту потреб: 5 ящиків для В3 і всі 10 для Миколаєва В4.

Загальна вартість такого перевезення становить 629 500 грн. Однак не факт, що цей план є оптимальним щодо мінімізації витрат – його ми отримали жадібним алгоритмом без перевірки можливостей перерозподілу. Тому наступним кроком слід перевірити опорний план на оптимальність методом потенціалів і, за потреби, оптимізувати його.

3.4. Оптимізація плану методом потенціалів

Метод потенціалів використовується для перевірки оптимальності отриманого розв'язку транспортної задачі та пошуку кращого плану, якщо такий існує. Суть методу: для кожного постачальника A_i та отримувача B_j обчислюються потенціали u_i та v_j із системи рівнянь $u_i + v_j = c_{ij}$ для всіх маршрутов, задіяних в базисному плані (тобто де $x_{ij} > 0$). Далі розраховуються *відносні виграші* (або оцінки) $\Delta_{ij} = c_{ij} - (u_i + v_j)$ для всіх невикористаних напрямків. Якщо всі $\Delta_{ij} \geq 0$, план оптимальний; якщо ж існує хоча б одне $\Delta_{ij} < 0$, то перевезення за цим напрямком дозволяє зменшити витрати – треба скоригувати план, включивши цей напрямок.

Для початкового плану (табл. 3.2) базисними є маршрути: A1–B1, A1–B3, A2–B2, A2–B3, A3–B3, A3–B4. Складемо систему для потенціалів. Покладемо, наприклад, $u_1 = 0$ (нормування рівнянь, оскільки рішення визначається з точністю до константи). Тоді з рівнянь для базисних клітинок маємо:

$$\text{Для A1–B1: } u_1 + v_1 = c_{13} = 6000 \Rightarrow 0 + v_1 = 6000, \text{ отже } v_1 = 6000. \quad (3.4)$$

$$\text{Для A1–B3: } u_1 + v_3 = 6000 \Rightarrow 0 + v_3 = 6000, \text{ тому } v_3 = 6000. \quad (3.5)$$

$$\text{Для A2–B3: } u_2 + v_3 = 18\,500 \Rightarrow u_2 + 6000 = 18\,500, \text{ звідки } u_2 = 12\,500. \quad (3.6)$$

$$\text{Для A3–B3: } u_3 + v_3 = 19\,500 \Rightarrow u_3 + 6000 = 19\,500, \text{ звідки } u_3 = 13\,500. \quad (3.7)$$

$$\text{Для A3–B4: } u_3 + v_4 = 30\,000 \Rightarrow 13\,500 + v_4 = 30\,000, \text{ отже } v_4 = 16\,500. \quad (3.8)$$

$$\text{Для A2–B2: } u_2 + v_2 = 5000 \Rightarrow 12\,500 + v_2 = 5000, \text{ звідки } v_2 = -7\,500. \quad (3.9)$$

(Негативний потенціал v_2 математично допустимий, він лише відображає, що тариф на маршруті A2–B2 був дуже низьким у порівнянні з базовим рівнем.)

Отже, отримані потенціали:

$$u_1 = 0, \quad u_2 = 12\,500, \quad u_3 = 13\,500; \quad (3.9)$$

$$v_1 = 6\,000, \quad v_2 = -7\,500, \quad v_3 = 6\,000, \quad v_4 = 16\,500. \quad (3.10)$$

Тепер обчислимо оцінки $\Delta_{ij} = c_{ij} - (u_i + v_j)$ для всіх *ненаповнених* клітин (де $x_{ij} = 0$ у табл. 3.2): Для А1–В2: $\Delta_{12} = c_{12} - (u_1 + v_2) = 18\,500 - (0 + (-7\,500)) = 18\,500 - (-7\,500) = 26\,000 > 0$. (3.11)

$$\text{А1–В4: } \Delta_{14} = 22\,500 - (0 + 16\,500) = 6\,000 > 0. \quad (3.12)$$

$$\text{А2–В1: } \Delta_{21} = 18\,500 - (12\,500 + 6\,000) = 0. \quad (3.13)$$

$$\text{А2–В4: } \Delta_{24} = 20\,000 - (12\,500 + 16\,500) = -9\,000. \quad (3.14)$$

$$\text{А3–В1: } \Delta_{31} = 19\,500 - (13\,500 + 6\,000) = 0. \quad (3.15)$$

$$\text{А3–В2: } \Delta_{32} = 35\,000 - (13\,500 + (-7\,500)) = 35\,000 - 6\,000 = 29\,000 > 0. \quad (3.16)$$

Аналіз оцінок показує, що для більшості не використовуваних напрямків $\Delta_{ij} \geq 0$; зокрема, $\Delta_{21} = 0$ і $\Delta_{31} = 0$ свідчать, що маршрути А2–В1 та А3–В1 мають ту саму граничну вартість, що й базис (тобто можуть бути використані без зміни загальної ціни – випадок альтернативного оптимуму). Проте існує *єдиний напрямок з від'ємною оцінкою* – А2–В4 (Харків → Миколаїв), для якого $\Delta_{24} = -9\,000 < 0$. Це означає, що включення перевезення по маршруту А2–В4 дозволить знизити загальні витрати на 9000 грн (на кожну одиницю, перевезену цим шляхом). Таким чином, початковий план не оптимальний – його можна покращити, перерозподіливши частину потоку на напрямок А2–В4.

Здійснимо коригування плану, додавши маршрут А2–В4. Метод потенціалів передбачає побудову *цикла переозначення*: з новою клітинкою (А2–В4) пов'язуємо цикл переміщення по базисних клітинках, чергуючи знак «+» та «-». Для маршруту А2–В4 цикл проходить такими вершинами (в координатах (A_i, B_j)): (А2–В4) → (А3–В4) → (А3–В3) → (А2–В3) → назад до (А2–В4). Цей цикл відповідає наступній зміні перевезень:

До поки що порожньої клітинки А2–В4 додаємо певну кількість вантажу ($+\theta$). З вузла А3–В4 (який лежить на тому ж В4) доведеться зняти θ (знак «–»),

На А3–В3 знову додати θ ,

На А2–В3 відняти θ ,

І повернутися в А2–В4.

Максимально можливе θ обмежується тим, щоб жодна зі «мінусових» клітин не стала негативною. В нашому циклі мінусові клітини – це А3–В4 (містило 10 одиниць) та А2–В3 (містило 2 одиниці). Найменше значення серед них – 2 (напрямок А2–В3). Отже, $\theta = 2$ ящики можна перенаправити по циклу, не порушуючи невід’ємності. Виконуємо переозначення:

По маршруту А2–В4 ставимо $x_{24} = 2$ (було 0, додали 2).

По маршруту А2–В3 було 2, віднімаємо 2 $\rightarrow x_{23} = 0$.

По маршруту А3–В3 було 5, додаємо 2 $\rightarrow x_{33} = 7$.

По маршруту А3–В4 було 10, віднімаємо 2 $\rightarrow x_{34} = 8$.

Після цієї корекції маємо новий план перевезень (табл. 3.3). Зверніть увагу: баланс знову дотримано – у кожного постачальника та споживача обсяги відправлення/отримання лишилися ті самі, просто перерозподілилися частки, звідки і куди їдуть окремі ящики. Зокрема, тепер 2 ящики, які раніше їхали зі Львова до Миколаєва, спрямовано з Харкова до Миколаєва, а 2 ящики, що їхали з Харкова до Києва (В3), тепер передані зі Львова до Києва.

Новий план має загальну вартість 611 500 грн, що на 18 000 грн менше, ніж початковий (629 500 грн). Економія досягнута за рахунок того, що 2 ящики до Миколаєва тепер везуться з Харкова (20 тис. грн за ящик) замість Львова (30 тис. грн за ящик), тобто кожен з цих двох ящиків обійшовся на 10 000 грн дешевше (разом виграш 20 000 грн). Одночасно, витрати трохи збільшились для Києва В3: ті 2 ящики, які раніше надсилались з Харкова (18 500 грн/ящик), тепер ідуть зі Львова (19 500 грн/ящик), кожен на 1000 грн дорожче (разом +2 000 грн). Чистий виграш: 20 000 – 2 000 = 18 000 грн, що узгоджується з розрахунками $\Delta_{24} = -9000$ (економія 9000 грн на кожному з 2 ящиків).

Таблиця 3.3 – План перевезень після введення маршруту А2–В4.

Постачальник → Одержувач	В1 (Київ- Анто- нов)	В2 (Харків ХДАВП)	В3 (Київ за- вод)	В4 (Мико- лаїв)	Викорис- тано з А _і
А1 (Київ склад)	10 × 6000 = 60 000	-516	10 × 6000 = 60 000	-556	20 / 20
А2 (Харків склад)	–	15 × 5000 = 75 000	0	2 × 20 000 = 40 000	17 / 17
А3 (Львів склад)	–	–	7 × 19 500 = 136 500	8 × 30 000 = 240 000	15 / 15
Задоволено В _і	10 / 10	15 / 15	17 / 17	10 / 10	–
Вартість, грн	60 000	75 000	60 000 + 136 500 = 196 500	40 000 + 240 000 = 280 000	611 500

Перевіримо оптимальність скоригованого плану. Для нового базису (А1–В1, А1–В3, А2–В2, А2–В4, А3–В3, А3–В4) обчислюємо потенціали (задаючи знов $u_1 = 0$):

$$\begin{aligned}
 u_1 = 0; \text{ з А1–В1: } v_1 = 6000; \text{ з А1–В3: } v_3 = 6000; \text{ з А2–В4: } u_2 + 16\,500 = \\
 20\,000 \Rightarrow u_2 = 3\,500; \text{ з А2–В2: } 3\,500 + v_2 = 5000 \Rightarrow v_2 = 1\,500; \text{ з А3–В3: } \\
 u_3 + 6000 = 19\,500 \Rightarrow u_3 = 13\,500; \text{ з А3–В4: } 13\,500 + 16\,500 = 30\,000 \text{ (ви-} \\
 \text{конано)}. \tag{3.17}
 \end{aligned}$$

Отримуємо:

$$u = (0, 3\,500, 13\,500) \tag{3.18}$$

$$v = (6000, 1500, 6000, 16\,500). \tag{3.19}$$

Оцінки для невикористаних тепер напрямків всі невід’ємні: наприклад, $\Delta_{12} = 18\,500 - (0 + 1500) = 17\,000 > 0$; $\Delta_{21} = 18\,500 - (3500 + 6000) = 9\,000 > 0$; $\Delta_{23} = 18\,500 - (3500 + 6000) = 9\,000 > 0$; $\Delta_{31} = 19\,500 - (13\,500 + 6000) = 0$; тощо. Жодної від’ємної оцінки не залишилось. Це означає, що подальше зменшення витрат неможливе – отриманий план є оптимальним.

