

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА ЛЬОТНА АКАДЕМІЯ

Факультет авіаційного менеджменту
Кафедра аеронавігації, метеорології та організації повітряного руху

Чорноглазова Ганна Віталіївна

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**Модель інтегрованого навчання майбутніх авіаційних інженерів-
механіків**

Спеціальність 272 «Авіаційний транспорт»

ОПП «Авіаційний транспорт»

Освітній ступінь – магістр

«Допустити до захисту»

Т.в.о.завідувача кафедри

к.т.н., доцент _____ А.С. Пальоний

« ____ » _____ 20__ р.

Науковий керівник:

к.т.н., доцент _____ А.В.Залевський

Робота захищена:

« ____ » _____ 20__ р.

з оцінкою _____

Голова ЕК _____

Кропивницький 2025 р.

АНОТАЦІЯ

Чорноглазова Г.В. Модель інтегрованого навчання майбутніх авіаційних інженерів-механіків. – Рукопис.

Дослідження на здобуття другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю 272 «Авіаційний транспорт». – Українська державна льотна академія, Кропивницький, 2025.

У роботі розглянуто науково-методологічні основи інтегрованого навчання майбутніх авіаційних інженерів-механіків, досліджено його особливості у підготовці фахівців авіаційної галузі. Проаналізовано проблеми вдосконалення освітнього процесу в контексті міжнародних стандартів сертифікації, цифровізації навчання та екологічних вимог. Обґрунтовано шляхи підвищення ефективності професійної підготовки авіаційних інженерів-механіків.

Ключові слова: інтегроване навчання, авіаційні інженери-механіки, професійна підготовка, технічне обслуговування, авіаційна техніка, екологічна свідомість.

ANNOTATION

Chornohlazova H.V. Model of Integrated Training for Future Aviation Mechanical Engineers. – Manuscript.

Research for obtaining the second (master's) level of higher education in specialty 272 «Aviation Transport» – Ukrainian State Flight Academy, Kropyvnytskyi, 2025.

The work examines the scientific and methodological foundations of integrated training for future aviation mechanical engineers and explores its specifics in the preparation of aviation specialists. The issues of improving the educational process in the context of international certification standards, digitalization of education, and environmental requirements are analysed. The research substantiates ways to enhance the efficiency of professional training for aviation mechanical engineers.

Keywords: integrated training, aviation mechanical engineers, professional training, maintenance, aviation technology, environmental awareness.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ІНТЕГРОВАНОГО НАВЧАННЯ МАЙБУТНІХ АВІАЦІЙНИХ ІНЖЕНЕРІВ-МЕХАНІКІВ	9
1.1 Сутність, принципи та концепції інтегрованого навчання	9
1.2 Світовий досвід інтегрованого навчання у підготовці авіаційних інженерів	22
Висновки до розділу 1	44
РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ СУЧАСНОЇ СИСТЕМИ ПІДГОТОВКИ АВІАЦІЙНИХ ІНЖЕНЕРІВ-МЕХАНІКІВ	47
2.1 Аналіз навчальних планів підготовки інженерів-механіків	47
2.2 Оцінка традиційної системи навчання в умовах концепції сталого розвитку	60
Висновки до розділу 2	70
РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА ТА ВПРОВАДЖЕННЯ МОДЕЛІ ІНТЕГРОВАНОГО НАВЧАННЯ	73
3.1 Розробка моделі інтегрованого навчання, її концепція та компоненти	73
3.2 Реалізація моделі через формування екологічної свідомості та оцінка її ефективності	87
Висновки до розділу 3	102
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	104
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ	106
ДОДАТКИ	113

ВСТУП

Актуальність теми. Сучасний розвиток авіаційної галузі характеризується стрімкими технологічними змінами, що вимагають відповідного оновлення освітніх підходів у підготовці авіаційних інженерів-механіків. Відповідно до міжнародних стандартів (ICAO, EASA), сучасний фахівець має володіти не лише глибокими технічними знаннями, а й здатністю до адаптації, системного мислення та використання інноваційних методів обслуговування та ремонту авіаційної техніки.

Однією з ключових проблем сучасної авіаційної освіти є недостатня інтеграція знань із різних дисциплін, що призводить до фрагментарного сприйняття матеріалу студентами. Традиційна система навчання часто не враховує міждисциплінарні зв'язки, що ускладнює формування комплексного розуміння технологічних процесів в авіації. Це підтверджується дослідженнями, які свідчать про необхідність переходу до інтегрованого навчання, що передбачає поєднання фундаментальних технічних дисциплін, цифрових технологій та екологічної складової (Андреєва Т., Доценко Н., Заболотна М., Колошко Ю., Сергачова В., Томчук М., Черновол Н. та інші).

Важливим аспектом актуальності дослідження є необхідність врахування екологічної безпеки в підготовці майбутніх інженерів-механіків. Авіаційна індустрія є однією з найбільших сфер, що впливають на довкілля, особливо у контексті викидів CO₂, утилізації матеріалів і впровадження сталих технологій. Відсутність екологічно орієнтованої підготовки призводить до того, що випускники не завжди усвідомлюють вплив своїх рішень на навколишнє середовище.

Додатково, виклики цифрової трансформації авіаційного транспорту вимагають оновлення підходів до навчання. Використання віртуальних тренажерів, комп'ютерного моделювання, доповненої реальності (AR) та

віртуальної реальності (VR) стає необхідним інструментом для підготовки студентів до роботи в сучасних умовах. Однак, традиційна система освіти не завжди забезпечує достатню кількість таких інструментів, що обмежує можливості розвитку компетентностей у майбутніх авіаційних інженерів-механіків.

Мета та задачі дослідження. Метою дослідження є розробка та впровадження моделі інтегрованого навчання майбутніх авіаційних інженерів-механіків, яка забезпечить комплексну підготовку фахівців на основі міждисциплінарного підходу, екологічної свідомості та використання сучасних цифрових технологій навчання.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі **завдання**:

1. Аналіз науково-методичних підходів до інтегрованого навчання у підготовці авіаційних інженерів-механіків та визначення його ключових компонентів.
2. Обґрунтування концептуальної основи моделі інтегрованого навчання, включаючи міждисциплінарний синтез, модульний підхід та екологічну складову.
3. Розробка структури моделі інтегрованого навчання, яка охоплює теоретичний, практичний, цифровий та екологічний аспекти професійної підготовки майбутніх авіаційних інженерів.
4. Визначення ефективних методів і технологій навчання, таких як проєктне навчання, симуляції, кейс-методи, використання VR/AR та комп'ютерного моделювання.
5. Розробка та впровадження екологічної складової у систему навчання авіаційних інженерів-механіків для формування їхньої відповідальності за вплив авіації на довкілля.
6. Апробація запропонованої моделі та аналіз її ефективності на основі практичних впроваджень у навчальний процес.
7. Розробка рекомендацій щодо вдосконалення освітніх програм авіаційних закладів вищої освіти з урахуванням результатів дослідження.

Реалізація поставлених завдань сприятиме формуванню висококваліфікованих авіаційних інженерів-механіків, здатних адаптуватися до сучасних вимог авіаційної індустрії, впроваджувати інноваційні технічні рішення та забезпечувати екологічну безпеку авіаційного транспорту.

Об'єктом дослідження є процес професійної підготовки майбутніх авіаційних інженерів-механіків в Українській державній льотній академії.

Предметом дослідження є модель інтегрованого навчання майбутніх авіаційних інженерів-механіків, яка поєднує міждисциплінарний підхід, сучасні освітні технології та екологічну складову у професійній підготовці.

Методи дослідження: аналіз наукової літератури та нормативних документів, моделювання, методи педагогічного дослідження (спостереження, анкетування, тестування, експериментальна перевірка), методи статистичного аналізу, комп'ютерне моделювання та цифрові технології, порівняльний аналіз традиційних та інтегрованих методів навчання.

Теоретичною та методологічною основою дослідження є наукові праці вітчизняних та закордонних учених з питань інтегрованого навчання, професійної підготовки авіаційних інженерів-механіків, педагогічного моделювання та міждисциплінарного підходу в освіті. Також використано документи міжнародних, регіональних та національних авіаційних організацій, нормативно-правові акти у сфері вищої освіти та професійної підготовки фахівців авіаційної галузі.

Інформаційну базу наукового дослідження формують наукові публікації, нормативно-правові документи у сфері освіти та авіаційної підготовки, методичні матеріали з інтегрованого навчання, а також аналітичні дані щодо сучасних тенденцій підготовки авіаційних інженерів-механіків.

Наукова новизна результатів магістерського дослідження полягає в наступному:

– вперше здійснено теоретичне обґрунтування моделі інтегрованого навчання майбутніх авіаційних інженерів-механіків, визначено її ключові компоненти та концептуальні засади;

– одержано результати щодо ефективності впровадження інтегрованого підходу в підготовку авіаційних фахівців, що враховують міждисциплінарні зв'язки та екологічну свідомість;

– розроблено структурно-функціональну модель інтегрованого навчання, яка передбачає взаємозв'язок між фундаментальними технічними дисциплінами, екологічними аспектами та професійною підготовкою;

– визначено основні педагогічні умови та методичні підходи для реалізації інтегрованого навчання в освітньому процесі авіаційних закладів вищої освіти;

– удосконалено систему методичного забезпечення навчального процесу, спрямовану на інтеграцію дисциплін технічного та екологічного спрямування в авіаційній освіті;

– розширено наукові уявлення про взаємозв'язок між міждисциплінарним навчанням та формуванням екологічної відповідальності у студентів технічних спеціальностей;

– доповнено методологію дослідження педагогічних моделей підготовки фахівців авіаційного транспорту, враховуючи сучасні виклики сталого розвитку.

– набуло подальшого розвитку обґрунтування необхідності інтегрованого підходу до підготовки авіаційних інженерів-механіків, що передбачає використання новітніх освітніх технологій та активних методів навчання;

– уточнено роль екологічної складової у формуванні професійних компетентностей майбутніх авіаційних фахівців, що сприяє їхній відповідальності за технічні рішення в контексті сталого розвитку авіаційної галузі.

Практичне значення одержаних результатів полягає в можливості їх використання закладами вищої освіти авіаційного спрямування для вдосконалення підготовки майбутніх авіаційних інженерів-механіків, підвищення ефективності інтегрованого навчання, покращення методичного забезпечення освітнього процесу та розробки навчальних програм, що відповідають сучасним вимогам авіаційної галузі. Результати дослідження також можуть бути використані для розробки методичних рекомендацій щодо впровадження інтегрованих освітніх технологій, створення спеціалізованих навчальних курсів та підвищення кваліфікації викладачів у сфері авіаційної освіти.

Апробація результатів кваліфікаційної роботи. Основні теоретичні та практичні положення магістерського дослідження оприлюднено та обговорено на VI Міжнародній науково-практичній конференції «Motivation of professional activity of pedagogical workers», яка відбулась 11-14 лютого 2025 р., у м.Таллінн (Естонія).

Публікації. Залевський А.В., Черноглазова Г.В. Інтеграція екологічних принципів в освіту майбутніх авіаційних інженерів-механіків. *Proceedings of the VI International Scientific and Practical Conference. Tallinn, Estonia. 2025.* Рр. 19-21. URL: <https://isg-konf.com/motivation-of-professional-activity-of-pedagogical-workers/>

Структура, зміст та обсяг кваліфікаційної роботи. Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел (69 найменувань) та додатків. Загальний обсяг роботи становить 133 сторінки друкованого тексту, в тому числі 112 сторінок основного тексту, 7 сторінок списку використаних джерел та 21 сторінка додатків. Кваліфікаційна робота містить 13 таблиць, 4 рисунки, 8 додатків.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ІНТЕГРОВАНОГО НАВЧАННЯ МАЙБУТНІХ АВІАЦІЙНИХ ІНЖЕНЕРІВ-МЕХАНІКІВ

1.1 Сутність, принципи та концепції інтегрованого навчання

Інтегративне навчання майбутніх фахівців – одна з актуальних проблем сучасної професійної освіти. Педагогічною наукою доведена необхідність теоретичного розроблення питання міжпредметної інтеграції та реалізація його в навчально-виховному процесі закладів вищої освіти, як чинника підвищення мотивації студентів до вивчення різних дисциплін, засвоєння різнобічних знань і формування практичних умінь, що закладають підґрунтя цілісної системи професійно важливих якостей майбутнього фахівця.

Питанню впровадження інтегрованого підходу до навчання присвячено праці таких науковців, як І. Богданова, Л. Вичорова, С. Гончаренко, В. Ільченко, І. Козловська, Ю. Мальований, Н. Падун, Є. Романенко, О. Сергєєв, Т. Усатенко та ін. Проблеми міждисциплінарної інтеграції у процесі професійної підготовки майбутніх авіаційних інженерів-механіків висвітлено в роботах О. Задкової, О. Захарової, Т. Плачинди, О. Москаленко, Г. Пухальської та ін.

У Великому тлумачному словнику сучасної української мови вказано, що «інтеграція – це доцільне об'єднання та координація дій різних частин цілісної системи». С. Гончаренко тлумачив інтеграцію наук через «взаємопроникнення методів дослідження з одних наук в інші, у виробленні спільного для ряду наук підходу до вивчення, теоретичного опису й пояснення явищ» [17].

У своїй роботі Н. Падун зазначає, що для ефективного засвоєння студентами знань, умінь, навичок, а також для розвитку особистісної креативності важливого значення набуває встановлення тісних зв'язків не

тільки між розділами в межах одного курсу, а й між різними дисциплінами [28].

На думку А. Токаревої, інтегративне навчання витлумачується через процес розвитку інтегративного знання – системного, узагальненого та універсального; у ході цього процесу студенти набувають умінь здійснювати зв'язки між різними поняттями, науковими теоріями та галузями. У результаті застосування цього підходу підвищується ефективність навчання [14].

Серед умінь, що формуються у ході інтегративного навчання, автори виокремлюють:

- умінь будувати логічні зв'язки та ставити дослідницькі питання, знаходити необхідну інформацію,
- порівнювати поняття і створювати інтегративні схеми для цілісного розуміння явища,
- переносити знання з однієї галузі в іншу,
- приймати рішення у невизначених ситуаціях.

Автори О.Лавніков і А.Лесик зауважують, що «у результаті реалізації інтегративного підходу в ЗВО на змістовому і технологічному рівнях утворюється єдине освітнє середовище для формування загальних і спеціальних компетентностей майбутніх фахівців, де відкриваються великі можливості для взаємопереходу, взаємодоповнення і взаємотрансформації» [20, с. 197].

Досліджуючи проблему інтеграції в навчальній діяльності курсантів авіаційних закладів вищої освіти, Т. Плачинда визначає інтеграцію як процес зближення наук із одночасною їх диференціацією. Відповідно до логіки нашого дослідження, ми згодні з думкою автора, що інтеграція навчальних дисциплін виступає найважливішим чинником забезпечення якості професійної підготовки майбутніх авіаційних інженерів-механіків.