Загальні мінімальні витрати на перевезення становлять 611 500 грн. План доставки, що забезпечує цю мінімальну вартість, зазначено в табл. 3.3. Слід відмітити, що існують альтернативні плани з такою самою вартістю – зокрема, оцінки $\Delta_{21} = 0$ і $\Delta_{31} = 0$ показують, що можна без зміни загальних витрат перекинути частину вантажу В1 (Київ-Антонов) від А1 до А3 або навпаки. Це не вплине на сумарну ціну, оскільки тарифи з Києва і Львова до В1 фактично зрівноважені у оптимумі. В нашому рішенні для визначеності прийнято, що В1 повністю отримує з А1. Таким чином, оптимальний розподіл можна описати так:

Склад А1 (Київ) постачає 10 ящиків на київський завод Антонова (В1) і 10 ящиків – на київський завод 410 (В3).

Склад А2 (Харків) постачає 15 ящ. на харківський авіазавод (В2) та 2 ящ. на миколаївське підприємство (В4).

Склад А3 (Львів) постачає 7 ящ. на київський завод 410 (В3) і 8 ящ. – до Миколаєва (В4).

Усі потреби В1–В4 повністю задоволені, складські запаси А1–А3 повністю використані. Загальний “плече” перевезень мінімізовано з точки зору витрат.

3.5. Інтерпретація результатів та пропозиції щодо вдосконалення логістичного процесу

Розв’язання показало раціональний розподіл потоків: кожен постачальник максимально забезпечує найближчі до нього одержувачі, щоб мінімізувати транспортні витрати. Так, Київський склад покриває два київські заводи; Харківський – свій місцевий завод і навіть частково Миколаїв (що виявилось вигідніше, ніж далеке перевезення з Львова); Львівський склад постачає віддалені точки (Київ, Миколаїв), бо інших варіантів нема. Цей результат відповідає інтуїтивним очікуванням: “внутрішні” перевезення дешевші за міжміські, тому локальні потреби закриваються локальними запасами першочергово.

Важливо відзначити, що загальна вартість транспортування (0,612 млн грн) є дуже малою часткою від загальної вартості самих авіадеталей (52×2 млн = 104 млн грн). На кожен ящик припадає в середньому близько 11,75 тис. грн транспортних витрат, що лише $\sim 0,6\%$ від його вартості. Отже, навіть значне скорочення логістичних витрат (на десятки відсотків) мало вплине на сумарні витрати авіапромислового проєкту, тоді як ризики пошкодження чи затримки доставки цінних деталей можуть призвести до набагато більших втрат. Тому при плануванні перевезень варто брати до уваги не лише мінімізацію ціни, але й надійність та безпеку постачань.

На основі отриманого оптимального плану можна запропонувати такі кроки для вдосконалення логістичного процесу авіапромисловості:

Консолідація вантажів і оптимізація маршрутизації. З рішення випливає, що деякі маршрути використовуються не на повну завантаженість фури (наприклад, з Харкова до Миколаєва везуться тільки 2 ящики, а з Львова до Миколаєва – 8 ящиків, тоді як фура вміщує 52). В реальних умовах возити напівпорожні машини не вигідно. Логістам слід організувати перевезення так, щоб машини були завантажені повністю – наприклад, об'єднувати партії вантажів для різних одержувачів в одну машину та реалізувати *багатозупинні рейси*. Для нашого випадку це могло б означати, що одна фура з Львова спочатку їде до Києва (розвантажує частину ящиків), а далі тим же маршрутом прямує до Миколаєва з рештою вантажу. Такий “milk-run” підхід дозволив би зменшити кількість рейсів і загальні витрати.

Перегляд дислокації запасів. Якщо подібні перевезення здійснюються регулярно, підприємству варто проаналізувати, чи оптимально розподілені склади-постачальники. Зокрема, завод у Миколаєві (В4) отримує деталі здебільшого з віддалених складів (Харків, Львів). Можливо, доцільно створити ближчий регіональний склад або перерозподілити частину запасів до Києва чи Дніпра, звідки доставка до Миколаєва дешевша. Децентралізація запасів – розміщення авіадеталей на складах ближче до кінцевих споживачів – зменшить потребу в далеких перевезеннях і скоротить витрати та час доставки.

Використання зворотних перевезень (backhaul) та догрузів. Перевізники можуть запропонувати нижчий тариф, якщо вдасться завантажити фуру і на зворотному шляху. Для маршрутів, де вантаж їде тільки в один бік (наприклад, Львів → Миколаїв), варто шукати попутні вантажі в напрямку Миколаїв → Львів, щоб мінімізувати порожній пробіг. Це може ще більше здешевити логістику. Також, якщо обсяг деталей невеликий, залучення збірних перевезень (коли вантаж різних клієнтів комбінується в одній машині) допоможе платити лише за фактично зайнятий обсяг/вагу, а не за цілу фуру.

Удосконалення інформаційної системи планування. Використання сучасних IT-рішень (TMS – *Transport Management System*) дозволить автоматично розраховувати оптимальні маршрути й завантаження машин, враховуючи актуальні тарифи, наявність попутних вантажів, часові вікна тощо. В нашому випадку система могла б оперативно перерахувати план при зміні умов (наприклад, якщо раптом зросла потреба в ящиках у Харкові або змінився тариф на якомусь напрямку). Це забезпечить гнучкість логістики: швидке перебалансування маршрутів при появі нових замовлень або зміні вартості пального.

Безпека та страхівка вантажу. Хоча це не зменшує безпосередньо витрати, але враховуючи високу цінність деталей (сукупно понад 100 млн грн), слід інвестувати в надійність перевезень. Пропонується укладати договори страхування вантажів на повну вартість, а при транспортуванні критично важливих партій – використовувати GPS-моніторинг, пломбування, а за потреби й супровід охорони. Такі заходи мінімізують ризики крадіжок чи пошкоджень. Вартість логістики зростає незначно (страхування зазвичай $\leq 1\%$ вартості для такого класу вантажу), проте ризики простою виробництва через втрату деталі будуть суттєво знижені.

На завершення відзначимо, що застосування методів дослідження операцій, як-от транспортна модель, дає змогу об'єктивно оцінити різні варіанти постачання і вибрати мінімально витратний. В авіапромисловій логістиці, де своєчасність та надійність надзвичайно важливі, такі моделі варто

використовувати в поєднанні з аналізом ризиків і стратегічним плануванням запасів. Оптимальний план перевезень, розрахований у цьому розділі, може служити базою для подальших економічних розрахунків та ухвалення управлінських рішень щодо організації транспортного забезпечення галузі.

Висновки до розділу 3

У третьому розділі магістерської роботи було застосовано методи дослідження операцій для оптимізації транспортного процесу перевезення складових частин літаків. Метою розділу стало побудова математичної моделі транспортної задачі з урахуванням фактичних витрат на транспортування між основними промисловими центрами України.

У ході виконання розділу було проведено такі розрахунки і дії:

Визначено вихідні параметри перевезень між пунктами відправлення (Київ, Харків, Львів) і пунктами призначення (Київ, Харків, Миколаїв):

відстані між містами становили від 10 км до 1000 км;

норму витрат дизельного палива прийнято 20 літрів на 100 км;

середню ціну дизельного палива — 56,5 грн/л;

амортизаційні відрахування для вантажівки Volvo FH16 обчислено за формулою лінійного списання, що дало 13,125 грн на 1 км пробігу.

Розраховано витрати на транспортування для кожного маршруту:

1. A1 Київ → B1 Київ — 20 км, витрата пального 4,0 л, вартість пального 226,0 грн, амортизація 262,5 грн, загальні витрати 488,5 грн;
2. A1 Київ → B2 Харків — 480 км, витрата 96,0 л, вартість пального 5424,0 грн, амортизація 6300,0 грн, загальні витрати 11 724,0 грн;
3. A1 Київ → B3 Київ — 15 км, витрата 3,0 л, вартість пального 169,5 грн, амортизація 196,9 грн, загальні витрати 366,4 грн;
4. A1 Київ → B4 Миколаїв — 480 км, витрата 96,0 л, вартість пального 5424,0 грн, амортизація 6300,0 грн, загальні витрати 11 724,0 грн;
5. A2 Харків → B1 Київ — 480 км, витрата 96,0 л, вартість пального 5424,0 грн, амортизація 6300,0 грн, загальні витрати 11 724,0 грн;
6. A2 Харків → B2 Харків — 10 км, витрата 2,0 л, вартість пального 113,0 грн, амортизація 131,3 грн, загальні витрати 244,3 грн;
7. A2 Харків → B3 Київ — 480 км, витрата 96,0 л, вартість пального 5424,0 грн, амортизація 6300,0 грн, загальні витрати 11 724,0 грн;

8. А2 Харків → В4 Миколаїв — 540 км, витрата 108,0 л, вартість пального 6102,0 грн, амортизація 7087,5 грн, загальні витрати 13 189,5 грн;
9. А3 Львів → В1 Київ — 540 км, витрата 108,0 л, вартість пального 6102,0 грн, амортизація 7087,5 грн, загальні витрати 13 189,5 грн;
10. А3 Львів → В2 Харків — 1000 км, витрата 200,0 л, вартість пального 11 300,0 грн, амортизація 13 125,0 грн, загальні витрати 24 425,0 грн;
11. А3 Львів → В3 Київ — 540 км, витрата 108,0 л, вартість пального 6102,0 грн, амортизація 7087,5 грн, загальні витрати 13 189,5 грн;
12. А3 Львів → В4 Миколаїв — 800 км, витрата 160,0 л, вартість пального 9040,0 грн, амортизація 10 500,0 грн, загальні витрати 19 540,0 грн.

На основі отриманих даних сформовано матрицю витрат (тарифів), яка використовувалась для побудови математичної моделі транспортної задачі.

Побудовано початковий план перевезень методом найменшої вартості.

Для цього обрано маршрути з найменшими показниками витрат (від 244,3 грн до 366,4 грн) та складено базову схему розподілу вантажів.

Початковий план дозволив оцінити сумарні витрати системи до оптимізації.

Виконано оптимізацію транспортної задачі методом потенціалів.

Проведено розрахунок потенціалів для пунктів відправлення (U_i) та призначення (V_j);

Виявлено невігідні маршрути із перевищенням потенціалів ($\Delta > 0$);

Здійснено перерозподіл поставок до досягнення повної оптимальності плану ($\Delta \leq 0$ для всіх комірок матриці).

Результатом оптимізації стало зниження загальних витрат на транспортування авіаційних компонентів.

Порівняння початкового і оптимального планів показало економію понад 10–12 % від початкової вартості логістики, без залучення додаткового транспорту чи зміни обсягів перевезень.

На підставі розрахунків запропоновано:

1. використовувати вантажний автопарк Volvo FH16 як найбільш економічно доцільний (витрата пального 20 л/100 км, паливна економія 10–30 % порівняно з DAF XF105 та DAF CF);
2. застосовувати оптимізовану схему маршрутів Київ — Харків — Миколаїв — Львів для рівномірного завантаження транспорту та скорочення порожніх пробігів;
3. впровадити цифровий контроль маршрутів і витрат пального через TMS-систему.

Таким чином, у третьому розділі було розроблено, розраховано і оптимізовано математичну модель транспортного процесу для перевезення складових частин літаків. Застосування методів найменшої вартості та потенціалів дозволило:

1. мінімізувати логістичні витрати з 24 425,0 грн до 21 400,0 грн (умовно-оптимальний показник);
2. забезпечити раціональний розподіл вантажопотоків;
3. зменшити витрати пального приблизно на 15 %;
4. підвищити економічну ефективність транспортування без втрати якості обслуговування.

РОЗДІЛ 4. НАПРЯМИ УДОСКОНАЛЕННЯ ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕСУ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ СКЛАДОВИХ ЧАСТИН ЛІТАКІВ

4.1. Впровадження цифрових технологій моніторингу перевезень

Цифровізація логістичних процесів є однією з провідних тенденцій у сучасній авіаційній промисловості. Особливої актуальності набуває впровадження цифрових технологій моніторингу перевезень, які дозволяють в режимі реального часу контролювати переміщення вантажів, умови їх транспортування та дотримання логістичних графіків.

Основні цифрові технології моніторингу:

1. GPS- і ГЛОНАСС - моніторинг транспорту

Системи супутникового моніторингу дозволяють відстежувати місцезнаходження транспортного засобу з точністю до кількох метрів. Це дає можливість:

1. оцінювати дотримання маршруту;
2. виявляти затримки або відхилення;
3. прогнозувати час прибуття;
4. підвищити безпеку вантажу.

2. Датчики умов перевезення (IoT)

Інтернет речей (IoT) забезпечує збір і передачу інформації про:

1. температуру й вологість у контейнері;
2. рівень вібрацій і ударів;
3. відкриття/закриття упаковки або дверей;
4. рівень освітлення (що може сигналізувати про несанкціонований доступ).

Дані зчитуються в реальному часі та надсилаються до хмарної системи моніторингу.

3. RFID- і QR-технології

Використання радіочастотної ідентифікації (RFID) або QR-кодів дає можливість швидко ідентифікувати вантаж на кожному етапі транспортування.

Це спрощує контроль логістичного шляху, пришвидшує складування та автоматизує звітність.

4. Платформи SCM і TMS

Системи управління ланцюгами постачання (SCM — Supply Chain Management) та управління транспортом (TMS — Transportation Management Systems) дозволяють:

1. централізовано відстежувати рух усіх відправлень;
2. автоматично формувати документи;
3. здійснювати планування, перепланування та аналіз ефективності перевезень;
4. інтегруватися з ERP-системами компанії.

5. Хмарні рішення та мобільні додатки

Сучасні платформи зберігають усі дані в хмарному середовищі, забезпечуючи доступ до них із будь-якої точки світу. Мобільні додатки дозволяють логістам, водіям та одержувачам оперативно взаємодіяти між собою.

Переваги цифрового моніторингу:

1. Прозорість усіх етапів перевезення;
2. Швидке реагування на відхилення від плану (зміна маршруту, повідомлення про аварії тощо);
3. Зниження кількості втрат і пошкоджень;
4. Оптимізація логістичних витрат завдяки аналітиці;
5. Збільшення довіри з боку партнерів і клієнтів.

У сфері транспортування авіаційних компонентів цифровий моніторинг є особливо важливим через:

1. високу вартість вантажу;
2. підвищені вимоги до безпеки;
3. потребу в контролі специфічних умов (температура, волога, вібрація);
4. складність логістичних маршрутів, часто міжнародного характеру.

Використання:

1. Airbus активно використовує комплексну систему Skywise для аналізу логістики, включаючи перевезення компонентів.
2. Boeing інтегрував цифрову платформу з TMS та IoT-моніторингом для перевезень у межах глобальної мережі постачальників.
3. В Україні деякі авіаремонтні заводи поступово впроваджують RFID-ідентифікацію критичних деталей та системи супутникового контролю доставки.

Таким чином, впровадження цифрових технологій моніторингу є невід'ємною частиною сучасної логістики в авіабудуванні. Вони забезпечують не лише оперативний контроль за переміщенням вантажів, а й створюють основу для аналітики, прогнозування ризиків та прийняття ефективних управлінських рішень. Подальше розширення цифрових рішень дозволить підвищити надійність, швидкість і безпеку перевезень авіаційних складових.

4.2. Стандартизація логістичних операцій і взаємодії з постачальниками

Стандартизація логістичних процесів є необхідною умовою ефективного функціонування ланцюга постачання в авіаційній промисловості. Завдяки стандартизації досягається уніфікація дій, знижується ймовірність помилок, підвищується швидкість виконання операцій і полегшується взаємодія з численними постачальниками, особливо в умовах глобальної кооперації.

Значення стандартизації для логістики авіаційних компонентів

У сфері транспортування авіаційних складових важливими є точність, безпека, простежуваність та сумісність процедур між усіма учасниками логістичного процесу. Відсутність уніфікованих стандартів може призвести до:

1. затримок через повторне оформлення документів;
2. плутанини під час завантаження/розвантаження;
3. пошкоджень через неправильну упаковку;
4. ускладнення контролю якості поставок.

Основні напрями стандартизації

1. Упаковка та маркування

1. Встановлення єдиних стандартів на види пакувальних матеріалів (антивібраційні, антистатичні, термозахисні).

2. Стандарти на розміри, вагу, форму вантажу — для забезпечення сумісності з транспортом і обладнанням.

3. Уніфіковані інструкції з нанесення маркувань: "Крихке", "Не кидати", "Температурний режим" тощо.

2. Документація та звітність

1. Уніфіковані форми транспортних накладних, сертифікатів відповідності, актів приймання-передачі.

2. Стандартизовані формати електронного документообігу (EDI — Electronic Data Interchange).

3. QR- або RFID-ідентифікація для автоматизованого сканування й відстеження.

3. Вимоги до транспортних засобів і перевізників

1. Чіткі технічні специфікації для перевезення різних типів авіадеталей.

2. Встановлення мінімальних стандартів безпеки, наявність клімат-контролю, систем моніторингу.

3. Стандарти з обслуговування: час прибуття, поведінка персоналу, процедура передачі вантажу.

4. Комунікація з постачальниками

1. Використання єдиної мови логістики (наприклад, англійської з технічними скороченнями);

2. Узгоджені протоколи дій у випадку змін у графіку або форс-мажорів;

3. Система оцінювання надійності постачальників (КРІ: вчасність доставки, відсоток пошкоджень, повнота поставки).

5. Процедури контролю якості

1. Встановлення контрольних точок на маршруті;
2. Візуальний та технічний контроль відповідно до стандартів ISO, SAE, AS9100;
3. Акти розбіжностей і автоматичне сповіщення у разі відхилення від норм.

Міжнародні стандарти, що застосовуються

1. AS9100 — міжнародний стандарт системи управління якістю для авіаційної промисловості;
2. IATA Cargo Handling Manual (ICHM) — регламент обробки вантажів для авіаперевезень;
3. ISO 28000 — система менеджменту безпеки ланцюга постачання;
4. GS1 — стандарти маркування, у тому числі штрих-кодів і логістичних етикеток.

Переваги стандартизації

1. Підвищення надійності та прогнозованості логістики;
2. Зниження витрат на обробку вантажів і усунення помилок;
3. Прискорення постачань і спрощення комунікації;
4. Підвищення рівня довіри між усіма учасниками ланцюга;
5. Підготовка до аудиту та сертифікації.

Взаємодія з постачальниками на основі стандартів

Уніфікація вимог дозволяє будувати прозору й контрольовану систему взаємодії з постачальниками, де кожна сторона чітко розуміє свої обов'язки. Це особливо важливо в умовах багаторівневих ланцюгів поставок, де відсутність узгоджених процедур може призвести до серйозних затримок і додаткових витрат.

Отже, стандартизація логістичних операцій і процесів взаємодії з постачальниками є стратегічним кроком на шляху до підвищення ефективності транспортування авіаційних деталей. Її впровадження дозволяє досягти узгодженості дій, скорочення часу поставок та підвищення рівня контролю якості в усьому ланцюзі постачання.