Професійна підготовка майбутнього авіаційного інженера-механіка також потребує інтегративного підходу до навчання у закладах авіаційної

освіти, оскільки ефективно засвоєння знань з дисциплін циклів гуманітарної та соціально-економічної підготовки, циклів професійної та технічної підготовки із застосуванням міжпредметної інтеграції сприяє формуванню висококваліфікованого, компетентного та конкурентоспроможного фахівця [14].

У зв'язку з цим слід звернути увагу на поняття «трансферабельні уміння», тобто навички, які можна перенести з однієї сфери діяльності в іншу.

Реалізація міжпредметних зв'язків у процесі професійної підготовки майбутніх авіаційних інженерів-механіків передбачає висвітлення навчального матеріалу фундаментальних, загально-технічних дисциплін з урахуванням їхньої ролі у фаховій підготовці.

Тому важливо навчити майбутніх авіаційних інженерів-механіків використовувати набуті знання, отримані у різних напрямках підготовки, тобто бути здатними до трансферу знань, умінь та навичок.

Розвиток трансферабельних умінь передбачає:

- самостійне мислення та застосування набутих знань у різних професійних контекстах,
- використання причинно-наслідкових зв'язків у навчальному процесі,
- перенесення знань із загально-інженерних курсів до практичної діяльності,
- формування навичок вирішення технічних завдань у реальних виробничих умовах.

Реалізація інтеграційного підходу сприятиме розвитку таких навичок, як: логічне мислення, здатність до аналізу альтернативних варіантів, комунікативні навички та вміння працювати в команді [14].

Одним із дієвих методів формування трансферабельних умінь є виїзні лекції та практичні заняття на авіаційних підприємствах. Це дозволяє студентам ефективно поєднувати теоретичні знання з реальним виробничим процесом.

Також доцільно використовувати:

- інтегровані проєктні лекції – лекції, які поєднують дві або більше дисциплін,
- поетапне ускладнення завдань – градація завдань за рівнем складності залежно від підготовленості студентів,
- моделювання реальних авіаційних ситуацій – застосування симуляційних комплексів для відпрацювання технічних навичок.

Таким чином, інтегроване навчання авіаційних інженерів-механіків є необхідною умовою підготовки висококваліфікованих спеціалістів. Використання міжпредметних зв'язків, проєктного навчання та симуляційних методів дозволяє майбутнім фахівцям адаптуватися до сучасних вимог авіаційної галузі та успішно застосовувати отримані знання у професійній діяльності [31].

Інтегроване навчання ґрунтується на кількох ключових принципах:

1. Принцип наукової цілісності – навчальний матеріал подається не як окремі дисципліни, а як єдина система знань, яка відображає об'єктивні закономірності реального світу.
2. Принцип міждисциплінарної взаємодії – різні навчальні дисципліни поєднуються на основі спільних концепцій, методів та моделей, що забезпечує узгодженість змісту.
3. Принцип практичної спрямованості – інтеграція навчального матеріалу сприяє формуванню у студентів професійних компетенцій, необхідних для роботи в авіаційній галузі.
4. Принцип варіативності та гнучкості – інтеграція знань передбачає адаптацію навчального процесу до потреб студентів та вимог професійного середовища.
5. Принцип комплексності – передбачає застосування різних методів навчання, таких як проблемне, проєктне та дослідницьке навчання, що сприяє формуванню аналітичного мислення.

У дослідженнях багатьох науковців висвітлено різні аспекти інтеграції навчальних дисциплін, серед яких виокремлено три основні концепції інтегрованого навчання, кожна з яких має свої особливості, методологічні підходи та практичне застосування в освітньому процесі [5].

1. Концепція міжпредметних зв'язків

Концепція міжпредметних зв'язків передбачає узгоджене вивчення різних дисциплін шляхом встановлення логічних зв'язків між темами, що мають спільну наукову основу. Це дозволяє уникати дублювання інформації, оптимізувати навчальний процес та формувати у студентів системне мислення.

Основні принципи концепції міжпредметних зв'язків [5]:

Принцип логічної узгодженості – матеріал різних дисциплін подається так, щоб студенти могли простежити зв'язки між теоретичними поняттями та їхнім практичним застосуванням.

Принцип поступовості – інтеграція дисциплін відбувається поступово, у міру накопичення знань студентами.

Принцип взаємодоповнення – матеріал одного предмета підкріплює або доповнює знання з іншої дисципліни.

Методи реалізації концепції:

Використання наскрізних тем – наприклад, вивчення принципів аеродинаміки на заняттях із фізики та їх практичне застосування в курсі авіаційної механіки.

Проектна діяльність – розробка технічних проєктів, що вимагають застосування знань із кількох дисциплін (наприклад, створення моделі двигуна, що поєднує механіку, термодинаміку та матеріалознавство).

Лабораторні роботи міждисциплінарного характеру – наприклад, аналіз авіаційних матеріалів на заняттях із фізики та їх використання в конструкціях літаків на заняттях із технічної механіки.

Складання інтегрованих тестів – питання з різних дисциплін, що розкривають взаємозв'язки між предметами.

Очікувані результати:

- формування комплексного розуміння технічних процесів.
- зменшення фрагментарності знань.
- розвиток здатності застосовувати отримані знання у практичних ситуаціях.

2. Концепція дисциплінарного синтезу

Концепція дисциплінарного синтезу передбачає створення інтегрованих навчальних курсів, які поєднують знання з кількох предметів на основі загальних наукових принципів. Це дозволяє студентам опановувати матеріал не окремими темами, а комплексними блоками, що відображають реальні міждисциплінарні зв'язки.

Основні принципи:

Принцип єдності навчального змісту – дисципліни не вивчаються ізольовано, а синтезуються у спільну навчальну програму.

Принцип проблемного підходу – навчання будується на розв'язанні реальних технічних проблем, що вимагають знань із кількох галузей.

Принцип інтеграції наукових понять – у рамках інтегрованого курсу вивчаються основні закономірності, які є спільними для кількох дисциплін.

Методи реалізації:

Розробка інтегрованих навчальних дисциплін – наприклад, створення курсу "Авіаційні конструкції та матеріалознавство", що включає елементи фізики, хімії матеріалів та механіки.

Використання кейс-методу – студенти аналізують реальні інженерні завдання, що потребують комплексного підходу (наприклад, оцінка міцності матеріалів у різних умовах експлуатації).

Застосування проблемного навчання – вивчення технічних систем через розгляд практичних ситуацій (наприклад, виявлення та усунення дефектів авіаційних двигунів).

Організація міждисциплінарних навчальних груп – студенти різних спеціалізацій працюють разом над спільними проєктами, використовуючи знання з кількох предметів.

Очікувані результати:

Підвищення здатності студентів до комплексного аналізу технічних процесів.

Формування навичок роботи в команді над міждисциплінарними завданнями.

Полегшення переходу від навчання до практичної діяльності.

3. Концепція модульного навчання

Концепція модульного навчання передбачає поділ навчального матеріалу на логічно завершені модулі, кожен з яких включає теоретичний, практичний та аналітичний компоненти. Це дозволяє забезпечити гнучкість навчального процесу, враховувати індивідуальні особливості студентів та адаптувати зміст курсу до змін у професійній сфері.

Основні принципи:

Принцип автономності модулів – кожен модуль має чітко визначену структуру та може бути вивчений окремо від інших.

Принцип поетапного навчання – модулі розташовані в послідовності, що забезпечує поступове ускладнення навчального матеріалу.

Принцип практичної орієнтації – кожен модуль містить завдання, спрямовані на формування професійних компетенцій.

Методи реалізації:

Структурування курсу у вигляді навчальних модулів – наприклад, курс «Авіаційні матеріали» може містити такі модулі:

1. Теоретичні основи матеріалознавства.
2. Методи випробування авіаційних матеріалів.
3. Аналіз пошкоджень і методи ремонту.
4. Сучасні технології створення авіаційних матеріалів.

Запровадження гнучкої системи оцінювання – студенти проходять тестування після завершення кожного модуля, що дозволяє оцінювати рівень засвоєння знань поступово.

Застосування інтерактивних методів навчання – використання електронних платформ для дистанційного навчання, інтерактивних симуляторів та віртуальних лабораторій.

Індивідуалізація навчального процесу – студенти можуть самостійно обирати послідовність вивчення модулів відповідно до своїх професійних інтересів.

Очікувані результати:

Гнучкість навчального процесу, що дозволяє адаптувати його до потреб студентів.

Підвищення ефективності засвоєння матеріалу через поетапне навчання.

Зміцнення практичних навичок завдяки чіткій структурі кожного модуля.

Кожна з цих концепцій має свої переваги та може бути ефективно застосована у процесі підготовки майбутніх авіаційних інженерів-механіків.

В умовах льотних навчальних закладів створення окремого інтегрованого курсу є складним завданням через обмежену кількість академічних годин, регламентовану навчальними планами та вимогами до професійної підготовки майбутніх авіаційних інженерів-механіків. Крім того, суворі стандартизація освітніх програм за міжнародними авіаційними нормами (ICAO, EASA) передбачає обов'язкове опанування фундаментальних і профільних дисциплін без зміни їхньої основної структури [29].

Тому найефективнішим підходом є інтеграція змісту дисциплін на основі загальних концепцій, наскрізних тем і ключових теоретичних принципів. Такий підхід дозволяє уникнути дублювання матеріалу, забезпечити логічну послідовність у вивченні навчальних тем і сприяти

більш глибокому розумінню взаємозв'язків між різними науковими галузями.

Це дає змогу:

- формувати у студентів системне уявлення про авіаційну техніку,
- розвивати аналітичне мислення та навички розв'язання реальних інженерних завдань,
- підвищити якість професійної підготовки через застосування отриманих знань у практичній діяльності.

Для ефективної реалізації інтегрованого підходу застосовуються різні методи навчання, які сприяють комплексному засвоєнню матеріалу та розвитку практичних навичок.

Оптимальні методи реалізації інтегрованого навчання

1. Використання кейс-методу

Кейс-метод є ефективним способом навчання, який передбачає роботу студентів над реальними технічними проблемами, що потребують застосування знань із кількох дисциплін.

Переваги кейс-методу:

- забезпечує глибоке розуміння технічних процесів,
- розвиває аналітичні навички та критичне мислення,
- сприяє ефективному командному навчанню,
- дозволяє студентам набувати практичного досвіду вирішення складних інженерних завдань.

Приклад застосування:

- Аналіз та усунення технічних несправностей в авіаційних двигунах (поєднання механіки, термодинаміки та авіаційної електроніки).
- Діагностика проблем у системах управління польотом (інтеграція знань із гідравліки, електромеханіки та авіоніки).
- Розрахунок витрат пального та аеродинамічних характеристик літака (застосування математики, фізики, механіки та програмування).

2. Симуляційне навчання

Сучасні симуляційні технології дозволяють проводити моделювання реальних авіаційних ситуацій, що забезпечує глибше розуміння роботи авіаційних систем без ризику для студентів і авіатехніки.

Основні переваги симуляційного навчання:

- Практична спрямованість – студенти навчаються працювати з реальними авіаційними системами у віртуальному середовищі.

- Безпека навчання – дозволяє моделювати екстремальні ситуації (відмова систем, аварійні режими роботи авіаційних двигунів тощо) без ризику для техніки чи життя людей.

- Інтерактивність – забезпечує можливість змінювати параметри та аналізувати різні сценарії роботи авіаційного обладнання.

Приклад застосування:

- Комп'ютерні авіаційні симулятори для моделювання технічного обслуговування літаків.

- Системи доповненої реальності (AR) і віртуальної реальності (VR) для візуалізації внутрішньої структури авіаційних систем.

- Лабораторні комп'ютерні тренажери для діагностики несправностей у гідравлічних, електричних та паливних системах літака.

3. Лабораторні роботи міжпредметного характеру

Лабораторні роботи є невід'ємною частиною інтегрованого навчання, оскільки вони дають змогу студентам застосовувати отримані теоретичні знання в реальних експериментах.

Основні особливості міжпредметних лабораторних робіт:

- Застосування фізичних законів у проєктуванні авіаційних систем (наприклад, аналіз теплового розширення матеріалів у двигунах).

- Механічні випробування авіаційних матеріалів (вивчення міцності та пластичності матеріалів у лабораторних умовах).

- Вимірювання аеродинамічних характеристик авіаційних конструкцій (дослідження впливу різних профілів крила на стійкість літака).

Приклад застосування:

- Дослідження поведінки авіаційних матеріалів під впливом навантажень (зв'язок із механікою та матеріалознавством).
- Лабораторне моделювання роботи паливної системи літака (інтеграція знань із хімії, фізики та інженерії).
- Аналіз впливу турбулентності на стійкість повітряного судна в аеродинамічній трубі.

4. Проєктне навчання

Проєктне навчання передбачає виконання студентами інженерних або науково-дослідницьких проєктів, що вимагають застосування знань із різних дисциплін.

Основні переваги:

- Формування навичок самостійного вирішення технічних проблем.
- Розвиток критичного мислення та творчих підходів до розробки нових технологій.
- Підвищення рівня командної роботи та професійної комунікації.

Приклад застосування:

- Розробка та створення автономного дрона – інтеграція знань із аеродинаміки, електроніки, програмування та механіки.
- Проєктування енергоефективного авіаційного двигуна – аналіз процесів горіння, ефективності термічних циклів та вибору матеріалів.
- Моделювання альтернативних джерел енергії для повітряного транспорту (наприклад, водневі двигуни чи електроавіація).

Таким чином, поєднання теоретичного матеріалу з практичними завданнями та інтерактивними методами навчання сприяє формуванню висококваліфікованих фахівців, здатних адаптуватися до сучасних викликів авіаційної галузі.

Інтегроване навчання відіграє важливу роль у професійній підготовці авіаційних інженерів-механіків, сприяючи ефективному засвоєнню знань, їх застосуванню в реальних умовах та підготовці студентів до вирішення

складних технічних завдань. Поєднання теоретичних знань із практичним досвідом дозволяє майбутнім фахівцям сформувати цілісне розуміння авіаційної техніки, її роботи та методів діагностики і ремонту [8].

Реалізація інтегрованого навчання у льотних навчальних закладах позитивно впливає на якість освіти та підвищує готовність випускників до професійної діяльності.

Серед основних переваг інтегрованого навчання можна відокремити:

1. Покращення професійної підготовки випускників завдяки комплексному підходу до вивчення дисциплін.

Інтегроване навчання дозволяє усунути фрагментарність знань, сприяє системному сприйняттю матеріалу та забезпечує розуміння взаємозв'язку між авіаційними системами. Це сприяє формуванню комплексного підходу до вирішення інженерних завдань.

Авіаційні інженери-механіки повинні не лише знати окремі технічні аспекти, але й розуміти їхню взаємодію. Наприклад, вивчення принципів аеродинаміки у поєднанні з розрахунками навантаження на авіаційну конструкцію допомагає краще оцінювати вплив зовнішніх факторів на роботу літака.