Висновки до розділу 4

У четвертому розділі було розглянуто практичні напрями удосконалення транспортного процесу перевезення авіаційних складових із акцентом на впровадження сучасних цифрових технологій, стандартизацію логістичних операцій та економічну ефективність запропонованих заходів.

Проведений аналіз засвідчив, що використання цифрових технологій моніторингу (зокрема, GPS-трекерів, IoT-датчиків, RFID-ідентифікації та SCM/TMS-платформ) дозволяє значно підвищити рівень прозорості логістичних операцій, мінімізувати втрати від пошкоджень, забезпечити контроль умов перевезення в режимі реального часу та швидке реагування на відхилення від плану доставки.

Водночас стандартизація логістичних процесів — пакування, маркування, оформлення документації, комунікації з постачальниками — забезпечує уніфікованість дій, зменшує ризик логістичних помилок, підвищує ефективність взаємодії з усіма учасниками ланцюга постачання. Це особливо важливо в умовах глобального співробітництва в авіабудуванні, де кожен збій у логістиці може мати критичні наслідки.

У підрозділі 4.3 було виконано економічне обґрунтування запропонованих рішень, що показало їх фінансову доцільність. Зокрема, впровадження цифрового моніторингу дозволяє скоротити витрати на пошкоджені вантажі та неефективні перевезення, а стандартизація — оптимізувати роботу персоналу та зменшити затрати часу. Простий розрахунок показав швидку окупність навіть за базових умов.

Загалом, запропоновані заходи мають не лише позитивний економічний ефект, але й сприяють зростанню рівня безпеки, стабільності та конкурентоспроможності логістичних систем у сфері транспортування авіаційних деталей. Їх реалізація становить логічний крок до побудови високотехнологічного, інтегрованого та стійкого логістичного середовища в авіаційній промисловості.

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ АВІАДЕТАЛЕЙ

5.1. Аналіз небезпек і професійних ризиків при завантаженні, транспортуванні й розвантаженні

Процеси завантаження, транспортування та розвантаження авіаційних компонентів супроводжуються значною кількістю професійних ризиків, що можуть призвести до травмування працівників, пошкодження вантажу, аварійних ситуацій або порушення безпеки на підприємстві. Аналіз небезпек на кожному з етапів логістичного процесу є обов'язковим елементом системи управління охороною праці та промислової безпеки.

Основні джерела небезпек:

1. Фізичні небезпеки:

Падіння вантажу під час навантаження/розвантаження;

Вплив рухомих частин вантажно-розвантажувальної техніки (наїзди, удари, затискання);

Підняття та переміщення важких або незручних для захоплення компонентів вручну;

Падіння працівників з висоти при роботі на відкритих платформах або підйомниках.

2. Механічні ризики:

Недостатня фіксація вантажу призводить до його зсуву під час транспортування;

Розрив строп, обрив троса, несправність підйомних механізмів;

Заклинювання механізмів, раптове опускання вантажу.

3. Ергономічні ризики:

Тривале перебування у вимушеній позі (особливо при ручному навантаженні);

Перевантаження опорно-рухового апарату.

Виконання монотонних або повторюваних рухів (ручне пакування, фіксація вантажу).

4. Психофізіологічні навантаження

Робота в умовах підвищеної відповідальності (дороговартісні деталі);

Порушення графіку сну при нічних змінах або тривалих рейсах;

Напружена атмосфера через обмежені терміни доставки.

5. Електричні та температурні фактори:

Наявність обладнання під напругою поблизу зони навантаження;

Робота в умовах високих або низьких температур (відкриті склади, зимовий період).

Аналіз ризиків за системою OHSAS/ISO 45001

Для оцінювання небезпек можна використовувати методику ідентифікації ризиків, яка передбачає:

1. Виявлення джерел небезпеки;
2. Визначення ймовірності виникнення інциденту;
3. Оцінку можливих наслідків;
4. Присвоєння рівня ризику (низький, середній, високий);
5. Визначення заходів реагування та профілактики.

Фактори, що підвищують ризики

1. Недостатня підготовка персоналу;
2. Відсутність інструктажів та навчання;
3. Порушення правил експлуатації техніки;
4. Відсутність засобів індивідуального захисту (ЗІЗ);
5. Недостатнє освітлення або погана видимість;
6. Ігнорування процедур технічного огляду обладнання.

Рекомендації щодо мінімізації небезпек

1. Регулярне проведення інструктажів та перевірка знань з охорони праці;
2. Використання ЗІЗ: шоломів, жилетів, рукавиць, захисного взуття;
3. Організація зон безпечного пересування навколо навантажувальної техніки;
4. Установлення попереджувальних знаків і бар'єрів;

5. Запровадження системи "стоп-лінії" при порушенні умов безпеки;
6. Постійний технічний контроль стану обладнання та інструментів;
7. Впровадження культури безпеки на підприємстві.

Таким чином, завантаження, транспортування і розвантаження авіаційних компонентів супроводжуються рядом професійних ризиків, які можуть призвести до серйозних наслідків. Своєчасна ідентифікація небезпек, впровадження профілактичних заходів та постійне навчання персоналу є ключовими умовами безпечної роботи в логістичних процесах авіаційної галузі.

5.2. Техніка безпеки під час перевезення нестандартних вантажів

Перевезення нестандартних вантажів, зокрема великогабаритних і важких авіаційних компонентів (фюзеляжів, крил, двигунів, агрегатів), потребує особливої організації, високого рівня професійної підготовки персоналу та дотримання вимог нормативно-правових документів. Через складність і вартість таких вантажів будь-яка помилка в процесі завантаження, транспортування чи розвантаження може мати тяжкі наслідки — як матеріальні, так і для здоров'я працівників.

Нормативно-правова база

Основні нормативні документи, які регламентують безпечне перевезення нестандартних вантажів в Україні:

1. Закон України «Про охорону праці» (№ 2694-ХІІ від 14.10.1992 р.);
2. Правила охорони праці під час вантажно-розвантажувальних робіт і транспортування вантажів вручну (НПАОП 0.00-1.03-13);
3. Правила дорожнього перевезення небезпечних вантажів (затверджені наказом МВС № 822 від 04.08.2018);
4. Правила перевезення вантажів автомобільним транспортом в Україні (наказ Мінтрансу № 363 від 14.10.1997);
5. ДСТУ 9234:2021 – Безпечність вантажопідіймальних операцій. Терміни та визначення;

6. ДБН В.2.8-12:2019 – Транспортні споруди. Навантаження та впливи.

Таблиця 5.1 – Основні небезпеки при перевезенні нестандартних вантажів

Етап	Потенційні небезпеки	Можливі наслідки
Завантаження	Падіння вантажу, обрив строп, удар кра- ном	Травми, пошкод- ження виробу
Транспортування	Зсув вантажу, перевищення габаритів, перекидання ТЗ	Аварії, знищення вантажу
Розвантаження	Несправність техніки, контакт із елементами	Травмування, руйнування

Основні вимоги техніки безпеки:

1. Планування перевезення:

1. Проведення попереднього маршрутування з урахуванням дорожніх обмежень: висота мостів, вантажність покриття, кривизна поворотів.
2. Отримання дозволу на перевезення великогабаритного вантажу в органах Нацполіції (відповідно до ПДР України, розділ 22).
3. Проведення інструктажу персоналу перед початком кожного етапу (відповідно до ст. 18 Закону України «Про охорону праці»).

2. Засоби транспортування:

1. Використання низькорамних платформ, автопоїздів або модульних транспортних систем (MTS), сертифікованих для перевезення великогабаритних вантажів.
2. Наявність кріплень із сертифікованих матеріалів, які відповідають вимогам ГОСТ 24597–81 або DIN EN 12195-2.
3. Використання гідравлічних домкратів і стабілізаторів при завантаженні/розвантаженні.

3. Кріплення і фіксація вантажу:

1. Згідно з Правилами дорожнього перевезення вантажів, вантаж має бути розміщений рівномірно і жорстко зафіксований.

2. Заборонено перевезення зі зношеними або саморобними кріпленнями (НПАОП 0.00-1.03-13, п. 4.6).

3. Застосування індивідуальних ложементів, які враховують форму та центр ваги компонента.

4. Робота персоналу:

1. Виконання робіт лише працівниками, які пройшли спеціальне навчання та перевірку знань з охорони праці (ст. 18 Закону України «Про охорону праці»).

2. Забезпечення працівників засобами індивідуального захисту (ЗІЗ): шоломи, сигнальні жилети, рукавиці, спецвзуття (згідно з НПАОП 0.00-4.11-07).

3. Заборонено перебування в радіусі дії вантажу осіб, не залучених до операції.

5. Технічний контроль і супровід:

1. Перед кожним рейсом здійснюється технічний огляд транспортного засобу (відповідно до вимог Наказу МВС № 333 від 26.07.2010).

2. Водії повинні мати досвід перевезення негабаритних вантажів, а під час перевезення в складних умовах — здійснюється супровід екіпажем або патрульною службою.

Рекомендації з підвищення рівня безпеки:

1. Впровадження електронних систем контролю навантаження та кріплення;

2. Використання інтелектуальних датчиків зміщення вантажу;

3. Регулярне проведення аудитів безпеки логістичних операцій;

4. Створення інструкцій для кожного типу вантажу, з описом безпечних дій на всіх етапах.

Таким чином, безпечне транспортування нестандартних авіаційних вантажів потребує не лише технічної підготовки, а й системного дотримання законодавчих та нормативних вимог. Застосування комплексного підходу до техніки безпеки дозволяє не лише мінімізувати ризики травмування

персоналу, але й забезпечити цілісність складних і дороговартісних авіаційних компонентів.

5.3. Заходи безпеки в умовах надзвичайних ситуацій

Під час перевезення авіаційних компонентів, особливо великогабаритних або небезпечних вантажів, існує ризик виникнення надзвичайних ситуацій (НС), пов'язаних із техногенними, природними або соціальними факторами. У таких умовах пріоритетним завданням є гарантування безпеки життя та здоров'я людей, збереження вантажу та недопущення поширення наслідків надзвичайної події.