2. Адаптація навчального процесу до сучасних вимог авіаційної галузі.

Авіаційна галузь постійно змінюється, впроваджуються нові технології, автоматизовані системи управління та цифрові методи діагностики. Інтегроване навчання дозволяє швидко адаптувати освітній процес до сучасних вимог та забезпечити відповідність навчальних програм міжнародним авіаційним стандартам.

Використання сучасних технологій, таких як цифрове моделювання, віртуальні лабораторії та симулятори, сприяє кращому засвоєнню матеріалу та набуттю практичних навичок. Важливим аспектом є поєднання навчання з виробничою практикою, що дає змогу студентам отримати досвід роботи з реальними авіаційними системами [22].

3. Розвиток навичок аналітичного мислення, необхідних для ефективного вирішення технічних завдань

Авіаційні інженери-механіки повинні не тільки знати принципи роботи авіаційних систем, а й уміти аналізувати можливі несправності, прогнозувати їхні наслідки та знаходити оптимальні рішення.

Інтегроване навчання сприяє розвитку аналітичного мислення, здатності оцінювати складні технічні ситуації та приймати правильні рішення. Наприклад, під час аналізу несправностей паливної системи літака студенти можуть застосовувати знання з механіки, термодинаміки та електроніки, що дозволяє їм більш точно визначати причини проблем і способи їх усунення.

4. Підвищення мотивації студентів до навчання через використання практично орієнтованих методів.

Однією з основних проблем у технічній освіті є зниження мотивації студентів через велику кількість теоретичного матеріалу. Інтегроване навчання дозволяє поєднати теорію з практикою, що робить процес навчання більш цікавим та ефективним.

Використання таких методів, як симуляційне навчання, кейс-метод, лабораторні роботи та проєктна діяльність, стимулює студентів до активного навчання та самостійного пошуку рішень. Практичні завдання, наприклад, діагностика несправностей двигунів або аналіз аеродинамічних характеристик літака, дозволяють студентам безпосередньо застосовувати отримані знання та розуміти їхню практичну значущість.

Таким чином, інтегроване навчання є ключовим елементом сучасної авіаційної освіти. Його впровадження дозволяє формувати конкурентоспроможних фахівців, які володіють системним мисленням, здатні працювати в команді та ефективно застосовувати отримані знання у професійній діяльності.

1.2 Світовий досвід інтегрованого навчання у підготовці авіаційних інженерів

Інтегроване навчання широко застосовується у світовій практиці підготовки авіаційних інженерів-механіків, оскільки дозволяє ефективно поєднувати теоретичну підготовку з практичним застосуванням знань. У різних країнах підхід до інтеграції навчального процесу має свої особливості, але загальною тенденцією є використання міждисциплінарного підходу, симуляційних технологій, моделювання інженерних рішень та дуальної освіти.

Досвід країн із розвиненою авіаційною промисловістю, таких як США, Велика Британія, Німеччина, Франція та Китай, свідчить про ефективність інтегрованих підходів у підготовці авіаційних спеціалістів. Розглянемо детальніше специфіку провадження інтегрованого навчання авіаційних фахівців у зазначених країнах (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Особливості підходу до інтеграції навчання авіаційних інженерів – механіків в інших країнах

Країна	Ключові освітні підходи	Провідні університети	Застосування технологій	Співпраця з авіаційними компаніями
1	2	3	4	5
США	STEM-освіта, інтеграція науки і практики, цифрові технології (VR/AR, 3D-моделювання), дуальна освіта	MIT, Purdue University, Embry-Riddle Aeronautical University	Симулятори, 3D-друк, AR/VR, комп'ютерне моделювання	Boeing, NASA, Lockheed Martin
Велика Британія	Проблемно-орієнтоване навчання (PBL), комп'ютерне моделювання, симуляційні комплекси, співпраця з авіапромисловістю	University of Cambridge, Cranfield University	3D-друк, віртуальна реальність, комп'ютерне моделювання	Rolls-Royce, Airbus, BAE Systems

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5
Німеччина	Дуальна освіта (поєднання навчання та роботи), 3D-друк, біонічні конструкції, цифрове моделювання	Technische Universität München (TUM), Universität Stuttgart, Technische Universität Berlin	Авіаційні симулятори, 3D-друк, доповнена реальність	Airbus, Lufthansa Technik, MTU Aero Engines
Франція	Проектно-орієнтоване навчання (PBL), симуляції, цифрові технології, міжнародна співпраця	ISAE-SUPAERO, École Nationale de l'Aviation Civile (ENAC), CentraleSupélec	VR/AR, цифрове моделювання, швидке прототипування	Airbus, Dassault Aviation, Safran, Thales
Китай	Цифровізація освіти, штучний інтелект, віртуальні лабораторії, автономні системи, глобальна співпраця	Beihang University, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics (NUAA), Northwestern Polytechnical University (NPU)	Штучний інтелект, доповнена реальність, 3D-друк, симуляції	COMAC, AVIC, China Southern Airlines, Air China

Розглянемо більш детально зазначену інформацію.

1. США: Інтегроване навчання в підготовці авіаційних інженерів-механіків.

Сполучені Штати Америки є одним із світових лідерів у сфері підготовки авіаційних інженерів завдяки впровадженню сучасних методів навчання, використанню цифрових технологій і тісній співпраці з провідними авіаційними компаніями. Однією з ключових освітніх концепцій, яка активно застосовується у вищих навчальних закладах США, є STEM-освіта (Science, Technology, Engineering, Mathematics). Ця концепція передбачає інтеграцію фундаментальних наук у процесі підготовки майбутніх інженерів, що забезпечує комплексне формування навичок вирішення складних технічних завдань у сфері авіаційного транспорту [40].

STEM-освіта має кілька ключових особливостей:

1. Поєднання теорії та практики – студенти отримують глибокі знання з математики, фізики, аеродинаміки та механіки, які закріплюються практичними завданнями в лабораторіях і авіаційних майстернях.

2. Використання міждисциплінарного підходу – навчання відбувається на стику різних наукових галузей, що дозволяє студентам формувати комплексне уявлення про роботу авіаційних систем.

3. Розвиток інноваційного мислення – навчальні програми включають проєктну діяльність, де студенти самостійно розробляють нові технологічні рішення для авіаційної галузі.

4. Застосування цифрових технологій – використання симуляторів, 3D-моделювання, доповненої реальності та інших інструментів для підвищення ефективності навчального процесу.

У США діє низка університетів, які є світовими лідерами в підготовці авіаційних інженерів-механіків. Найбільш відомі з них:

– Massachusetts Institute of Technology (MIT) – один із найпрестижніших технічних університетів світу, який активно використовує комп'ютерне моделювання, штучний інтелект та робототехніку у сфері авіаційної інженерії. В MIT функціонують спеціалізовані дослідницькі лабораторії, зокрема International Center for Air Transportation (ICAT), де студенти беруть участь у проєктах із розробки авіаційних технологій майбутнього.

– Purdue University – відомий своєю сильною інженерною школою та співпрацею з такими компаніями, як NASA, Boeing, Lockheed Martin. В університеті діють унікальні програми з аерокосмічної техніки, що включають практичні заняття в аеродинамічних тунелях і випробувальних центрах.

– Embry-Riddle Aeronautical University – один із найкращих у світі університетів, спеціалізованих на авіації та аерокосмічній техніці. В Embry-Riddle велика увага приділяється інтегрованому підходу до навчання, що

включає використання аерокосмічних симуляторів, лабораторій динамічного тестування двигунів та курсів із безпілотних літальних апаратів.

Американські університети активно впроваджують у навчальний процес сучасні цифрові технології:

- Симуляційні комплекси та тренажери – студенти проходять практичну підготовку в реалістичних умовах, використовуючи авіаційні тренажери, що моделюють поведінку літальних апаратів у різних ситуаціях.

- Системи доповненої та віртуальної реальності (AR/VR) – дозволяють відтворювати конструкції літаків у тривимірному просторі, що допомагає студентам вивчати їхню будову та принципи роботи без необхідності фізичного доступу до реального літака.

- Комп'ютерне моделювання та 3D-друк – використовується для тестування нових матеріалів і конструкцій, що дозволяє майбутнім інженерам створювати прототипи аеродинамічних компонентів і проводити їх випробування.

Дуальна освіта є важливим елементом підготовки авіаційних інженерів у США. Студенти мають можливість поєднувати навчання з роботою на підприємствах авіаційної промисловості. Наприклад:

- Співпраця з Boeing – студенти проходять стажування у виробничих підрозділах компанії, де працюють над проектами з розробки нових авіаційних систем.

- NASA Pathways Program – програма для студентів, які прагнуть побудувати кар'єру в аерокосмічній інженерії. Вона включає стажування та участь у дослідницьких місіях NASA.

- Lockheed Martin Internship Program – програма, що дає можливість студентам брати участь у розробці військової та цивільної авіаційної техніки.

Модель навчання, яку використовують провідні американські університети, має низку суттєвих переваг:

1. Інтеграція науки та практики – навчальний процес побудований таким чином, що студенти не лише вивчають теоретичні аспекти, а й застосовують їх на практиці у реальних інженерних проєктах.

2. Сучасні технології навчання – активне використання симуляторів, VR/AR, 3D-друку та інших інноваційних рішень.

3. Тісна співпраця з промисловістю – навчальні заклади співпрацюють з авіаційними компаніями, що дає змогу студентам отримувати реальний досвід ще під час навчання.

4. Глобальна конкурентоспроможність – випускники американських університетів є затребуваними фахівцями у всьому світі завдяки високому рівню підготовки та практичному досвіду.

США є одним із світових лідерів у підготовці авіаційних інженерів-механіків завдяки інтегрованому підходу до навчання, який поєднує фундаментальну науку, передові технології та практичну підготовку. Використання STEM-підходу, широке застосування симуляційних комплексів, програм дуальної освіти та тісна взаємодія з провідними авіаційними компаніями дозволяють американським університетам випускати висококваліфікованих інженерів, готових до роботи у сфері авіаційного транспорту. Українські освітні заклади можуть запозичити цей досвід для підвищення якості підготовки фахівців у галузі авіаційної інженерії.

2. Велика Британія: Інноваційні підходи до підготовки авіаційних інженерів-механіків

Велика Британія є одним із провідних центрів підготовки авіаційних інженерів, завдяки своїм високим академічним стандартам, тісній співпраці університетів з авіаційною промисловістю та впровадженню сучасних освітніх технологій. Британські університети активно використовують проблемно-орієнтоване навчання (PBL – Problem-Based Learning), що дозволяє студентам здобувати практичні навички, працюючи над реальними інженерними проєктами.

Британська система вищої освіти у сфері авіаційної інженерії має кілька ключових характеристик:

1. Практико-орієнтоване навчання – студенти не просто вивчають теоретичний матеріал, а застосовують знання на практиці, розробляючи реальні технічні рішення.
2. Проєктний підхід – акцент робиться на виконанні групових проєктів, де студенти аналізують існуючі авіаційні проблеми та пропонують інноваційні рішення.
3. Використання цифрових технологій – у навчальному процесі активно застосовуються комп'ютерне моделювання, 3D-друк, симуляційні комплекси та віртуальна реальність.
4. Тісна співпраця з авіаційною промисловістю – університети співпрацюють з такими компаніями, як Rolls-Royce, Airbus, BAE Systems, що дає змогу студентам працювати над реальними інженерними проєктами.

Однією з головних особливостей авіаційної освіти у Великій Британії є впровадження проблемно-орієнтованого навчання (PBL), коли студенти вивчають матеріал через аналіз реальних інженерних проблем. Це відрізняється від традиційного навчання, де викладачі просто передають інформацію студентам.

Етапи проблемно-орієнтованого навчання у сфері авіаційної інженерії:

1. Формулювання проблеми – студенти отримують завдання, що імітує реальну ситуацію з авіаційної інженерії (наприклад, розробка аеродинамічної конструкції нового літака або пошук ефективних рішень для підвищення паливної ефективності авіадвигунів).
2. Аналіз наявних рішень – студентська група досліджує попередні підходи до вирішення цієї проблеми, аналізує існуючі технології та нормативні вимоги.
3. Використання цифрових інструментів – у процесі навчання застосовуються аеродинамічне моделювання, 3D-друк, симулятори, що

дозволяє протестувати запропоновані рішення в умовах, максимально наближених до реальних.

4. Розробка інженерного рішення – студенти створюють математичні моделі, тестують концепції за допомогою симуляційних програм та оцінюють їхню ефективність.

5. Презентація та оцінка – результати проєкту презентуються викладачам та інженерам авіаційної промисловості, які оцінюють його з погляду технічної реалізованості.

Такий підхід сприяє розвитку аналітичного мислення, вміння працювати в команді та здатності адаптуватися до сучасних викликів авіаційної галузі.

Кембриджський університет – один із найстаріших і найпрестижніших навчальних закладів світу, який здійснює підготовку авіаційних інженерів на основі міждисциплінарного підходу.

Основні особливості навчання:

- Студенти працюють у Whittle Laboratory, яка спеціалізується на аеродинамічних дослідженнях і розробці авіаційних двигунів.

- Використання методу PBL у поєднанні з комп'ютерним моделюванням та симуляційними тренажерами.

- Співпраця з Rolls-Royce у сфері розробки нових двигунів із підвищеною паливною ефективністю.

- Дослідження в галузі електроавіації, що є ключовим напрямом розвитку авіаційного транспорту у найближчі десятиліття.

Cranfield University – це спеціалізований заклад, який фокусується на аерокосмічних технологіях та авіаційній безпеці. Це єдиний британський університет, що має власний аеропорт та навчальну авіаційну базу. Основні особливості навчання:

- Використання симуляторів польотів та реальних літаків для навчання студентів.

- Участь у дослідницьких проєктах спільно з Airbus, Boeing та Європейським космічним агентством (ESA).

- Курси з авіаційної безпеки та управління повітряним рухом, що є ключовими аспектами сучасної авіаційної інженерії.

- Можливість проходження стажувань у провідних компаніях авіаційного сектору.

Однією з важливих складових інтегрованого навчання у британських університетах є застосування сучасних технологій:

- Симуляційне моделювання – дозволяє тестувати конструкції авіаційних двигунів та крила літаків у цифровому середовищі перед їх створенням у реальному виробництві.

- 3D-друк – використовується для створення прототипів нових деталей та їх тестування у лабораторних умовах.

- Віртуальна реальність (VR) та доповнена реальність (AR) – застосовується для моделювання аеродинамічних процесів та навчання роботи з авіаційними двигунами.

Британські університети активно співпрацюють із промисловими партнерами, що дозволяє студентам працювати над реальними інженерними завданнями:

- Rolls-Royce – надає можливості для стажувань у сфері розробки авіаційних двигунів.

- Airbus UK – бере участь у розробці програм для підготовки інженерів із конструювання літаків нового покоління.