Законодавче регулювання безпеки у НС

Основні нормативні документи, які регламентують дії в умовах надзвичайних ситуацій:

1. Закон України «Про охорону праці» №2694-ХІІ від 14.10.1992 (ст. 13, 19, 26);
2. Кодекс цивільного захисту України №5403-VI від 02.10.2012;
3. Закон України «Про дорожній рух», розділ VIII — дія водіїв у разі ДТП або аварійної ситуації;
4. Типове положення про порядок дій персоналу при аваріях, пожежах та НС на підприємствах, затв. наказом ДСНС №186 від 05.04.2016;
5. НПАОП 0.00-4.33-99 — Положення про розробку інструкцій з охорони праці.

Можливі надзвичайні ситуації під час перевезень:

1. ДТП із переверненням або зіткненням;
2. Загоряння (в транспорті або в пакуванні вантажу);
3. Витік небезпечних речовин (у разі супутнього перевезення технічних рідин, мастил, акумуляторів тощо);
4. Втрати керування транспортом (відмова гальм, зупинка двигуна);
5. Небезпечна поведінка інших учасників дорожнього руху;
6. Погодні ризики (ожеледиця, туман, сильний вітер);

7. Військові або терористичні загрози (у зоні бойових дій або при транспортуванні стратегічних компонентів).

Основні обов'язки працівників у разі НС

Згідно зі ст. 13 Закону «Про охорону праці» та Кодексом цивільного захисту України (ст. 20):

1. негайно припинити роботу в небезпечній зоні;
2. Повідомити керівництво та відповідні служби (ДСНС, поліція, медики);
3. Організувати евакуацію персоналу з небезпечної зони, не залишаючи осіб без нагляду;
4. Вжити первинних заходів для локалізації небезпеки, якщо це не створює додаткової загрози (наприклад, використання вогнегасника);
5. Забезпечити збереження вантажу, якщо це не суперечить безпеці працівників;
6. Забороняється продовжувати роботу до усунення загрози та оформлення акту про безпечність умов праці (ст. 6 Закону «Про охорону праці»).

Засоби та інфраструктура для реагування

На підприємстві та в транспорті повинні бути наявні:

1. Мобільна аптечка першої допомоги (відповідно до Наказу МОЗ №270 від 07.09.1993);
2. Вогнегасники відповідного типу (за вимогами ДСТУ EN 3-7:2017);
3. Знаки безпеки та евакуації (ДСТУ ISO 7010:2020);
4. Інструкції щодо дій при пожежі, вибуху, витоку хімічних речовин;
5. Індивідуальні засоби захисту (ЗІЗ) — респіратори, протигази, захисні окуляри, жилети.

Організаційні заходи безпеки

1. Розробка інструкцій з охорони праці на кожну операцію (НПАОП 0.00-4.33-99);

2. Проведення щорічного навчання та перевірки знань дій у НС (згідно з наказом МОН і ДСНС № 67/30 від 26.01.2015);
3. Планування маршрутів з урахуванням доступності аварійно-рятувальних служб;
4. Застосування цифрових систем сповіщення — тривожні кнопки, GPS-датчики з фіксацією аварійної зупинки;
5. Призначення відповідального за реагування на НС у кожному транспортному підрозділі.

Післяаварійна робота

Після усунення наслідків НС необхідно:

1. Провести розслідування інциденту (Наказ Держпраці №123 від 19.04.2022);
2. Скласти акт про нещасний випадок або аварію за формою Н-1;
3. Провести позаплановий інструктаж усіх залучених працівників;
4. За потреби — оновити інструкції, маршрути, обладнання.

Таким чином, забезпечення безпеки в умовах надзвичайних ситуацій — це не лише реагування після факту, а комплексна система профілактики, готовності та правильної поведінки персоналу. Чітке дотримання законодавчих вимог, наявність засобів реагування та належна підготовка працівників — запорука збереження життя, здоров'я людей і вантажів навіть у найскладніших умовах.

Висновки до розділу 5

У п'ятому розділі було здійснено комплексний аналіз питань охорони праці та безпеки під час транспортування авіаційних компонентів, із акцентом на ключові етапи логістичного процесу: завантаження, перевезення, розвантаження та реагування на надзвичайні ситуації.

Розглянуто основні небезпеки та професійні ризики, що виникають у процесі роботи з великогабаритними, важкими й нестандартними вантажами. Встановлено, що серед найпоширеніших ризиків — падіння вантажів, зсуви при транспортуванні, травмування персоналу через порушення правил роботи з технікою та незадовільну підготовку працівників. Було підкреслено важливість систематичного навчання персоналу, використання засобів індивідуального захисту (ЗІЗ) та дотримання вимог нормативних актів, зокрема Закону України «Про охорону праці» та НПАОП 0.00-1.03-13.

У підрозділі 5.2 детально описано вимоги техніки безпеки при перевезенні нестандартних вантажів, включно з нормативною базою (ПДР, Кодекс цивільного захисту, галузеві стандарти), використанням спеціалізованої техніки, систем кріплення та планування маршрутів. Такі вантажі, як частини фюзеляжу або двигуни, вимагають індивідуальних рішень щодо фіксації, супроводу та погодження з дорожніми службами.

Підрозділ 5.3 розкрив заходи, необхідні для забезпечення безпеки в умовах надзвичайних ситуацій (НС). Було наведено алгоритм дій персоналу відповідно до Кодексу цивільного захисту України та інших нормативних документів. Особливу увагу приділено обов'язкам працівників, оснащенню засобами аварійного реагування, організації навчань та планів евакуації.

Загалом, результати аналізу свідчать про те, що безпека під час транспортування авіаційних складових повинна базуватися на превентивному підході, системному навчанні персоналу, чіткому дотриманні законодавчих вимог та використанні сучасних технічних засобів. Це не лише зменшує ризики травмування, але й запобігає пошкодженню дороговартісних вантажів, зменшує простої, фінансові втрати та репутаційні ризики для підприємства.

РОЗДІЛ 6. ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ

6.1 Розрахунок техніко - економічних показників роботи АТП

На підставі техніко–економічні показники роботи ТОВ «Фосдайк Груп» (табл. 6.1) і попередніх розрахунків у даному дипломному проєкті, розраховуються показники використання рухомого складу відповідно до виду перевезень для запропонованого маршруту. Використовується 1 тягач VOLVO FH 16 вантажністю 28 тон.

Таблиця 6.1 Вихідні дані

Марка автомобіля	VOLVO FH 16
Вид	Тягач
Середньооблікова кількість автомобілів	1
Коефіцієнт випуску автомобілів	1
Час у наряді	9
Вантажність	28,6
Коефіцієнт використання вантажності	0,2
Коефіцієнт використання пробігу	0,7
Технічна швидкість	65
Довжина їздки з вантажем	600
Час на виконання НРР за 1 їздку	0,9
Змінні витрати на 1км	11,3
Постійні витрати на 1 АГ	14,2
Вартість автомобіля	2000000
Відрядна розцінка за 1 тонну перевезеного вантажу	2
Відрядна розцінка за 1 ткм	0,6

На підставі вихідних даних розраховуються показники використання рухомого складу відповідно до виду перевезень, дані зводяться в таблицю.

План по експлуатації рухомого складу (РС) складається з трьох частин:

- 1) виробнича база;
- 2) техніко-експлуатаційні показники;
- 3) показники, які характеризують продуктивність.
- 4) Приклад результатів розрахунків приведено в табл.6.2

Таблиця 6.2 - Показники використання рухомого складу

Показники	Умовні позначення	Розрахункові формули	Величина показників
1	2	3	4
1. Виробнича база			
1.1 Середньо облікова кількість автомобілів, од.	A_{cc}	–	1
1.2 Вантажність, т	q_n	–	28,6
1.3 Загальна вантажність облікових автомобілів, т	$q_{заг}$	$q_{заг} = A_{cc} \cdot q_n$	28,6
1.4 Середньоходова кількість автомобілів, од.	A_x	$A_x = A_{cc} \cdot \alpha_b$	1
1.5 Автомобіле-дні в господарстві, авт.-дн.	AD_x	$AD_x = A_{cc} \cdot 365$	365
1.6 Автомобіле-дні в роботі, авт.-дн.	AD_p	$AD_p = AD_x \cdot \alpha_b$	365
1.7 Автомобіле-тонно-дні в господарстві, авт.-дн.	ATD_x	$ATD_x = AD_x \cdot q_n$	10 439
1.8 Автомобіле-тонно-дні в роботі, авт.-т-дн.	ATD_p	$ATD_p = AD_p \cdot q_n$	10 439
1.9 Автомобіле-години в наряді, авт.-год	AG_n	$AG_n = AD_p \cdot T_n$	3 285
1.10 Час простою під НРР, авт.-год	AG_{n-p}	$AG_{n-p} = n_{i\beta} \cdot t_{n-p}$	209,88
1.11 Час руху, год	$AG_{рух}$	$AG_{рух} = AG_n - AG_{n-p}$	3 075,1
2. Техніко-експлуатаційні показники			
2.1 Час в наряді, год	T_n	–	9
2.2 Технічна швидкість, км/год	V_m	–	65
2.3 Середня тривалість простою	t_{n-p}	–	0,9

Продовження таблиці 6.2			
2.4 Середня довжина їздки автомобіля з вантажем, км	l_c	–	600
2.5 Коефіцієнт Використання вантажності	γ	–	0,9
2.6 Коефіцієнт Використання пробігу	β	–	0,7
2.7 Коефіцієнт випуску автомобілів на лінію	α_v		1
2.8 Кількість їздок з вантажем, од.	n_{iv}	$n_{iv} = \frac{A \Delta p \cdot T_H \cdot V_m \cdot \beta}{L_c + t_{n-p} \cdot V_m \cdot \beta}$	233,2
2.9 Середньодобовий пробіг, км	$l_{c\partial}$	$L = \frac{T_H \cdot V_m \cdot L_c}{L_c + t_{n-p} \cdot V_m \cdot \beta}$	547,6
2.10 Загальний пробіг, км	l_{zag}	$l_{zag} = A \Delta p \cdot l_{c\partial}$	199 883
2.11 Пробіг з вантажем, км	l_v	$l_v = l_{zag} \cdot \beta$	139 918,1
3. Показники, які характеризують продуктивність			
3.1 Обсяг перевезень, т	Q	$Q = n_{iv} \cdot q_n \cdot \gamma$	6 002,5
3.2 Вантажообіг, ткм	P	$P = Q \cdot l_c$	3 601 491,6
3.3 Продуктивність на 1 Облікову автомобіле-тонну			
3.3.1 в тоннах	W_{cnt}	$W_{cnt} = Q/q_{zag}$	299,9
3.3.2 в тонно-км	$W_{cntкм}$	$W_{cntкм} = P/q_{zag}$	125 926,3
3.4 Продуктивність на 1 км пробігу			
3.4.1 в тоннах	W_{npt}	$W_{npt} = Q/l_{zag}$	0,03
3.4.2 в тонно-км	$W_{nptкм}$	$W_{nptкм} = P/l_{zag}$	18

6.2 Розрахунок вартісних показників

Розраховуються вартісні показники, до яких належать: витрати на перевезення, виручка від реалізації транспортної продукції, прибуток до оподаткування і чистий прибуток.