- British Airways та Heathrow Airport – пропонують програми стажування для студентів, що спеціалізуються на авіаційному менеджменті та технічному обслуговуванні повітряних суден.

Британська система підготовки авіаційних інженерів відзначається високим рівнем інтеграції науки, практики та цифрових технологій. Використання проблемно-орієнтованого навчання (PBL), комп'ютерного моделювання, симуляторів та активна співпраця з авіаційними компаніями

дозволяють студентам отримати всебічну підготовку та високий рівень професійної компетентності.

Досвід Великої Британії може бути корисним для вдосконалення системи підготовки авіаційних інженерів в Україні, зокрема через активне впровадження інтерактивних методів навчання, цифрових технологій та дуальної освіти.

3. Німеччина: Дуальна освіта та інтегроване навчання у підготовці авіаційних інженерів-механіків

Німеччина є однією з провідних країн у галузі авіаційної техніки та інженерії, завдяки поєднанню високих академічних стандартів, технологічного розвитку та тісної співпраці між університетами й промисловістю. Однією з головних особливостей системи підготовки авіаційних інженерів у Німеччині є дуальна освіта (Dual System), яка дозволяє студентам поєднувати теоретичне навчання з практичним досвідом роботи на підприємствах [26].

Дуальна система освіти є унікальним підходом, що широко застосовується в інженерних та технічних спеціальностях, включаючи авіаційну інженерію. Її ключові особливості включають:

1. Поєднання теорії та практики – навчальний процес побудований так, що студенти проходять половину часу в університеті, а іншу половину – на авіаційних підприємствах.

2. Співпраця з авіаційною промисловістю – студенти працюють у компаніях, таких як Airbus, Lufthansa Technik, MTU Aero Engines, де беруть участь у реальних виробничих процесах.

3. Отримання професійного досвіду ще під час навчання – студенти розвивають практичні навички, що значно підвищує їхню конкурентоспроможність на ринку праці.

4. Оплачувані стажування – у багатьох випадках студентам виплачується стипендія або заробітна плата під час роботи на підприємстві.

5. Високий рівень працевлаштування випускників – більшість студентів отримують пропозицію роботи ще до закінчення навчання.

Дуальна освіта є ключовим елементом системи професійної підготовки в Німеччині, що дозволяє забезпечити високий рівень компетентності фахівців у технічних галузях.

У Німеччині функціонує кілька провідних університетів, що забезпечують підготовку авіаційних інженерів за інтегрованою системою навчання.

Технічний університет Мюнхена – Technische Universität München (TUM) – є одним із найкращих технічних університетів Європи, який спеціалізується на авіаційній інженерії та аерокосмічних дослідженнях.

Основні особливості навчання:

Використання методу дуального навчання, коли студенти поєднують заняття з роботою в таких компаніях, як Airbus, Rolls-Royce, BMW Aero Engines.

Лабораторні дослідження та комп'ютерне моделювання – використання сучасних технологій для тестування авіаційних конструкцій та аеродинаміки літаків.

Дослідження у сфері водневих двигунів та альтернативних джерел енергії для авіації.

Співпраця з Європейським космічним агентством (ESA) у сфері аерокосмічних технологій.

Штутгартський університет – Universität Stuttgart – є одним із центрів досліджень у галузі аерокосмічної техніки.

Основні особливості:

- Студенти проходять навчання в Institut für Flugzeugbau (IFB) – одній із провідних лабораторій авіаційної інженерії.

- Дослідження у сфері легких конструкцій, аеродинаміки та цифрового моделювання авіаційних процесів.

- Співпраця з Lufthansa Technik у сфері технічного обслуговування повітряних суден.

- Активне використання 3D-друку та композитних матеріалів у виробництві авіаційних компонентів.

Технічний університет Берліна – Technische Universität Berlin – спеціалізується на дослідженнях у галузі авіаційної безпеки, управління повітряним рухом та екологічної авіації.

Основні особливості навчання:

- Студенти проходять практику в аеропорту Берліна та центрах управління повітряним рухом.

- Використання штучного інтелекту у прогнозуванні авіаційного трафіку.

- Дослідження у сфері зменшення шуму авіаційних двигунів та аеродинаміки.

Університети Німеччини активно застосовують сучасні технології в підготовці авіаційних інженерів:

- Симуляційні комплекси – використання аеродинамічних та авіаційних симуляторів для вивчення поведінки літаків у різних умовах.

- 3D-друк у авіаційній інженерії – створення прототипів нових деталей із легких матеріалів.

- Доповнена реальність (AR) та віртуальна реальність (VR) – використання цифрових моделей літаків для навчання інженерів без фізичного доступу до літальних апаратів.

- Біонічні конструкції в авіації – дослідження природних структур для створення легших і міцніших деталей літаків.

Німецькі університети мають міцні зв'язки з авіаційною промисловістю, що дає студентам можливість працювати над реальними інженерними проєктами.

Основні компанії-партнери:

– Airbus – студенти беруть участь у дослідженнях та випробуваннях нових авіаційних конструкцій.

– Lufthansa Technik – спеціальні програми навчання з технічного обслуговування літаків.

– MTU Aero Engines – стажування у сфері розробки та тестування авіаційних двигунів.

– Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) – Німецький центр аерокосмічних досліджень, де проводяться експерименти з безпілотними літальними апаратами.

Переваги німецької моделі підготовки авіаційних інженерів

1. Поєднання теорії та практики – дуальна освіта дозволяє студентам отримати реальний досвід роботи ще під час навчання.

2. Використання сучасних технологій – комп'ютерне моделювання, 3D-друк, симуляційні тренажери.

3. Тісна співпраця з авіаційними компаніями – студенти працюють над реальними проектами, що значно підвищує їхню кваліфікацію.

4. Високий рівень працевлаштування – випускники німецьких університетів є затребуваними спеціалістами у всьому світі.

Німецька система підготовки авіаційних інженерів є однією з найефективніших у світі завдяки впровадженню дуальної освіти, сучасних технологій та співпраці з провідними авіаційними компаніями. Поєднання навчання з практичним досвідом дозволяє студентам отримати високий рівень професійної компетентності та успішно інтегруватися в авіаційну промисловість [42].

Досвід Німеччини може бути використаний для вдосконалення підготовки авіаційних інженерів в Україні, зокрема через розширення програм дуального навчання, інтеграцію симуляційних технологій та активну співпрацю з підприємствами авіаційної галузі.

4. Франція: Проектно-орієнтоване навчання у підготовці авіаційних інженерів

Франція є одним із лідерів у підготовці авіаційних інженерів завдяки розвиненій системі вищої освіти, що поєднує фундаментальну теоретичну підготовку з інтенсивною проєктною діяльністю та тісною співпрацею з провідними авіаційними компаніями. Французькі університети використовують проєктно-орієнтоване навчання (Project-Based Learning, PBL), що дозволяє студентам працювати над реальними інженерними завданнями ще під час навчання.

Французька авіаційна промисловість представлена такими глобальними корпораціями, як Airbus, Dassault Aviation, Safran, Thales, що активно підтримують підготовку майбутніх фахівців та сприяють їх інтеграції у виробничі процеси.

Французька система підготовки авіаційних інженерів базується на кількох основних принципах:

1. Проєктно-орієнтоване навчання – студенти не просто вивчають теорію, а застосовують її на практиці, беручи участь у реальних дослідницьких проєктах.
2. Інтенсивна співпраця з промисловістю – навчальні заклади тісно співпрацюють із провідними авіаційними компаніями, що дозволяє студентам брати участь у виробничих процесах.
3. Дослідницька діяльність – навчальні програми включають розробку інноваційних авіаційних технологій у партнерстві з науково-дослідними лабораторіями.
4. Використання цифрових технологій – широко застосовуються симуляційне моделювання, віртуальна реальність (VR), 3D-друк та технології доповненої реальності.
5. Міжнародна орієнтація – французькі авіаційні університети активно залучають студентів до міжнародних програм та співпрацюють із глобальними авіаційними організаціями.

Провідні авіаційні університети Франції:

ISAE-SUPAERO (Institut Supérieur de l'Aéronautique et de l'Espace)

ISAE-SUPAERO – один із найпрестижніших авіаційних університетів у світі, що спеціалізується на аерокосмічних дослідженнях та підготовці інженерів для авіаційної галузі.

Основні особливості навчання:

- Проєктно-орієнтоване навчання (PBL) – студенти розробляють реальні авіаційні системи та проводять випробування у спеціалізованих лабораторіях.

- Співпраця з Airbus, Safran, Thales – компанії надають студентам доступ до новітніх технологій та залучають їх до інженерних розробок.

- Використання аеродинамічних лабораторій та симуляційних тренажерів – студенти вивчають поведінку літаків у різних умовах за допомогою комп'ютерного моделювання.

- Участь у міжнародних дослідженнях – університет бере участь у проєктах Європейського космічного агентства (ESA) та інших міжнародних організацій.

École Nationale de l'Aviation Civile (ENAC)

ENAC є провідним французьким навчальним закладом у сфері цивільної авіації, що готує інженерів, пілотів та авіаційних менеджерів.

Основні особливості навчання:

- Використання інтерактивних методів навчання з акцентом на цифрові технології та авіаційну безпеку.

- Тісна співпраця з аеропортами Франції – студенти проходять стажування на основних авіаційних хабах країни.

- Дослідження у сфері управління повітряним рухом (ATM) – студентам пропонується моделювати системи управління аеропортами та авіаперевезеннями.

CentraleSupélec

Цей заклад спеціалізується на дослідженнях у галузі авіаційної інженерії, зокрема на автоматизованих системах управління та цифрових технологіях у авіації.

Основні особливості навчання:

- Використання штучного інтелекту та машинного навчання у прогнозуванні роботи авіаційних систем.
- Дослідження у сфері автоматизованих систем навігації та безпілотних літальних апаратів.
- Співпраця з Dassault Aviation – студентам надається доступ до передових технологій, що використовуються у виробництві військових та цивільних літаків.

Інноваційні підходи у підготовці авіаційних інженерів у Франції

1. Проєктно-орієнтоване навчання (Project-Based Learning, PBL)

- Студенти працюють над реальними технічними завданнями та авіаційними розробками.
- Використання методів швидкого прототипування для тестування нових конструкцій.
- Взаємодія з компаніями для реалізації інженерних проєктів.

2. Цифрове моделювання та симуляції

- Аеродинамічне моделювання для оцінки поведінки літальних апаратів.
- Використання 3D-друку для створення деталей авіаційних систем.
- Тестування електродвигунів та альтернативних енергетичних систем для авіації.

3. Інтеграція сучасних технологій

- Застосування доповненої та віртуальної реальності (AR/VR) для навчання студентів.
- Дослідження у сфері «розумних» авіаційних систем та автономних літальних апаратів.
- Використання штучного інтелекту для прогнозування технічного стану літаків.

4. Тісна співпраця з промисловістю

- Студенти працюють над реальними проблемами авіаційної промисловості у партнерстві з Airbus, Safran, Thales.

- Проходження стажувань у науково-дослідних центрах та конструкторських бюро.

- Участь у міжнародних конкурсах авіаційного дизайну та інженерії.

Французька система підготовки авіаційних інженерів передбачає активну взаємодію з провідними компаніями:

Airbus – студенти беруть участь у розробці нових моделей літаків, працюють у конструкторських бюро.

Safran – дослідження у сфері нових авіаційних матеріалів та двигунів.

Dassault Aviation – можливості стажування у проєктах з розробки військової та цивільної авіації.

Thales – участь у розробці авіоніки та систем управління польотами.

Французька система підготовки авіаційних інженерів відрізняється високим рівнем інтеграції науки, практики та цифрових технологій. Завдяки активному використанню проєктно-орієнтованого навчання, симуляційних технологій та співпраці з промисловістю, французькі випускники є висококваліфікованими фахівцями, готовими працювати в сучасній авіаційній галузі.

Цей підхід може бути адаптований і в Україні шляхом інтеграції проєктного навчання, впровадження сучасних цифрових технологій та активної співпраці з авіаційними компаніями.

5. Китай: Інноваційні підходи у підготовці авіаційних інженерів через цифрові технології

Китай є одним із світових лідерів у сфері авіаційної інженерії та технологій, активно впроваджуючи інтегровані підходи до навчання, що поєднують традиційні інженерні дисципліни з цифровими технологіями, штучним інтелектом (AI), симуляторами та автоматизованими системами моделювання. Розвиток авіаційної галузі в Китаї тісно пов'язаний із амбітними державними програмами, такими як «Made in China 2025» та

«Civil Aviation Science and Technology Innovation System», що спрямовані на розвиток високотехнологічного виробництва та освіти у сфері авіаційної інженерії.

Одним із ключових авіаційних навчальних закладів у Китаї є Пекінський авіаційний університет (Beihang University), який відіграє провідну роль у підготовці інженерів-механіків, використовуючи віртуальні лабораторії, штучний інтелект та автоматизовані навчальні системи.

Підготовка інженерів-механіків в авіаційній сфері у Китаї ґрунтується на кількох основних принципах:

1. Цифровізація навчального процесу – широке застосування віртуальних лабораторій, симуляторів, автоматизованих систем навчання.
2. Штучний інтелект та машинне навчання – використання AI для аналізу складних інженерних задач та оптимізації конструкторських рішень.
3. Глибока інтеграція з промисловістю – тісна співпраця з державними корпораціями, такими як COMAC (Commercial Aircraft Corporation of China), AVIC (Aviation Industry Corporation of China), що дає змогу студентам працювати над реальними авіаційними проєктами.
4. Використання доповненої та віртуальної реальності (AR/VR) – навчання за допомогою 3D-симуляцій, що дозволяють безпечно відпрацьовувати навички ремонту та експлуатації авіаційних механізмів.
5. Інноваційні освітні моделі – адаптація концепції "Smart Education" та використання цифрових підручників, інтерактивних платформ та big data для покращення навчального процесу.

Провідні університети Китаю у сфері авіаційної інженерії:

Пекінський авіаційний університет – Beihang University (колишній Beijing University of Aeronautics and Astronautics, BUAA) – є провідним авіаційним університетом Китаю, що спеціалізується на аерокосмічній інженерії, мехатроніці, робототехніці та системах управління польотами. Основні особливості навчання:

- Віртуальні лабораторії – створення цифрових моделей авіаційних систем, де студенти можуть відпрацьовувати навички без необхідності фізичного доступу до техніки.

- Штучний інтелект у навчанні – використання AI для автоматизованого аналізу помилок у конструюванні та тестуванні авіаційних деталей.

- Дослідження у сфері безпілотної авіації – студенти беруть участь у розробці та випробуваннях дронів та безпілотних авіаційних систем.

- Співпраця з AVIC та COMAC – університет бере участь у розробці нових китайських літаків, таких як C919, MA700.

Nanjing University of Aeronautics and Astronautics NUAA є одним із провідних технічних університетів Китаю, що спеціалізується на інженерії літальних апаратів, аеродинаміці та виробничих технологіях.