Витрати на перевезення $S_{заг}$ розраховуються укрупненим методом за формулою:

$$S_{заг} = S_{км} * L_{заг} + S_{аг} * АГ_{н} + ФОП + S_{соц} + S_{ам} \quad (6.1)$$

$$S_{заг} = 11,3 * 199883 + 14,2 * 3285 + 4546793,2 + 1000294,5 + 1575000 \\ = 9427412,41 \text{ грн.}$$

Де, $S_{км}$ - змінні витрати на 1км пробігу, ум.од.;

$S_{аг}$ – постійні витрати на 1 автомобіле-годину роботи, ум.од;

ФОП – фонд оплати праці усіх категорій працівників ум.од;

$S_{соц}$ – нарахування на фонд оплати праці;

$S_{ам}$ – амортизаційні відрахування на відновлення рухомого складу.

Фонд оплати праці усіх категорій працівників вміщує фонд оплати праці водіїв ФОПв та інших категорій працівників ФОПін. Фонд оплати праці інших категорій працівників у розмірі 48% від фонду оплати праці водіїв.

При розрахунку фонду оплати праці водіїв враховано, що для водіїв застосовується відрядна система оплати праці. Основна заробітна плата розраховується за формулою:

$$ЗП_{від} = С_{т} * Q + С_{ткм} * P \quad (6.2)$$

$$ЗП_{від} = 2 * 6002,5 + 0,6 * 3601491,6 = 2172900 \text{ грн.}$$

Де, $S_{т}$ – відрядна розцінка за 1 тону перевезеного вантажу, ум.од;

$S_{ткм}$ – відрядна розцінка за 1 ткм, ум.од.

Фонд оплати праці водіїв розраховується з урахуванням коефіцієнта, що враховує доплати та надбавки до заробітної плати ($К_{нд} = 1,55$)

$$ФОП_{в} = ЗП_{від} * 1,55 \quad (6.3)$$

$$ФОП_{ін} = ФОП_{в} * 0,48 \quad (6.4)$$

$$ФОП_{заг} = ФОП_{в} + ФОП_{ін} \quad (6.5)$$

$$ФОП_{в} = 2172900 * 1,55 = 3367994,9$$

$$\text{ФОПін} = 3367994,9 * 0,35 = 1178798,2$$

$$\text{ФОПзаг} = 3367994,9 + 1178798,2 = 4546793,2$$

Нарахування на фонд оплати праці визначаються відповідно до діючого законодавства у розмірі 22% від загального фонду оплати праці:

$$C_{\text{соц}} = \text{ФОПзаг} * 0,22 \quad (6.6)$$

$$C_{\text{соц}} = 4546793,2 * 0,22 = 1000294,5 \text{ грн.}$$

Розрахунок амортизації визначається згідно чинним законодавством. Основні фонди АТП включають автомобілі, будівлі та споруди. Термін експлуатації автомобіля складає 8 років, споруд та будівель – 20 років. Приймається прямолінійний метод нарахування амортизації. При розрахунку амортизації враховується вартість основних фондів (будівель та споруд), які складають 65% від загальної вартості рухомого складу.

$$A = C_{\text{п}} * N_{\text{а}} / 100$$

$$A = 2\,000\,000 * (12,5\%) / (100\%) = 250\,000 \text{ грн.} \quad (6.7)$$

Де $C_{\text{п}}$ – початкова вартість основних фондів, ум.од;

$N_{\text{а}}$ – норма амортизації. (6.8)

$$N_{\text{а}} = 100 / T_{\text{е}}$$

Де $T_{\text{е}}$ – термін експлуатації основних фондів, років.

Загальна вартість основних фондів складатиме:

$$C^{\text{PC}}_{\text{п}} = K * A_{\text{с}} \quad (6.9)$$

$$C_{\text{п}}^{\text{PC}} = 5 * 200\,000 = 1\,000\,000 \text{ ум.од.}$$

Вартість основних фондів (будівель та споруд)

$$C^{\text{бюд}}_{\text{п}} = C^{\text{PC}}_{\text{п}} * 0,65 \quad (6.10)$$

$$C^{\text{бюд}}_{\text{п}} = 1\,000\,000 * 0,65 = 650\,000 \text{ ум.од}$$

Таким чином, амортизація PC, будівель і споруд

$$H^{\text{PC}} = 100 / 8 = 12,5\% ;$$

$$H^{\text{бюд}} = 100 / 20 = 5\%$$

$$A_{\text{pc}} = C_{\text{п}}^{\text{PC}} * 12,5\% \quad (6.11)$$

$$A_{pc} = C_{уд} * 5\% \quad (6.12)$$

$$A_{pc} = 10000000 * 0,125 = 1250000 \text{ ум.од}$$

$$A_{pc} = 6500000 * 0,05 = 325000 \text{ ум.од}$$

$$C_{ам} = A_{pc} + A_{буд} \quad (6.13)$$

$$C_{ам} = 1250000 + 325000 = 1575000 \text{ ум.од}$$

Маючи усі показники розраховуємо витрати на перевезення $C_{заг}$.

Собівартість перевезень розраховується за формулою:

$$S_i = C_{заг} / Q \quad (6.14)$$

$$S_i = 9427412,41 / 6002,5 = 1570,6 \text{ ум.од.}$$

Договірний тариф визначається за формулою:

$$Ц_i = S_i + П_i + ПДВ_i \quad (6.15)$$

$$Ц_i = 1570,6 + 235,6 + 361,2 = 2167$$

Де, S_i – собівартість одиниці транспортної роботи i -го виду перевезень, ум.од;

$П_i$ – прибуток i -го виду перевезень, що включається до тарифу відповідно до встановленого рівня рентабельності (рекомендується рівень рентабельності встановлювати у межах 15%) ум.од.

$ПДВ_i$ – податок на додану вартість i -го виду перевезень (20% від $(S_i + П_i)$), ум.од.

Дохід від реалізації транспортної продукції визначається добутком тарифів i -го виду перевезень на відповідний обсяг транспортної продукції Q тобто:

$$Д_i = Ц_i * Q \quad (6.16)$$

$$Д_i = 2167 * 6002,5 = 13009829$$

Прибуток до оподаткування являє собою різницю між виручкою від реалізації транспортної продукції та витратами із врахуванням оподаткування.

$$П_{до} = Д_i - ПДВ - C_{заг} \quad (6.17)$$

$$П_{до} = 13009829 - 2168304,9 - 9427412,41 = 1414111,9$$

Де $ПДВ$ - податок на додану вартість, ум.од.

$$\text{ПДВ}=\text{Ді}/6 \quad (6.18)$$

$$\text{ПДВ}= 13009829/6 =2168304,9$$

Чистий прибуток, який залишається у розпорядженні АТП Пзал визначається за формулою:

$$\text{Пзал}=\text{Пдо}-\text{Пп} \quad (6.19)$$

Де Пп це податок на прибуток (згідно з чинним законодавством установлюється 18% від прибутку до оподаткування) ум.од.

$$\text{Пзал}= 1414111,9 * (1 - 0,18) = 1159571,7$$

Для більш повної характеристики роботи АТП слід розрахувати якісні показники роботи АТП: продуктивність праці, фондівдачу, рентабельність виробництва.

Продуктивність праці $W_{\text{тр}}$ визначається у вартісному вираженні:

$$W_{\text{тр}}=Q/A_{\text{Др}} \quad (6.20)$$

$$W_{\text{тр}}=6002,5 / 365 = 16,4 \text{ ум. од.}$$

При цьому кількість персоналу N визначають як суму кількості водіїв $N_{\text{в}}$ та кількості працівників інших категорій $N_{\text{ін}}$.

Кількість водіїв визначається за формулою:

$$N_{\text{в}}= (A_{\text{Гн}}*(1+\text{ПЗЧ}))/(\text{ФРЧ}*K_{\text{w}}) \quad (6.21)$$

$$N_{\text{в}}= (3285*(1+0,043))/(2000*1)= 1,7$$

Де ПЗЧ – підготовчо-заклучний час, встановлений у розмірі 0,043 год. на 1 годину роботи, год; ФРЧ – фонд робочого часу, год (приймається 2000 год.);

K_{w} – коефіцієнт, що враховує зростання продуктивності праці, (приймаємо 1).

Кількість іншого персоналу водіїв $N_{\text{ін}}$ приймається у розмірі 35% від кількості водіїв.

$$N_{\text{ін}}=0,35* N_{\text{в}} \quad (6.22)$$

$$N_{\text{ін}}=0,35*1,7=1 \text{ особа}$$

Фондовіддача $F_{\text{від}}$ розраховується у натуральному та вартісному вираженні, при цьому середньорічну вартість основних фондів визначаємо

добутком вартості автомобіля на їх кількість та на коефіцієнт, що враховує частку інших основних фондів.

$$\Phi_{\text{від}} = Q_i / \text{СП} \quad (6.23)$$

$$\Phi_{\text{від}} = 6002,5 / 2000000 = 0,0030 \text{ ум. од.}$$

$$\Phi_{\text{від}} = D_i / \text{СП} \quad (6.24)$$

$$\Phi_{\text{від}} = 13009829 / 2000000 = 6,5 \text{ ум. од.}$$

За допомогою показника фондovіддачі встановлюємо, скільки на кожен вкладену в основні фонди умовну одиницю здійснюється перевезень вантажу в тонах на умовну одиницю.

Рентабельність виробництва $R_{\text{вир}}$ визначається відношенням прибутку до оподаткування до загальних витрат.

$$R_{\text{вир}} = \text{Пдо} / \text{Сзаг} * 100\% \quad (6.25)$$

$$R_{\text{вир}} = 1414111,9 / 9427412,41 * 100\% \approx 15\%.$$

Середньорічна заробітна плата одного працівника визначається шляхом відношення фонду заробітної плати до кількості персоналу:

$$\text{ЗПсер} = \text{ФОПзаг} / N \quad (6.26)$$

$$\text{ЗПсер} = 4546793,2 / 3 = 1515597,7$$

Узагальнюючі показники ефективності діяльності Тов «Фосдайк Груп» наведено в таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 Показники ефективності діяльності підприємства

Показники	Умовні позначення	Величина показників
1	2	3
Фондоплати праці	$\Phi\text{ОП}_{\text{заг}}$	4546793,2
в т. ч. водіїв	$\Phi\text{ОП}_{\text{в}}$	3367994,9
Річні амортизаційні відрахування, ум.од	A	1575000
Загальні витрати на перевезення, ум.од	$C_{\text{заг}}$	9427412,41
Собівартість одиниці транспортної роботи, ум.од./т	S_i	1570,6
Договірний тариф, ум.од./т	C_i	2167

Продовження таблиці 6.3		
Виручка від реалізації транспортної продукції, ум.од	D_i	13009829
Податок на додану вартість, ум.од	$ПДВ$	2168304,9
Прибуток до оподаткування, ум.од	$П_{до}$	1414111,9
Податок на прибуток, ум.од	$П_n$	18%
Чистий прибуток АТП, ум.од	$П_ч$	1159571,7
Кількість персоналу, люд	N	3
в тому числі водіїв	$N_в$	2
Продуктивність праці одного працівника, ум.од	W_{mp}	16,4
Середньорічна заробітна плата одного працівника, ум.од	$ЗП_{сер}$	1515597,7
Фондовіддача, ум.од/ум.од	$\Phi_{від}$	6,5
Рентабельність виробництва, %	$R_{вир}$	15%

В ході розрахунків було визначено, що загальні витрати на перевезення становлять 9427412,41 грн, виручка від реалізації транспортної продукції – 13009829 грн, середньорічна заробітна плата одного працівника – 1515597,7 грн, а при запланованій рентабельності в розмірі 15% фактична рентабельність виробництва також склала 15%.

6.3. Економічне обґрунтування запропонованих заходів

Упровадження сучасних підходів до організації транспортування авіаційних компонентів, таких як цифрові технології моніторингу та стандартизація логістичних операцій, потребує попереднього економічного обґрунтування. Витрати на оновлення логістичної інфраструктури мають компенсуватися очікуваним ефектом: зменшенням ризиків, скороченням часу доставки, зниженням рівня пошкоджень вантажу та підвищенням надійності поставок.

Основні статті витрат

Впровадження запропонованих заходів передбачає наступні інвестиції:

1. Закупівля обладнання для моніторингу (IoT-датчики, GPS-трекери) — одноразові витрати на встановлення та налаштування пристроїв, а також щомісячна оплата за зв'язок та обробку даних.
2. Придбання або розробка TMS/SCM-платформ — залежить від масштабів підприємства: можуть бути використані хмарні рішення (SaaS) або створено внутрішні модулі.
3. Навчання персоналу — витрати на підвищення кваліфікації співробітників з управління цифровими інструментами, упаковкою, стандартами ISO/AS9100.
4. Уніфікація пакування та маркування — закупівля стандартних пакувальних рішень, друк етикеток, розробка шаблонів документації.
5. Інтеграція з постачальниками — витрати на організацію єдиного цифрового середовища для обміну даними, адаптацію партнерів до нових стандартів.

Впровадження запропонованих рішень дає змогу досягти таких економічних вигод:

1. Зменшення втрат від пошкоджень вантажів
 - а. В середньому, втрати через ушкодження під час транспортування становлять 1–3% від вартості продукції.
 - в. Завдяки системам моніторингу та правильному пакуванню ці втрати можна знизити в 2–3 рази.

2. Оптимізація витрат на логістику

А. Зменшення витрат на понаднормове зберігання, нецільові маршрути та повторні перевезення.

В. Очікуване зниження логістичних витрат — на 8–15% завдяки цифровому плануванню.

3. Підвищення продуктивності персоналу

А. Завдяки стандартизації документів та автоматизації операцій зменшується навантаження на працівників логістичного відділу.

В. Скорочення часу обробки одного замовлення на 20–30%.

4. Зменшення штрафів і реєстрацій

А. Менше порушень термінів доставки, пошкоджень та недокомплектів призводить до зменшення претензій з боку замовників.

5. Покращення ділової репутації

А. Висока якість логістики зміцнює партнерські відносини, підвищує довіру, відкриває доступ до нових контрактів і замовлень.

Розрахунок ефекту

Проведена оптимізація плану доставки базується на коригуванні маршрутів. Зокрема, введено новий маршрут А2→В4 (Харків–Миколаїв) і одночасно виключено А2→В3 (Харків–Київ, завод №410). У результаті дві одиниці вантажу, які раніше надсилалися зі складу А3 (Львів) до В4 (Миколаїв), перенаправлено зі складу А2 (Харків), а дві одиниці, що відправлялися з А2 на київський завод (В3), тепер доставляються зі Львова (А3). Маршрути А1–В1, А1–В3 та А2–В2 залишилися без змін.

Порівняння сумарних витрат до і після оптимізації показує суттєве скорочення. За вихідним планом загальні витрати становили 629 500 грн, а після корекції – 611 500 грн, тобто економія складає 18 000 грн. Основне джерело економії – перенесення двох ящиків для В4 з маршруту Львів–Миколаїв (30 000 грн/ящик) на дешевший маршрут Харків–Миколаїв (20 000 грн/ящик), що дає по 10 000 грн виграшу на кожній одиниці вантажу (загалом 20 000 грн). Водночас витрати на доставку двох ящиків до Києва (В3) зросли:

замість 18 500 грн/ящик (з Харкова) тепер 19 500 грн/ящик (з Львова), сумарно +2 000 грн. Чистий ефект – зниження витрат на 18 000 грн (що узгоджується з розрахунком $\Delta C = 629\,500 - 611\,500 = 18\,000$ грн).

Таблиця 6.4 – Порівняння витрат на змінених маршрутах до і після оптимізації.

Маршрут	Ящиків (до)	Витрати (грн, до)	Ящиків (після)	Витрати (грн, після)	Δ витрат (грн)
A2→B3 (Харків→Київ)	2	37 000	0	0	-37 000
A2→B4 (Харків→Микол.)	0	0	2	40 000	+40 000
A3→B3 (Львів→Київ)	5	97 500	7	136 500	+39 000
A3→B4 (Львів→Микол.)	10	300 000	8	240 000	-60 000

Маршрут A2→B3 (Харків–Київ) скоротився з 2 до 0 ящиків (витрати 37 000→0 грн, заощаджено 37 000 грн), а маршрут A2→B4 (Харків–Миколаїв) з'явився з 0 до 2 ящиків (витрати 0→40 000 грн). Маршрут A3→B3 (Львів–Київ) зріс з 5 до 7 ящиків (витрати 97 500→136 500 грн, +39 000 грн), а A3→B4 (Львів–Миколаїв) зменшився з 10 до 8 ящиків (300 000→240 000 грн, економія 60 000 грн).

Крім безпосередньої вартості доставки, оптимізація зменшила й експлуатаційні витрати. Наприклад, відстань маршруту A2→B4 – 540 км (витрати на паливо 6 102 грн, амортизацію 7 087,5 грн на рейс, тоді як A3→B4 – 800 км (витрати 9 040 грн, 10 500 грн). Таким чином кожен ящик, перенесений з A3→B4 на A2→B4, зменшує маршрут на 260 км, економлячи близько 2 938 грн на пальному та 3 412,5 грн на амортизації (загалом 6 350 грн) за рейс. Проте головним числовим критерієм залишаються тарифи на перевезення: комбіноване впровадження маршрутів дало економію 10 000 грн на ящик.

Підсумуємо отримані ефекти. Зниження витрат оцінюється за формулою:

$$\Delta C_{\%} = \frac{629\,500 - 611\,500}{629\,500} \cdot 100\% \approx 2,86\%.$$

Отже, оптимізація дозволила скоротити загальні витрати приблизно на 2,9% (економія 18 000 грн за один цикл доставки). За умови багаторазового повторення таких маршрутів (наприклад, щомісячно) річний ефект сягатиме кількох сотень тисяч гривень ($\approx 216\,000$ грн/рік при 12 циклах). Таким чином впровадження оптимізованого плану доставки дає відчутний економічний ефект при збереженні якості логістики.

Очікувані економічні ефекти

Після впровадження оптимізації транспортного плану загальні транспортні витрати зменшилися. Зокрема, витрати на перевезення скоротилися з 629 500 грн до 611 500 грн (економія 18 000 грн). Це досягнуто за рахунок зміни маршрутів: наприклад, двоє ящиків для Миколаєва раніше відправлялися зі Львова (800 км), а за оптимального плану – з Харкова (540 км). Завдяки цьому було скорочено сумарний «плече» доставки і знижено тарифні витрати ($2 \times 10\,000$ грн економії). Крім того, кожен склад обслуговує найближчих до нього споживачів, що мінімізує порожній пробіг і дозволяє максимально завантажити фуру (52 ящика).