Основні особливості:

- Впровадження автоматизованих виробничих систем – навчання студентів роботизованим технологіям складання літаків.

- Комп'ютерне моделювання та 3D-друк – використання CAD-систем для створення цифрових прототипів авіаційних компонентів.

- Моделювання в реальному часі – застосування аеродинамічних симуляторів для прогнозування поведінки літаків у різних умовах експлуатації.

Northwestern Polytechnical University NPU спеціалізується на розробці військових та цивільних авіаційних технологій, зокрема гіперзвукових літальних апаратів і безпілотних дронів.

Основні особливості:

- Дослідження у сфері гіперзвукових літаків – тестування авіаційних матеріалів, здатних витримувати високі температури.

- Інтелектуальні системи управління польотами – використання AI для аналізу бортових систем літаків.

– Моделювання авіаційних двигунів – дослідження у сфері ефективності турбореактивних і турбогвинтових двигунів.

Інноваційні підходи у підготовці авіаційних інженерів у Китаї:

1. Використання штучного інтелекту та цифрових лабораторій

– AI-аналіз конструкцій літаків, прогнозування технічного обслуговування.

– Автоматизовані навчальні платформи з використанням big data.

– Віртуальні симуляції тестування авіаційних компонентів.

2. Доповнена та віртуальна реальність у навчанні

– 3D-симуляції технічного обслуговування літаків без ризику пошкодження реальних деталей.

– VR-тренажери для авіаційних механіків – навчання ремонту та діагностики авіаційних систем.

– Цифрове проектування літаків у реальному часі.

3. Розвиток автономних літальних апаратів

– Дослідження у сфері безпілотних дронів, автономних вантажних літаків.

– Використання AI для автономного управління та аналізу польотних даних.

4. Глобальна співпраця та вплив на світовий ринок

– Китайські університети активно співпрацюють із міжнародними партнерами, такими як Airbus, Boeing, Rolls-Royce.

– Китайські інженери працюють над розробкою конкурентних авіаційних моделей для глобального ринку.

Китайські університети підтримують тісний зв'язок із ключовими гравцями авіаційної індустрії:

– COMAC – розробка пасажирських літаків нового покоління (C919, ARJ21).

– AVIC – виробництво військових та цивільних літальних апаратів.

– ХАС (Xi'an Aircraft Company) – виробництво великих транспортних літаків.

– China Southern Airlines & Air China – стажування студентів у сфері авіаційного обслуговування.

Китай активно впроваджує цифрові технології, штучний інтелект та віртуальні лабораторії у підготовці авіаційних інженерів, що дозволяє студентам отримувати високоякісну інженерну освіту з акцентом на інноваційні технології. Досвід Китаю може бути корисним для розвитку авіаційної освіти в Україні, зокрема у сфері цифровізації навчального процесу, впровадження симуляторів та використання AI у навчанні.

Ключові особливості інтегрованого навчання в світовій практиці:

Аналіз міжнародного досвіду дозволяє виділити кілька ключових особливостей інтегрованого навчання в підготовці майбутніх авіаційних інженерів-механіків. Ці підходи значно підвищують якість освіти, дозволяючи випускникам отримувати не лише теоретичні знання, але й практичні навички, що відповідають реальним вимогам авіаційної галузі.

1. Міждисциплінарний підхід

Сучасні інженерні проблеми вимагають комплексного підходу, що передбачає інтеграцію кількох наукових дисциплін. Світові університети впроваджують міждисциплінарні курси, які поєднують:

– Авіаційну механіку та матеріалознавство – вивчення сучасних матеріалів, їх фізико-механічних характеристик і можливостей застосування в авіабудуванні.

– Електроніку та автоматику – впровадження сенсорних систем, автоматизованих технологій у літаках, розуміння взаємодії механічних і електронних систем.

– Інформаційні технології – використання сучасного програмного забезпечення для моделювання авіаційних процесів, застосування big data та штучного інтелекту.

– Безпеку та регулювання в авіації – інтеграція знань про міжнародні авіаційні стандарти, сертифікацію та вимоги до експлуатації літальних апаратів.

Завдяки міждисциплінарному підходу майбутні інженери-механіки отримують комплексні знання, що дозволяють їм працювати на стику кількох наук і ефективно вирішувати складні технічні завдання.

2. Практико-орієнтоване навчання

Одна з основних проблем традиційної освіти – недостатній рівень практичної підготовки студентів. У світових навчальних закладах цю проблему вирішують завдяки:

– Дуальній освіті – поєднання теоретичних курсів із роботою на реальних авіаційних підприємствах (Airbus, Boeing, Lufthansa Technik).

– Обов’язковим стажуванням – більшість програм включають кількомісячні практики на авіаційних заводах, у сервісних центрах та дослідницьких лабораторіях.

– Проєктній роботі – студенти працюють над реальними інженерними проблемами, розробляючи проєкти нових авіаційних компонентів або вдосконалюючи існуючі технології.

Практико-орієнтоване навчання дозволяє випускникам швидше адаптуватися до вимог ринку праці та мати конкурентні переваги перед іншими фахівцями.

3. Використання цифрових технологій

Сучасні навчальні програми активно інтегрують цифрові технології у процес підготовки авіаційних інженерів-механіків:

– Віртуальна та доповнена реальність (VR/AR) – моделювання роботи авіаційних механізмів у віртуальному середовищі дозволяє студентам безпечно освоювати технологічні процеси.

– Системи комп’ютерного моделювання – використання програм (CATIA, ANSYS, SolidWorks) для аналізу конструкцій, симуляції польотів і тестування механічних навантажень.

– Дистанційне навчання та симуляційні тренажери – університети використовують навчальні платформи для інтерактивного навчання, що дозволяє студентам працювати з симуляторами авіаційних систем.

Цифровізація навчального процесу підвищує ефективність засвоєння знань і дозволяє студентам експериментувати з різними сценаріями без ризику пошкодження реального обладнання.

4. Проблемно-орієнтоване навчання (PBL – Problem-Based Learning)

Методика проблемно-орієнтованого навчання передбачає, що студенти самостійно аналізують проблему та знаходять її рішення. У світових університетах цей підхід реалізується через:

– Навчальні кейси – студенти отримують реальні технічні завдання, які вони мають вирішити в команді, використовуючи отримані знання.

– Проєктні лабораторії – спеціальні навчальні центри, де студенти можуть тестувати свої розробки, створювати прототипи та проводити експерименти.

– Активну роботу з індустрією – авіаційні компанії надають студентам реальні технічні виклики, які допомагають їм підготуватися до майбутньої роботи.

Такий підхід сприяє розвитку критичного мислення, навичок командної роботи та інженерного аналізу.

5. Співпраця з авіаційною промисловістю

Впровадження інтегрованого навчання неможливе без активної співпраці між університетами та авіаційною індустрією. У світовій практиці ця співпраця реалізується через:

– Дослідницькі центри – університети працюють спільно з авіаційними компаніями над розробкою нових технологій та випробуванням інноваційних матеріалів.

– Програми стажувань і дуальної освіти – студенти проходять навчання на виробництві, що дозволяє їм отримати практичний досвід ще до завершення навчання.

– Спільні лабораторії та навчальні бази – університети створюють лабораторії у партнерстві з великими авіакомпаніями, що дозволяє студентам навчатися на сучасному обладнанні.

Такий підхід дозволяє забезпечити випускників актуальними навичками, що відповідають потребам сучасного авіаційного ринку.

Світовий досвід показує, що інтегроване навчання є одним із найефективніших методів підготовки авіаційних інженерів-механіків. Використання міждисциплінарного підходу, цифрових технологій, проблемно-орієнтованого навчання, тісної співпраці з авіаційними компаніями дозволяє значно підвищити якість освіти та забезпечити студентів необхідними компетенціями для роботи в сучасній авіаційній галузі.

Україна може запозичити світові практики та адаптувати їх до власних умов, що сприятиме вдосконаленню підготовки майбутніх інженерів-механіків та підвищенню їх конкурентоспроможності на міжнародному рівні.

Висновки до розділу 1

Розгляд теоретико-методологічних засад інтегрованого навчання майбутніх авіаційних інженерів-механіків дозволяє зробити висновок про його ключову роль у формуванні компетентного фахівця, здатного до ефективного вирішення складних технічних завдань в умовах сучасної авіаційної галузі. Інтегроване навчання базується на принципах міждисциплінарності, практичної спрямованості, наукової цілісності та адаптивності до швидко змінюваних технологічних умов.

Аналіз наукових праць та педагогічних досліджень доводить, що інтегроване навчання сприяє підвищенню мотивації студентів до навчального процесу, формуванню у них цілісного системного мислення, розвитку аналітичних і дослідницьких навичок. Особливого значення воно набуває у підготовці інженерів-механіків авіаційної галузі, адже їх

професійна діяльність вимагає комплексного підходу до технічних рішень, що охоплює знання з аеродинаміки, матеріалознавства, енергетики, електроніки та управління авіаційними системами.

Існує декілька концепцій інтегрованого навчання, кожна з яких має свої переваги та сфери застосування. Концепція міжпредметних зв'язків сприяє узгодженому вивченню дисциплін шляхом встановлення логічних зв'язків між ними, що дозволяє студентам краще розуміти взаємозалежність технічних явищ. Концепція дисциплінарного синтезу передбачає створення інтегрованих курсів, які охоплюють знання з кількох дисциплін і дозволяють сформувати комплексний погляд на технічні проблеми. Концепція модульного навчання забезпечує гнучкість освітнього процесу, поділ матеріалу на логічно завершені блоки, що дає змогу студентам поступово засвоювати знання і застосовувати їх у професійній діяльності.

Світовий досвід підтверджує ефективність інтегрованого навчання в авіаційній освіті. Зокрема, у США активно впроваджується STEM-освіта, що поєднує фундаментальні науки з практичними завданнями. Велика Британія зосереджується на проблемно-орієнтованому навчанні (PBL), що дозволяє студентам аналізувати реальні інженерні кейси. У Німеччині широко застосовується дуальна освіта, яка поєднує навчання з виробничою практикою. Франція використовує проектно-орієнтоване навчання (Project-Based Learning), яке залучає студентів до розробки реальних авіаційних систем. Китай активно впроваджує цифрові технології, штучний інтелект і віртуальні лабораторії у підготовку авіаційних інженерів.

На основі аналізу теоретичних засад і світового досвіду можна визначити основні переваги інтегрованого навчання у підготовці майбутніх авіаційних інженерів-механіків, серед яких: формування системного мислення, що дозволяє студентам комплексно оцінювати технічні процеси та їх взаємозв'язок із загальною конструкцією літальних апаратів; збільшення рівня мотивації до навчання завдяки використанню практично-орієнтованих методів, кейс-методу, симуляційного навчання та лабораторних

експериментів; підвищення професійної компетентності, оскільки інтегроване навчання дозволяє студентам застосовувати знання в реальних виробничих умовах; адаптація до сучасних вимог авіаційної галузі, що включає швидке освоєння новітніх технологій, цифрових платформ та міжнародних стандартів авіаційної безпеки; розвиток аналітичного мислення, необхідного для прийняття технічно обґрунтованих рішень у складних інженерних ситуаціях; посилення співпраці з авіаційною промисловістю, що сприяє кращій підготовці випускників до роботи у високотехнологічному середовищі.

Отже, інтегроване навчання є необхідною умовою підготовки висококваліфікованих авіаційних інженерів-механіків. Використання міжпредметних зв'язків, проєктного навчання, симуляційних методів та активна співпраця з авіаційними компаніями дозволяють забезпечити підготовку фахівців, які володіють не лише глибокими технічними знаннями, але й здатні до інноваційної діяльності та адаптації до викликів сучасної авіаційної інженерії. Впровадження інтегрованого навчання в українських льотних закладах вищої освіти сприятиме підвищенню якості підготовки майбутніх інженерів, їх конкурентоспроможності на світовому ринку праці та забезпеченню сталого розвитку авіаційної галузі.

РОЗДІЛ 2

АНАЛІЗ СУЧАСНОЇ СИСТЕМИ ПІДГОТОВКИ АВІАЦІЙНИХ ІНЖЕНЕРІВ-МЕХАНІКІВ

2.1 Аналіз навчальних планів підготовки інженерів-механіків

Авіаційна галузь є однією з найбільш регламентованих сфер технічної діяльності, що вимагає високого рівня кваліфікації персоналу, особливо авіаційних інженерів-механіків. Для забезпечення безпеки польотів та відповідності міжнародним нормам професійна підготовка цих фахівців регулюється рядом стандартів, серед яких ключове місце займають документи Міжнародної організації цивільної авіації (ICAO), Агентства з безпеки авіації Європейського Союзу (EASA) та Європейських вимог Part-66. Ці стандарти визначають основні вимоги до навчальних програм, процесу сертифікації, професійної компетентності та рівня відповідальності фахівців, які виконують технічне обслуговування повітряних суден [53-57].

Міжнародна організація цивільної авіації (ICAO) встановлює базові вимоги до підготовки авіаційних фахівців у своїх документах, зокрема в Додатку 1 до Конвенції про міжнародну цивільну авіацію. Основні вимоги включають:

1. Теоретична підготовка

Вивчення аеродинаміки, конструкції повітряних суден, авіаційних систем та обладнання: студенти вивчають основи динаміки польоту, принципи роботи різних типів літаків і вертольотів, а також їхні основні системи, включаючи паливні, гідравлічні, електричні та навігаційні системи.

Розглядаються методи оцінки стану повітряних суден, пошук несправностей та аналіз їх можливих наслідків для безпеки польотів: ознайомлення з авіаційним законодавством, стандартами безпеки та процедурами технічного обслуговування:

- Включає вивчення міжнародних і національних нормативно-правових актів, зокрема вимог ICAO, EASA Part-66, Part-145.

- Огляд основних правил сертифікації повітряних суден, а також процедур їх реєстрації та допуску до експлуатації.

- Вивчення вимог до ведення технічної документації та стандартних операційних процедур обслуговування літаків.

2. Практичний досвід

Набуття практичних навичок через стажування або роботу під наглядом кваліфікованих фахівців у сертифікованих організаціях з технічного обслуговування: студенти проходять практику в авіакомпаніях або технічних центрах, сертифікованих відповідно до ICAO/EASA стандартів; вони працюють з реальними повітряними суднами та знайомляться з процедурою їх технічного обслуговування, ремонту та сертифікації.

Виконання завдань з технічного обслуговування, діагностики та ремонту авіаційної техніки: включає відпрацювання навичок виконання регламентного технічного обслуговування літаків, виявлення несправностей, діагностики систем і агрегатів; студенти практично знайомляться з роботою двигунів, електронних систем, авіоніки та інших компонентів авіаційної техніки; робота з технічними інструкціями та нормативною документацією для забезпечення відповідності міжнародним вимогам.

3. Оцінювання компетентності

Пройходження відповідних іспитів для підтвердження теоретичних знань та практичних навичок: екзамени включають як письмові тести з теоретичних дисциплін, так і практичні випробування, які проводяться в умовах технічного обслуговування реальних повітряних суден; оцінюється здатність інженера-механіка до самостійної роботи, правильного застосування інструкцій та нормативів ICAO.

Постійне підвищення кваліфікації та підтримання актуальності знань відповідно до новітніх технологій та стандартів: інженери-механіки

зобов'язані регулярно проходити перепідготовку та курси підвищення кваліфікації у зв'язку з появою нових технологій в авіаційній галузі; включає сертифікаційні тренінги на нові типи повітряних суден, спеціалізовані курси з авіаційної безпеки та управління ризиками; особлива увага приділяється вивченню новітніх цифрових технологій у сфері технічного обслуговування, зокрема використанню доповненої реальності (AR), безпаперових технічних інструкцій та автоматизованих систем діагностики літаків.

Варто зазначити, що ICAO встановлює загальні стандарти, а конкретні вимоги до підготовки та сертифікації авіаційних механіків можуть відрізнятися залежно від національних авіаційних адміністрацій. Наприклад, у Європейському Союзі ці вимоги деталізовані в регламентах EASA Part-66, які визначають категорії ліцензій, необхідний обсяг теоретичної та практичної підготовки, а також процедури сертифікації.

Таким чином, підготовка авіаційних механіків відповідно до стандартів ICAO передбачає комплексний підхід, що поєднує теоретичні знання, практичний досвід та постійне вдосконалення професійних навичок для забезпечення високого рівня безпеки та надійності в авіаційній галузі.

Вимоги EASA до сертифікації інженерів-механіків

Агентство з безпеки авіації Європейського Союзу (EASA) встановлює детальні вимоги до підготовки та сертифікації авіаційних інженерів-механіків через Part-66, що є частиною нормативної бази EASA Part-145, Part-147 та Part-66 [55-57].

Основні положення EASA Part-66:

Класифікація ліцензій:

Категорія А – механік лінійного обслуговування (обмежені можливості ремонту та технічного обслуговування).

Категорія В1 – інженер-механік з повноваженнями виконання технічного обслуговування літаків (авіаційні конструкції, силові установки, механічні та електричні системи).

Категорія B2 – інженер-авіонік (системи навігації, зв'язку, автоматизації, авіоніка).

Категорія C – фахівець із затвердження авіаційної техніки після ремонту, який має право видавати сертифікати льотної придатності після виконаних робіт.

Обов'язковий теоретичний та практичний курс навчання:

Модульна система, яка включає знання з фізики, електрики, авіаційних систем, законодавства та управління безпекою.

Практична підготовка на сертифікованих базах технічного обслуговування, яка триває від 2 до 5 років залежно від обраної категорії сертифікації.

Екзаменаційна та практична атестація:

Тестування в затвердженому органі сертифікації (EASA Part-147 Approved Training Organization).

Проходження іспитів у формі тестових запитань, практичних завдань, а також виконання реальних сценаріїв ремонту і діагностики.

Включення іспитів з технічного обслуговування, систем літаків, авіоніки та інших спеціалізованих дисциплін.

Оцінювання навичок роботи з технічними документами, використання спеціалізованих інструментів та обладнання.

Обов'язкове проходження оцінки з безпеки, нормативних вимог та дотримання стандартів сертифікованих авіаційних організацій.

У той же час, додатком 1 вищевказаних правил, визначено 17 модулів предметів, знання з яких потребують підтвердження шляхом екзаменування [57]: «Математика», «Фізика», «Основи електрики», «Основи електроніки», «Цифрова техніка / електронні інструментальні системи», «Матеріали і деталі», «Практика технічного обслуговування», «Основи аеродинаміки», «Людський фактор», «Авіаційне законодавство», «Аеродинаміка, конструкції і системи літаків з газотурбінними двигунами», «Аеродинаміка, конструкції і системи літаків з поршневіми двигунами», «Аеродинаміка, конструкції і

системи вертольотів», «Аеродинаміка, конструкції і системи повітряних суден», «Силова установка», «Газотурбінний двигун», «Поршневий двигун», «Гвинт».

Після успішного завершення теоретичного та практичного курсу, а також складання відповідних іспитів, інженер-механік отримує сертифікат EASA, який дає змогу працювати на міжнародному рівні відповідно до авіаційних стандартів Європейського Союзу та ICAO.

Практичні аспекти підготовки авіаційних інженерів-механіків:

1. Впровадження інтегрованих навчальних програм – використання поєднання теоретичної, симуляційної та практичної підготовки для отримання всебічних знань і навичок.

2. Сучасні технології навчання – використання тренажерів, комп'ютерного моделювання, доповненої та віртуальної реальності (AR/VR) для відпрацювання навичок безпечного технічного обслуговування літаків, що значно підвищує якість підготовки фахівців.

3. Співпраця з авіаційними підприємствами – проходження стажувань у сертифікованих авіаційно-ремонтних організаціях (Part-145 MRO), що дає змогу студентам отримати практичний досвід відповідно до вимог EASA та ICAO, а також інтегруватися в реальний робочий процес.

Представимо узагальнені вимоги ICAO та EASA до підготовки авіаційних інженерів-механіків у вигляді порівняльної таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Узагальнена порівняльна таблиця вимог ICAO та EASA до підготовки авіаційних інженерів-механіків:

Критерії	ICAO	EASA
Теоретична підготовка	Вивчення аеродинаміки, конструкції ПС, авіаційних систем, авіаційного законодавства та технічного обслуговування	Модульна система з 17 дисциплін (математика, фізика, електрика, авіаційне законодавство, авіоніка тощо)
Практичний досвід	Стажування в сертифікованих організаціях, робота з реальними ПС	Практика на сертифікованих базах обслуговування (2-5 років залежно від категорії)
Оцінювання компетентності	Іспити з теорії та практики, постійне підвищення кваліфікації	Екзаменаційна та практична атестація, обов'язкові тести та практичні випробування
Категоризація сертифікації	Загальні рекомендації без чіткої категоризації	Категорії A, B1, B2, C (від механіка до сертифікованого інженера)
Навчальні модулі	Базові модулі з авіаційної механіки, безпеки, технічного обслуговування	Модульна система навчання з обов'язковими теоретичними та практичними випробуваннями
Тривалість навчання	Визначається національними регуляторами	Від 2 до 5 років залежно від рівня сертифікації
Орган сертифікації	Національні авіаційні адміністрації, відповідно до стандартів ICAO	Сертифікація через EASA Part-147 Approved Training Organization
Глобальне застосування	Впроваджується в більшості країн світу, але конкретні вимоги залежать від національних регуляторів	Сертифікати визнаються у країнах ЄС та партнерських державах

Українська державна льотна академія (УДЛА), у своїх програмах орієнтуються на зазначені міжнародні стандарти. Це забезпечує відповідність підготовки майбутніх інженерів-механіків сучасним вимогам авіаційної галузі, що підвищує їхню конкурентоспроможність на ринку праці.

Аналіз навчальних планів УДЛА демонструє інтеграцію загальної, професійної та практичної підготовки, що дозволяє майбутнім фахівцям не лише здобути необхідні теоретичні знання, але й набути практичних навичок у сфері технічного обслуговування повітряних суден (Додаток А).

Навчальний план підготовки бакалаврів за спеціальністю «Технічне обслуговування та ремонт повітряних суден і авіаційних двигунів» за 2021/2022 н.р. структурована відповідно до Європейської кредитно-трансферної системи (ECTS) та складається з трьох основних циклів:

загальної підготовки, професійної підготовки та практичної підготовки. Загальний обсяг навчального навантаження становить 240 кредитів ECTS, що відповідає типовій чотирирічній програмі бакалаврату.

Обсяг циклу загальної (гуманітарної та соціально-економічної) підготовки становить 27 кредитів, які розподілені між першим і другим семестрами навчання. Основна мета цього етапу – формування загальних компетентностей, необхідних для всебічного розвитку особистості, комунікації та адаптації у професійному середовищі.

План передбачає вивчення дисциплін, що сприяють формуванню мовної, соціально-гуманітарної та економічної грамотності. Зокрема, значна увага приділяється мовній підготовці, що відображено в дисциплінах «Ділова українська мова» (4 кредити) та «Іноземна мова (англійська)» (6 кредитів). Вивчення соціально-гуманітарних предметів, таких як «Історія авіації», «Економічна теорія», «Соціологія», «Філософія» та «Культурологія», сприяє розширенню світогляду студентів, розвитку їхньої аналітичної компетентності та розумінню соціально-економічного контексту професійної діяльності.

Особливе значення має дисципліна «Психологія» (3 кредити), яка допомагає студентам оволодіти знаннями про вплив людського фактора в авіаційній галузі. Загалом, цей цикл формує основи для розвитку комунікаційних, аналітичних та соціальних навичок, необхідних для подальшої професійної діяльності.

Цикл професійної підготовки цикл включає 141 кредит і охоплює всі вісім семестрів навчання. Його основна мета – забезпечення студентів фундаментальними технічними знаннями та спеціалізованими компетентностями, необхідними для обслуговування та ремонту авіаційної техніки.

Навчальний план передбачає вивчення базових технічних дисциплін, таких як «Вища математика» (9 кредитів), «Фізика» (6 кредитів) та «Технічна механіка» (3 кредити), які закладають основу для подальшого опанування

спеціалізованих предметів. Окремо виділено дисципліну «Метрологія, стандартизація та сертифікація» (3 кредити), що забезпечує розуміння вимог до точності вимірювань в авіаційній інженерії.

У процесі навчання значну увагу приділено конструкції та експлуатації повітряних суден і авіаційних двигунів. Студенти опановують дисципліни «Конструкція та міцність літальних апаратів» (9 кредитів) та «Конструкція та міцність газотурбінних двигунів» (9 кредитів), що дозволяє їм отримати глибокі знання про структуру та роботу авіаційної техніки. Крім того, дисципліни «Функціональні системи повітряних суден» (6 кредитів) та «Основи надійності авіаційної техніки» (3 кредити) забезпечують розуміння експлуатаційних параметрів літальних апаратів.

Окремий блок дисциплін присвячений сертифікаційним аспектам і безпеці польотів. Зокрема, «Сертифікація персоналу і організація ТО АТ» (3 кредити) знайомить студентів із нормативною базою, що регулює діяльність у сфері технічного обслуговування авіаційної техніки відповідно до стандартів EASA Part-66 та ICAO. Дисципліна «Управління безпекою польотів» (3 кредити) спрямована на розвиток компетенцій щодо аналізу та управління ризиками.

Програма також включає дисципліни, пов'язані з сучасними технологіями та цифровими системами. Наприклад, «Комп'ютерні системи забезпечення життєвого циклу ПС» (3 кредити) та «Системи автоматизованого керування енергетичними установками та авіаційними двигунами» (3 кредити) знайомлять студентів із цифровими системами, що використовуються для управління технічним обслуговуванням та експлуатацією літальних апаратів.

Таким чином, цикл професійної підготовки охоплює всі ключові аспекти авіаційної інженерії, що дозволяє студентам отримати комплексні знання про конструкцію, експлуатацію та технічне обслуговування авіаційної техніки.

Практична підготовка становить 12 кредитів і проходить упродовж другого, четвертого, шостого та восьмого семестрів. Вона передбачає ознайомлення студентів із реальними умовами роботи на авіаційних підприємствах і технічних базах.

На першому етапі студенти проходять «Навчальну практику» (3 кредити), що дає їм можливість ознайомитися з базовими принципами технічного обслуговування літальних апаратів. Далі вони беруть участь у «Виробничій практиці» (9 кредитів), яка розподілена між четвертим, шостим і восьмим семестрами. Ця практика дозволяє студентам працювати в реальних умовах, застосовуючи теоретичні знання та набуваючи практичних навичок у сфері авіаційної інженерії.

Практична підготовка є важливим етапом навчання, оскільки забезпечує студентам досвід роботи на реальному обладнанні та дозволяє їм краще зрозуміти особливості технічного обслуговування авіаційної техніки.

Програма передбачає значний блок вибірових дисциплін, що охоплює 60 кредитів і розподілений між третім та восьмим семестрами. Це дозволяє студентам спеціалізуватися в певних напрямках авіаційної інженерії відповідно до власних інтересів і кар'єрних планів.

Вибірковий блок є гнучким елементом програми, що дозволяє студентам адаптувати навчальний процес до сучасних вимог авіаційної галузі.

Навчальна програма бакалаврської підготовки інженерів-механіків є добре структурованою та збалансованою. Вона охоплює всі ключові аспекти авіаційної інженерії, забезпечуючи студентам необхідні знання та практичні навички для роботи у сфері технічного обслуговування повітряних суден.

Серед основних переваг програми – наявність потужного блоку професійних дисциплін, який охоплює конструкцію, експлуатацію та технічне обслуговування літаків і двигунів. Водночас варто зазначити, що екологічна складова представлена лише частково, що є недоліком з огляду на сучасні вимоги сталого розвитку авіаційної галузі.

Навчальний план підготовки бакалаврів за спеціальністю «Технічне обслуговування та ремонт повітряних суден і авіадвигунів» на 2022/2023 н.р. та на 2023/2024 н.р. побудований на основі Європейської кредитно-трансферної системи (ECTS) і містить три основні цикли: загальна підготовка, професійна підготовка та практична підготовка. Загальний обсяг навчального навантаження складає 240 кредитів ECTS, що відповідає стандартам підготовки фахівців у галузі авіаційної інженерії.

Обсяг циклу загальної (гуманітарної та соціально-економічної) підготовки становить 31 кредит і охоплює перший і другий семестри. Він спрямований на формування загальних компетентностей, необхідних для професійного розвитку студентів та їхньої соціальної адаптації.

Програма включає дисципліни, які формують мовну компетентність, зокрема: «Ділова українська мова» (4 кредити) – допомагає розвинути навички професійного спілкування державною мовою; «Іноземна мова (англійська)» (6 кредитів) – вивчається протягом двох семестрів і забезпечує базові знання мови, необхідні для роботи в міжнародному авіаційному середовищі.

Окрему роль відіграють дисципліни, що формують соціально-гуманітарні компетентності: «Історія авіації» (3 кредити) – знайомить студентів із розвитком авіаційної галузі; «Філософія», «Соціологія та політологія», «Культурологія, етика та естетика», «Психологія», «Економічна теорія» сприяють розвитку критичного мислення, соціальної свідомості та розуміння економічних процесів.

Фізичному та психологічному стану студентів приділено увагу через «Фізичну та психофізіологічну підготовку» (4 кредити), що є важливим елементом підготовки авіаційних інженерів.

Цикл професійної підготовки цикл є найбільшим за обсягом і становить 137 кредитів, розподілених між першим та восьмим семестрами. Він охоплює фундаментальні та спеціалізовані дисципліни, необхідні для глибокого розуміння конструкції, експлуатації та ремонту авіаційної техніки.