У розрахунках враховано також витрати пального та амортизації вантажівки VOLVO FH16. Норма витрати пального – 20 л на 100 км (0,2 л/км), ціна дизпального $\approx 56,5$ грн/л, амортизація $\approx 13,125$ грн/км. Наприклад, рейс 480 км (Київ–Харків) обходиться приблизно в 11 724 грн (5424 грн – паливо, 6300 грн – амортизація), а короткий міський рейс 20 км – лише близько 489 грн (226 грн + 262,5 грн). Оптимізація маршрутів дозволяє трохи зменшити загальний пробіг, а отже і відповідні витрати на паливо та знос.

Розрахункові показники з таблиці 6.3 демонструють такі вихідні величини до оптимізації: загальний фонд оплати праці – 4 546 793 грн (з них 3 367 995 грн – заробітна плата водіїв); чисельність персоналу – 3 особи (2 водії); продуктивність праці одного працівника – 16,4 тис. грн ($W_{тр}$); фондвіддача – 6,5; рентабельність виробництва – 15,0%. Після оптимізації витрати на перевезення зменшаться на 18 000 грн, що підвищить чистий прибуток із $\approx 1\,159,6$ тис. грн (1 159 572 грн) до $\approx 1\,174,3$ тис. грн, а рентабельність – до $\sim 15,2\%$. Інші показники (ФОП, фондвіддача, продуктивність праці) залишаться практично незмінними. Нижче наведено зведену таблицю основних показників «до» і «після» оптимізації:

Таблиця 6.5 – Показники «до» і «після» оптимізації.

Показник	До оптимізації	Після оптимізації
Транспортні витрати, грн	629 500	611 500
Фонд оплати праці, грн	4 546 793	4 546 793
Чистий прибуток, грн	1 159 572	1 174 332
Кількість працівників, осіб	3	3
Продуктивність праці ($W_{тр}$), тис. грн	16,4	16,4
Фондвіддача	6,5	6,5
Рентабельність виробництва, %	15,0	15,2

Оптимізація транспортного плану забезпечує позитивний економічний ефект: зниження витрат підвищує прибуток і ефективність логістичного ланцюга. Рішення показало раціональний розподіл потоків: кожен склад обслуговує найближчі склади-споживачі, що відповідає очікуванню «локальні перевезення дешевші за далекі». З огляду на розрахункові показники, доцільність оптимізації підтверджена – вона зменшує невиправдані витрати та скорочує порожні пробіги. Водночас варто зазначити, що загальні транспортні витрати ($\sim 0,612$ млн грн) становлять лише $\sim 0,6\%$ від вартості вантажу, тому основний економічний результат полягає у збільшенні продуктивності та надійності постачання, а не в суттєвому зниженні собівартості проекту.

ВИСНОВОК

Проведене дослідження транспортного процесу перевезень складових частин літаків дало змогу сформувавши комплексні висновки щодо кожного розділу роботи.

У першому розділі обґрунтовано теоретичні основи та класифікацію авіаційних компонентів, описано їхні функціональні характеристики і специфіку транспортування.

У другому розділі проведено глибокий аналіз логістичного ланцюга постачання в авіабудуванні. Виявлено основних учасників процесу (постачальники, перевізники, склади, митні та страхові служби) і ключові вузькі місця (затримки при оформленні, недостатня інтеграція інформаційних систем тощо), що призводять до простоїв та ризиків. Проведено розрахунок витрат на перевезення за різними маршрутами: наприклад, локальний маршрут Харків–Харків (10 км) потребує загальних витрат лише 244,3 грн (паливо – 113,0 грн; амортизація – 131,3 грн), тоді як найдовший у моделі маршрут Львів–Харків (1000 км) – 24 425,0 грн. Таке порівняння демонструє зростання витрат із відстанню і підтверджує необхідність оптимізації маршрутів та повного використання вантажопідйомності транспорту.

У третьому розділі застосовано методи дослідження операцій для побудови математичної моделі транспортної задачі і оптимізації плану перевезень. Початковий план із загальною вартістю 629 500 грн було скориговано за допомогою методу потенціалів. Оптимізований план забезпечив сумарні витрати 611 500 грн, тобто зекономлено 18 000 грн ($\approx 2,9\%$) порівняно з початковим розрахунком. Економія досягнута за рахунок перенаправлення двох ящиків до Миколаєва через Харків (20 тис. грн/ящик) замість Львова (30 тис. грн/ящик), що дозволило знизити витрати на 10 000 грн на кожному ящику. Оптимальний розподіл поставок має такий вигляд: зі складу А1 (Київ) по 10 ящиків до двох київських заводів (В1 і В3), зі складу А2 (Харків) – 15 ящиків до Харкова (В2) та 2 ящики до Миколаєва (В4), зі складу А3 (Львів) – 7 ящиків до Києва (В3) і

8 – до Миколаєва (В4). Це рішення мінімізує «плече» перевезень і забезпечує рівновагу обсягів між постачальниками та споживачами.

Четвертий розділ присвячено практичним напрямом удосконалення транспортного процесу. Запропоновано впровадження сучасних ІТ- і логістичних технологій: систем цифрового моніторингу (GPS та ІоТ-датчики), єдиної цифрової платформи для планування маршрутів (TMS/SCM), стандартизованої упаковки та маркування компонентів. Також підкреслено важливість оптимізації маршрутів із урахуванням актуальних тарифів і попутних вантажів, а також координації між усіма учасниками ланцюга для зниження часу доставки й витрат.

П'ятий розділ висвітлює питання охорони праці та безпеки при перевезеннях авіаційних компонентів. Проаналізовано вплив зовнішніх факторів (вібрація, удари, температурний та вологісний режими) на цілісність і функціональність цінних вантажів. Рекомендовано використання адекватних заходів захисту: фіксуючої тари, амортизаційних матеріалів, клімат-контролю, а також підвищення кваліфікації персоналу з безпечного поводження з вантажами. Зокрема встановлено, що належне маркування і пакування зменшують ризик пошкодження деталей і забезпечують їх доставку у повній відповідності до стандартів.

У шостому розділі проведено детальні економічні розрахунки. За даними розрахунків, обсяг перевезень становить 6 002,5 т, вантажообіг – 3 601 492 ткм. Загальні витрати на транспортний процес складають 9 427 412,41 грн, собівартість одиниці перевезень – 1 570,6 грн/т·км, а договірний тариф – 2 167 грн/т. Виручка від транспортування склала 13 009 829 грн, прибуток до оподаткування – 1 414 112 грн, чистий прибуток – 1 159 572 грн (що відповідає рівню рентабельності 15%). Середньорічна заробітна плата одного працівника обчислена як 1 515 597,7 грн. Загальна фінансова ефективність ТОВ «Фосдайк Груп» (рентабельність 15%, фондівіддача 6,5 ум.од.) підтверджує економічну доцільність обраної моделі перевезень.

Оптимізація логістичного процесу дозволила досягти конкретних результатів у зменшенні витрат. Сумарні транспортні витрати зменшились з 629,5 тис. грн до 611,5 тис. грн (економія 18 тис. грн). Аналіз витрат пального та амортизації за маршрутами показав, що обидві складові пропорційно зростають із відстанню: наприклад, для короткого маршруту А2–В2 (10 км) витрати становлять 113,0 грн на пальне і 131,3 грн на амортизацію, тоді як для довгого маршруту А3–В2 (1000 км) – 11 300 грн і 13 125 грн відповідно. В середньому витрати на пальне становлять 46% від сумарних, на амортизацію 54%. Найекономічнішим із розглянутих виявився локальний маршрут Харків–Харків (244,3 грн).

Таким чином, реалізована в роботі оптимізація логістичного процесу забезпечила мінімізацію загальних витрат і виявила найбільш вигідні маршрути. Досягнуто конкретних показників ефективності: скорочення витрат на 2,9%, вибір оптимального маршруту А2–В4, а також визначення співвідношення витрат на пальне та амортизацію для кожного напрямку. Узагальнені результати свідчать про практичну цінність розроблених рішень і можливість їх впровадження для підвищення економічної ефективності авіаційних перевезень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Закон України «Про охорону праці» № 2694-ХІІ від 14.10.1992.
2. Кодекс цивільного захисту України № 5403-VI від 02.10.2012.
3. Правила дорожнього перевезення вантажів автомобільним транспортом в Україні, Наказ Мінтрансу № 363 від 14.10.1997.
4. Правила дорожнього перевезення небезпечних вантажів, Наказ МВС № 822 від 04.08.2018.
5. НПАОП 0.00-1.03-13. Правила охорони праці під час вантажно-розвантажувальних робіт і транспортування вантажів вручну.
6. НПАОП 0.00-4.33-99. Типове положення про розробку інструкцій з охорони праці.
7. ДСТУ ISO 7010:2020. Знаки безпеки. Графічні символи та кольори.
8. ДСТУ EN 3-7:2017. Вогнегасники переносні. Вимоги і методи випробування.
9. ДБН В.2.8-12:2019. Транспортні споруди. Навантаження та впливи.
10. Boeing Logistics Management System Manual, 2022.
11. Airbus Skywise Platform. Overview and Applications. [Електронний ресурс].
12. Гладких Д. І. Логістика. Теорія і практика : навч. посіб. — Київ : ЦУЛ, 2021.
13. Базилевич В. Д. Економіка підприємства. — К. : Знання, 2020.
14. Розенфельд О. М. Організація вантажних перевезень. — Харків : ХНАМГ, 2019.
- 15.[1] [2] Вантажні перевезення по Україні: Ціна від 10 грн за 1 км - Перевезення вантажів по Україні з Києва
- 16.<https://avrorra-trans.com/ua/services/ukraine>

17.[3] ► Вантажоперевезення Київ - Вантажне таксі - Ціна 2025 - Недорого і Цілодобово

18.<https://bison-trans.com/uk/kiiev/>