Фундаментальні та технічні дисципліни:

– «Вища математика» (9 кредитів) та «Фізика» (6 кредитів) – формують аналітичні навички, необхідні для розуміння принципів роботи авіаційної техніки.

– «Технічна механіка», «Метрологія, стандартизація та сертифікація», «Інформаційні системи та технології» – закладають основи для вивчення більш спеціалізованих технічних дисциплін.

– «Основи авіаційної географії, метеорології та екології» та «Основи аеронавігації та авіаційної картографії» – знайомлять студентів із основами експлуатації повітряних суден в умовах реального повітряного простору.

Спеціалізовані дисципліни:

Навчальний план включає значну кількість предметів, пов'язаних із конструкцією та міцністю авіаційної техніки:

– «Конструкція та міцність літальних апаратів» (6 кредитів) – детальний аналіз конструктивних особливостей літаків.

– «Конструкція та міцність поршневих двигунів» (3 кредити) та «Конструкція та міцність газотурбінних двигунів» (4 кредити) – вивчення авіаційних двигунів різних типів.

– «Функціональні системи повітряних суден» (6 кредитів) – аналіз основних систем літальних апаратів.

Дисципліни, що забезпечують розвиток навичок діагностування та ремонту:

– «Технічна діагностика» (6 кредитів) та «Методи та засоби діагностування» (3 кредити) – навчання методам оцінки технічного стану повітряних суден.

– «Дефектологія та неруйнівні методи контролю» (3 кредити) – дослідження методів виявлення дефектів авіаційних конструкцій.

– «Технічне обслуговування повітряних суден» (6 кредитів) – формування навичок проведення технічних перевірок літальних апаратів.

Також у програмі передбачено вивчення авіоніки (3 кредити), що є важливою частиною сучасних літальних апаратів, та дисципліни з організації авіаційної діяльності, такі як «Організаційне забезпечення авіаційної діяльності» (3 кредити) та «Системи автоматизованого керування повітряними суднами та авіадвигунами» (3 кредити).

Окремо варто відзначити «Англійську мову професійного спрямування» (18 кредитів), що вивчається протягом третього-восьмого семестрів і є ключовою складовою підготовки для роботи в міжнародному авіаційному середовищі.

Цикл практичної підготовки охоплює 12 кредитів і включає: «Навчальну практику» (3 кредити) у другому семестрі – знайомство з основами технічного обслуговування; «Виробничу практику» (9 кредитів), яка проводиться у четвертому, шостому та восьмому семестрах. Вона забезпечує студентам реальний досвід роботи на авіаційних підприємствах, що є ключовим етапом підготовки.

Програма передбачає 60 кредитів вибіркових дисциплін, які розподілені між третім та восьмим семестрами. Студенти можуть обирати предмети відповідно до своїх інтересів та професійних цілей, що забезпечує індивідуалізацію навчального процесу.

Навчальна програма підготовки бакалаврів з авіаційної інженерії є добре структурованою та охоплює всі необхідні аспекти технічного обслуговування й ремонту повітряних суден. Вона забезпечує студентів глибокими знаннями в області авіаційної техніки, механіки, електроніки, діагностування та безпеки польотів.

Основні переваги навчальної програми:

- Великий обсяг професійної підготовки (137 кредитів), що гарантує високий рівень спеціалізації випускників.
- Значна увага до авіаційного законодавства, сертифікації та безпеки польотів, що відповідає міжнародним вимогам ICAO та EASA.

- Потужна мовна підготовка, що забезпечує конкурентоспроможність випускників на міжнародному ринку праці.

- Практична спрямованість, що реалізується через навчальні та виробничі практики.

Таким чином, сучасні вимоги до підготовки авіаційних інженерів-механіків визначають необхідність інтеграції теоретичної, практичної та сертифікаційної складових у навчальний процес. Вимоги ICAO та EASA встановлюють високі стандарти професійної підготовки, які забезпечують відповідність авіаційних фахівців міжнародним нормам безпеки, що є критично важливим для підтримання високої якості технічного обслуговування повітряних суден.

Запровадження інтегрованого навчання дозволяє не лише покращити рівень професійної компетентності майбутніх інженерів-механіків, а й сприяє їхній адаптації до сучасних викликів авіаційної галузі. Поєднання традиційних методів підготовки з інноваційними технологіями, такими як симуляційне навчання, цифрові платформи та віртуальні тренажери, дає можливість ефективніше засвоювати матеріал і готувати висококваліфікованих фахівців.

Таким чином, розробка та впровадження ефективної моделі інтегрованого навчання є важливим завданням для закладів вищої авіаційної освіти, оскільки вона сприяє підвищенню рівня професійної підготовки майбутніх інженерів-механіків, їхньому відповідальному ставленню до безпеки польотів і готовності до впровадження сучасних технологічних рішень у сфері авіаційного транспорту.

2.2 Оцінка традиційної системи навчання в умовах концепції сталого розвитку

З появою нової парадигми розвитку суспільства – сталого розвитку – в Україні активізувалися пошуки національних підходів до управління цим процесом. Результатом стала розробка концептуальних проєктів, спрямованих на забезпечення балансу між економічним зростанням, соціальним прогресом та екологічною стійкістю. Ця парадигма, відома як «сталий розвиток» (sustainable development), виникла на основі аналізу причин значної деградації навколишнього середовища та пошуку рішень для подолання загроз природі і здоров'ю людей [7, с. 69].

Основний принцип сталого розвитку полягає в досягненні гармонії між людиною та біосферою. Згідно з Декларацією, ухваленою на конференції в Ріо-де-Жанейро в 1992 році, сталий розвиток передбачає формування соціально орієнтованої економіки, що базується на раціональному використанні ресурсів і захисті довкілля, забезпечуючи при цьому майбутнім поколінням можливість задовольняти свої потреби без ризику для їхнього добробуту [8].

Питання екологічної складової сталого розвитку суспільства виявляється не менш важливим за економічне зростання та соціальний прогрес, особливо у контексті професійного навчання майбутніх авіафахівців.

Екологічна свідомість сьогодні є критичним питанням, що визначає шлях розвитку або деградації суспільства, тому її формування повинно бути в центрі уваги державної політики. Завдання освіти полягає у забезпеченні кожного громадянина знаннями про екосистеми, розумінні ролі людини в збереженні навколишнього середовища та вихованні природоохоронного світогляду, що стане основою для екологічної відповідальності в суспільстві в цілому [11; 15; 23; 25].

Імплементації положень концепції сталого розвитку в освітній процес присвячені роботи таких дослідників, як В. Боголюбов, Т. Ковальчук, В. Крамушка, О. Пометун, Т. Смагіна, І. Сущенко та інші; проблеми сталого розвитку авіаційного транспорту досліджували Д. Бугайко, В. Ляшенко, Ю. Харазішвілі та інші. Дослідження гармонійного розвитку економіки, суспільства й екології започаткували низку наукових доробок щодо формування у здобувачів освіти екологічної свідомості, екологічного мислення, світогляду, екологічних цінностей тощо (О. Алескєєва, Т. Андрєєва, О. Волощок, М. Заболотна, Ю. Колошко, Г. Марочко, Р. Науменко, І. Павленко, М. Томчук та інші).

Значний негативний вплив на навколишнє середовище здійснюється у процесі експлуатації авіаційного транспорту. Правилами підтримання льотної придатності повітряних суден та авіаційних виробів, компонентів і обладнання та схвалення організацій і персоналу, залучених до виконання цих завдань наголошено на мінімізації ймовірності забруднення навколишнього середовища [4]. Тому, вагомого значення набуває проблема формування екологічного мислення, свідомості та цінностей у майбутніх авіафахівців у процесі їх професійного навчання у закладах вищої освіти. Актуальність зазначеної думки підкріплена пропозицією надання базових екологічних знань, включаючи теоретичні та практичні аспекти, всім здобувачам освіти бакалаврського рівня [5].

Розв'язок проблеми формування екологічної свідомості майбутніх авіафахівців у льотних закладах вищої освіти на перших етапах отримання екологічних знань, на нашу думку, лежить у дослідженні екологічних ініціатив різних авіакомпаній світу. До прикладу, проаналізуємо діяльність у сфері екології та збереженні навколишнього середовища таких авіакомпаній, як Qatar Airways (Держава Катар), Air New Zealand (Нова Зеландія) та Lufthansa Group (Федеративна Республіка Німеччина) (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Діяльність світових авіакомпаній у сфері екології

Авіакомпанія	Зниження викидів CO ₂	Використання SAF	Паливна ефективність	Додаткові ініціативи
Qatar Airways	Досягнення вуглецевої нейтральності до 2050 року, участь у CORSIA та IATA CO2NNECT	План збільшити використання SAF до 10% до 2030 року, угода на постачання 25 млн галонів SAF	Оптимізація маршрутів, покращення аеродинаміки літаків, зниження ваги літаків	Зниження шумового забруднення, політика захисту біорізноманіття
Air New Zealand	Оновлення авіапарку, оптимізація маршрутів, скорочення викидів на 20-30% до 2050 року	Розвиток місцевого виробництва SAF, інвестиції у біопаливо	Використання спеціального ПЗ для планування польотів, уникнення додаткових перевезень палива	Сценарне планування для оцінки кліматичних ризиків
Lufthansa Group	Інвестиції в нові покоління літаків, що споживають менше палива, програми компенсації викидів	Розвиток SAF з відновлюваних ресурсів, технології Power-to-Liquid та Sun-to-Liquid	Застосування AeroSHARK для зниження аеродинамічного опору, оптимізація польотних маршрутів	Використання штучного інтелекту для оптимізації польотів, екологічні проекти з відновлення лісів

Так, авіакомпанією Qatar Airways заходи щодо зменшення негативного впливу на навколишнє середовище представлене у таких напрямках [10]:

1. Зниження викидів CO₂. Qatar Airways прагне досягти вуглецевої нейтральності (чистого нульового викиду вуглецевого газу) до 2050 року та дотримується схем компенсації викидів через участь у програмі CORSIA (Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation – Схема компенсації та скорочення викидів вуглецю для міжнародної авіації) ICAO (International Civil Aviation Organization – Міжнародна організація цивільної авіації) та IATA CO2NNECT (ініціатива Міжнародної асоціації повітряного транспорту (IATA – International Air Transport Association), яка допомагає компаніям і пасажиром компенсувати викиди CO₂ від авіаперельотів). Завдяки партнерству з Фатанпурською вітряною електростанцією в Індії вдалося скоротити чи уникнути близько 16 500 тонн CO₂. Крім того,

компанія запустила перші вуглецево-нейтральні вантажні рейси. Разом з тим, вперше було запроваджено добровільну програму компенсації викидів як для пасажирів, так і для корпоративних клієнтів, що дозволяє компенсувати викиди та підтримувати проєкти відновлюваної енергії.

2. Застосування стійкого авіаційного палива (SAF – Sustainable Aviation Fuel). Qatar Airways планує збільшити використання SAF до 10% до 2030 року, підтримуючи зобов'язання на рівні альянсу Oneworld, третього за величиною авіаційного альянсу у світі, та ініціативи Clean Skies for Tomorrow від Всесвітнього економічного форуму. Компанія підписала угоду про постачання 25 мільйонів галонів SAF, за стандартами CORSIA, для літаків Gulfstream G700.

3. Паливна ефективність. З 2015 року Qatar Airways реалізує Програму оптимізації використання палива, яка включає понад 80 заходів для підвищення ефективності, таких як покращення аеродинаміки літаків, оптимізація маршрутів, зниження ваги літаків, і вдосконалення робочих процедур. Це допомогло зменшити викиди вуглецевого газу на понад 2,3 мільйона тонн. Qatar Airways також є частиною платформи IATA для планування польотів із мінімізацією турбулентності, що сприяє зниженню витрат палива та, відповідно, зменшенню викидів.

Разом з тим, компанією впроваджуються нові технології зниження шуму під час зльоту та посадки, що набуває особливої актуальності у випадках розташування аеропортів у житлових районах.

4. Захист біорізноманіття. Qatar Airways дотримується політики нульової толерантності до незаконної торгівлі дикими тваринами. Як підписант Декларації United for Wildlife (програми захисту дикої природи), авіакомпанія запровадила програми підвищення обізнаності серед пасажирів та персоналу, вдосконалення методів виявлення нелегально перевезеної флори та фауни, а також обмін інформацією з іншими авіакомпаніями.

Прослідкуємо основні шляхи здійснення екологічної політики компанією Air New Zealand [8].

1. Зниження викидів CO₂. Авіакомпанія планує постійне оновлення авіапарку та оптимізацію маршрутів, що за прогнозами, сприятиме скороченню викидів на 20–30% до 2050 року. Впровадження нових технологій у літаках та вибір маршрутів з урахуванням економічних і екологічних факторів допоможуть скоротити загальний обсяг викидів на одиницю перевезеної ваги чи кількість пасажирських місць.

2. Застосування SAF. Розширення використання SAF, включаючи інвестиції та розвиток місцевого виробництва SAF, яке дозволяє скоротити викиди вуглецю завдяки використанню біомаси замість традиційного палива.

3. Паливна ефективність. Авіакомпанія використовує спеціалізоване програмне забезпечення для планування польотів, що допомагає максимально ефективно планувати маршрут і витрати палива. Також поширена практика використання одного двигуна під час рулювання та проведення тренінгів для пілотів щодо впровадження найефективніших методів льотної експлуатації. Разом з тим, у співпраці з партнерами, компанія намагається уникати додаткових перевезень палива (fuel tankering), використовувати енергію від наземних джерел живлення та кондиціонування повітря на етапах перед польотом та створювати більш ефективну систему управління повітряним простором.

4. Сценарне планування. Компанія проводить аналіз кліматичних сценаріїв, щоб оцінити вплив різних рівнів глобального потепління на свою діяльність. Дослідження ґрунтуються на трьох сценаріях підвищення глобальної температури: до 1,5°C, до 2,7°C та до 3,6°C. За умов інтенсивної міжнародної політики підтримки декарбонізації, що включає широке використання SAF і технології зеленого водню, можливий перший сценарій «Ambitious» (амбітний); недостатня підтримка декарбонізації та повільний перехід на екологічно чисті технології призводить до помірного і високого рівня викидів (другий сценарій «Steady» (стабільний) та третій «Delayed» (відкладений)).

Крім того, Air New Zealand систематично вивчає кліматичні ризики та створює профілі ризиків для оцінки кожної загрози з точки зору ймовірності та серйозності, що допомагає виділити пріоритети і вжити заходів для їх пом'якшення. Оцінка ризиків виконується на короткострокову (до 5 років), на середньо- (5-18 років) і довгострокову (18+ років) перспективу.

На основі аналізу діяльності Lufthansa Group у сфері екології та здійсненні природоохоронних заходів, виокремлюємо такі напрямки [9]:

1. Зниження викидів. Lufthansa Group інвестує в нові покоління літаків, які споживають значно менше палива, ніж старі моделі. Ці літаки забезпечують скорочення викидів CO₂ на 15-30% і мають поліпшену аеродинаміку та ефективніші двигуни. Оновлення флоту – одна з найважливіших частин їхньої стратегії сталого розвитку, спрямованої на зменшення негативного екологічного впливу авіап перевезень.

Крім того, Lufthansa відповідно до IATA CO2NNECT надає пасажирам і компаніям можливість компенсувати свої викиди, інвестуючи в SAF або в сертифіковані екологічні проєкти, такі як відновлення лісів та розвиток відновлюваної енергії. Це допомагає знизити негативний вплив на клімат від польотів. Компанія пропонує різні рівні компенсаційних програм, дозволяючи клієнтам вибирати варіанти, які відповідають їхнім екологічним цінностям.

2. Використання SAF. Lufthansa активно підтримує SAF, отримане з відновлюваних ресурсів, і працює над збільшенням його частки в загальному обсязі палива. Компанія співпрацює з партнерами для розвитку інноваційних методів виробництва палива, таких як Power-to-Liquid (перетворення електроенергії в рідке паливо) і Sun-to-Liquid (перетворення сонячної енергії в рідке паливо). SAF дозволяє знизити викиди парникових газів на 80% порівняно з традиційним паливом.

3. Ефективність палива. Для зменшення споживання палива Lufthansa застосовує інноваційні технології, такі як AeroSHARK, що має текстуру поверхні, схожу на шкіру акули. Це спеціальне покриття знижує

аеродинамічний опір, що призводить до економії палива на 1-2%. Крім того, компанія працює над оптимізацією польотних маршрутів і процесів наземного обслуговування, що також сприяє зменшенню витрат палива.

4. Використання ШІ. Проєкти, продукти та інновації впроваджуються в багатьох напрямках Lufthansa Group, щоб підвищити ефективність управління компанією за допомогою цифрових даних. Наприклад, разом з Google Cloud Lufthansa Group використовує штучний інтелект (ШІ) для розробки інтегрованих рішень для управління польотами. Інструмент OPSD (Operations Decision Support Suite) допомагає зробити польоти більш комфортними, економними та екологічними, обираючи найбільш ефективні літаки для маршрутів. Крім того, група оптимізує завантаженість, тестує нові навігаційні технології та визначає оптимальні маршрути й швидкості.

Цей перелік напрямків не є вичерпним, проте достатнім для розуміння важливості формування екологічної свідомості майбутніх авіафахівців.

Традиційна система навчання у закладах вищої освіти авіаційного спрямування базується на предметному підході, за якого кожна дисципліна вивчається ізольовано. Незважаючи на структурованість такого підходу, він має ряд суттєвих недоліків, що ускладнюють підготовку майбутніх авіаційних інженерів-механіків до реальних умов професійної діяльності. Аналіз матеріалів, представлених у наукових дослідженнях та навчальних програмах, дозволяє виокремити основні проблеми традиційної системи навчання та обґрунтувати необхідність її інтеграції.

Одним із головних недоліків традиційної системи є фрагментація знань. Дисципліни викладаються окремо, що ускладнює формування цілісного розуміння процесів, які відбуваються у повітряних суднах. Наприклад, студент може добре знати основи аеродинаміки, але без інтеграції з конструкційними особливостями літаків і системами енергозабезпечення ці знання залишаються відірваними від практичних реалій. Як наслідок, студенти стикаються з труднощами у застосуванні отриманих знань на практиці.

Згідно з дослідженнями у сфері авіаційної освіти, інтеграція навчальних дисциплін сприяє розвитку системного мислення та здатності до аналізу складних технічних ситуацій. Наприклад, у програмі підготовки авіаційних інженерів-механіків часто окремо вивчаються дисципліни «Матеріалознавство» та «Конструкція та міцність літальних апаратів». Однак їх інтегроване вивчення дозволило б студентам зрозуміти, як вибір матеріалу впливає на довговічність і експлуатаційні характеристики авіаційних конструкцій.

Ще одним недоліком традиційної системи навчання є значне домінування теоретичних дисциплін над практичними. У багатьох навчальних програмах акцент зроблено на засвоєнні теоретичних концепцій без достатньої практичної реалізації цих знань. Наприклад, студенти можуть добре знати принципи роботи авіаційного двигуна, проте не володіти практичними навичками діагностики несправностей.

Аналіз навчальних планів УДЛА показує, що цикл практичної підготовки складає лише 12 кредитів ЄКТС, що є недостатнім для формування у студентів необхідних практичних навичок. У той же час, міжнародні авіаційні стандарти EASA та ICAO вимагають більшої кількості годин практичної підготовки, включаючи навчання в умовах авіаційних технічних баз. Це вказує на необхідність розширення інтегрованого підходу, що включатиме більше практичних занять та моделювання реальних інженерних завдань.

У традиційній системі навчання кожен курс викладається як самостійна одиниця, що призводить до відсутності логічних зв'язків між дисциплінами. Це ускладнює формування загального розуміння інженерних процесів. Наприклад, вивчення «Основ аеродинаміки» окремо від «Основ конструкції літальних апаратів» не дає студентам чіткого розуміння того, як змінюється навантаження на крила літака під час різних фаз польоту.

Інтегративне навчання дозволяє поєднати матеріал різних дисциплін у межах єдиного навчального курсу, що сприяє формуванню більш

комплексного бачення технічних процесів. За даними наукових досліджень, застосування інтеграційного підходу дозволяє студентам краще засвоювати матеріал та успішніше застосовувати його в реальній інженерній діяльності.

Традиційна модель навчання орієнтована переважно на запам'ятовування великої кількості теоретичних відомостей. Однак сучасна авіаційна інженерія вимагає від спеціалістів здатності до швидкого аналізу складних технічних ситуацій та прийняття оптимальних рішень у короткі строки. Низький рівень використання проблемно-орієнтованого підходу у навчальних програмах призводить до того, що випускники не завжди готові до роботи в умовах реальних виробничих завдань.

Інтегроване навчання сприяє розвитку критичного мислення через застосування кейс-методу, моделювання технічних ситуацій та проєктного підходу. Наприклад, у навчальному процесі можуть використовуватися практичні кейси з реальних авіаційних подій, що дозволяє студентам навчитися аналізувати проблеми та шукати ефективні рішення.

Відсутність адаптації до сучасних технологій та міжнародних стандартів

Традиційна система навчання часто не встигає адаптуватися до швидких змін у технологіях та вимогах авіаційної галузі. Наприклад, сьогодні активно впроваджуються системи автоматизованого технічного обслуговування, цифрові технології діагностики та прогнозування несправностей. Однак ці аспекти недостатньо враховані у навчальних програмах, що створює розрив між теоретичною підготовкою студентів та реальними вимогами ринку праці.

Аналіз міжнародних вимог показує, що ICAO та EASA акцентують увагу на підготовці фахівців, які володіють навичками роботи з цифровими системами та новітніми технологіями. Впровадження інтегративного навчання дозволяє адаптувати освітній процес до сучасних викликів авіаційної індустрії.

З огляду на вищезазначене та з урахуванням аналізу навчальних планів ОПП «Технічне обслуговування та ремонт авіаційної техніки і авіадвигунів», констатуємо що професійне навчання майбутніх авіаційних механіків потребує змін, а саме:

1. Впровадження дисциплін екологічного спрямування – необхідність інтеграції навчальних курсів, що розглядають вплив авіаційної техніки на довкілля, сучасні технології екологічно чистого технічного обслуговування, а також міжнародні екологічні стандарти авіації (CORSIA, EASA, ICAO).

2. Оновлення змісту технічних дисциплін – включення в навчальні програми розділів, присвячених енергоефективності, зменшенню викидів CO₂, оптимізації споживання пального та екологічно безпечному утилізуванню відпрацьованих авіаційних матеріалів (мастил, хімічних рідин, металів).

3. Вивчення та впровадження стійкого авіаційного палива (SAF – Sustainable Aviation Fuel) – ознайомлення майбутніх механіків з альтернативними видами пального, принципами його виробництва та методами інтеграції в авіаційну експлуатацію з метою зниження екологічного впливу авіації.

4. Використання екологічних технологій у технічному обслуговуванні – розгляд сучасних методів зменшення шкідливих викидів під час експлуатації та ремонту авіаційних двигунів, застосування неруйнівних методів контролю, мінімізація використання токсичних матеріалів у процесі ремонту та обслуговування.

5. Розвиток компетентностей у сфері екологічної відповідальності – формування у студентів розуміння екологічних викликів авіаційної галузі, важливості сталого розвитку, відповідального використання ресурсів та методів зменшення авіаційного впливу на довкілля.

6. Інтеграція екологічних стандартів у практичну підготовку – ознайомлення студентів з міжнародними екологічними вимогами щодо

безпечного обслуговування повітряних суден, впровадження на практиках принципів екологічного менеджменту та раціонального використання ресурсів.

7. Впровадження екологічних аспектів у систему оцінювання знань – розширення тестових та практичних завдань з урахуванням екологічних критеріїв, аналіз кейсів екологічних інцидентів в авіаційній сфері, розробка студентами проєктів щодо оптимізації технічного обслуговування з метою мінімізації впливу на довкілля.

8. Залучення студентів до дослідницької діяльності – стимулювання проведення наукових досліджень у сфері екологічно чистих технологій авіаційного транспорту, організація наукових конференцій, круглих столів та семінарів з питань «зеленої» авіації.

Висновки до розділу 2

Аналіз сучасної системи підготовки авіаційних інженерів-механіків засвідчив, що ефективність навчального процесу безпосередньо залежить від відповідності програм міжнародним стандартам, рівня інтеграції теоретичної та практичної підготовки, а також ступеня адаптації до сучасних викликів авіаційної галузі.

Дослідження навчальних програм підготовки авіаційних інженерів-механіків показало, що основні вимоги до сертифікації та кваліфікації фахівців встановлюються на міжнародному рівні, зокрема Міжнародною організацією цивільної авіації (ICAO) та Агентством з безпеки авіації Європейського Союзу (EASA). Порівняльний аналіз стандартів ICAO та EASA виявив ключові спільні та відмінні риси підготовки інженерів-механіків у різних регіонах. ICAO встановлює загальні вимоги до підготовки фахівців, акцентуючи увагу на безпеці польотів, базових знаннях з аеродинаміки, конструкції повітряних суден та практичній підготовці. Водночас EASA застосовує більш деталізовану модульну систему навчання,

чітко регламентуючи категорії ліцензій для інженерів-механіків, необхідні теоретичні знання, практичну підготовку та систему сертифікації.

Аналіз навчальних планів Української державної льотної академії (УДЛА) продемонстрував, що програма підготовки бакалаврів за спеціальністю «Технічне обслуговування та ремонт повітряних суден і авіаційних двигунів» є структурованою відповідно до Європейської кредитно-трансферної системи (ECTS) та містить три основні цикли: загальну, професійну та практичну підготовку. Основні переваги програми полягають у наявності потужного блоку професійних дисциплін, що охоплюють конструкцію, експлуатацію та технічне обслуговування літаків і двигунів, значному обсязі мовної підготовки, що сприяє конкурентоспроможності випускників на міжнародному ринку праці, та практичній спрямованості, яка реалізується через навчальні та виробничі практики.

Водночас було виявлено ряд недоліків традиційної системи навчання, які ускладнюють підготовку майбутніх авіаційних інженерів-механіків до реальних умов професійної діяльності. Зокрема:

- фрагментація знань: дисципліни викладаються окремо, що ускладнює формування цілісного розуміння авіаційних процесів. Наприклад, вивчення аеродинаміки та конструкції літаків без інтеграції з технічним обслуговуванням та матеріалознавством призводить до ізолюваного сприйняття знань.

- домінування теоретичних дисциплін над практичними: цикл практичної підготовки охоплює лише 12 кредитів ECTS, що є недостатнім для формування у студентів необхідних навичок роботи з авіаційною технікою. Це не відповідає міжнародним стандартам ICAO та EASA, які передбачають значний обсяг практичної підготовки.

- відсутність логічних зв'язків між дисциплінами: окреме викладання предметів без міждисциплінарної інтеграції ускладнює розуміння студентами

загальної картини експлуатації та технічного обслуговування авіаційної техніки.

– низький рівень використання проблемно-орієнтованого навчання: традиційна модель освіти орієнтована переважно на запам'ятовування теоретичних знань, що не формує у студентів навичок критичного мислення та швидкого аналізу складних технічних ситуацій.

– недостатня адаптація до сучасних технологій та міжнародних стандартів: програма навчання потребує оновлення з урахуванням останніх досягнень у сфері цифрових технологій, автоматизованих систем технічного обслуговування, штучного інтелекту та інноваційних підходів до діагностики авіаційної техніки.

З огляду на сучасні тенденції розвитку авіаційної галузі, зокрема глобальні екологічні виклики та впровадження концепції сталого розвитку, у системі підготовки авіаційних інженерів-механіків необхідно зробити акцент на екологічній складовій. Аналіз екологічних ініціатив провідних авіакомпаній світу засвідчив, що авіаційна індустрія активно розвиває напрями зниження викидів CO₂, використання стійкого авіаційного палива (SAF), підвищення паливної ефективності та застосування екологічно безпечних методів технічного обслуговування повітряних суден.

Таким чином, сучасна система підготовки авіаційних інженерів-механіків потребує трансформації, спрямованої на інтеграцію екологічної складової, посилення практичної підготовки та впровадження міждисциплінарного підходу в освітній процес. Запропоновані зміни дозволять підготувати висококваліфікованих фахівців, здатних відповідати викликам сучасної авіаційної галузі та забезпечувати її сталий розвиток.

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА ТА ВПРОВАДЖЕННЯ МОДЕЛІ ІНТЕГРОВАНОГО НАВЧАННЯ

3.1 Розробка моделі інтегрованого навчання, її концепція та компоненти

Аналіз останніх досліджень та публікацій показує зростаючий інтерес до формування екологічної свідомості серед студентів льотних спеціальностей. Дослідники звертають увагу на необхідність інтеграції екологічних аспектів у навчальні програми технічних вузів, використання інноваційних методів навчання, таких як проєктна діяльність та моделювання. Наукові доробки вказують на важливість розвивати у студентів здатність приймати екологічно відповідальні рішення в майбутній професійній діяльності, що відповідає сучасним вимогам сталого розвитку. Екологічна свідомість є важливою складовою розвитку сучасного суспільства. Вона відображає усвідомлення людиною взаємозв'язку між своїми діями і станом навколишнього середовища, а також її відповідальність за збереження екологічної рівноваги. В умовах техногенного розвитку і загострення екологічних проблем ця тема набуває особливого значення, оскільки саме свідоме ставлення до природи може забезпечити її збереження для майбутніх поколінь. Екологічна свідомість вимагає формування не лише глибоких знань, але й розвитку відповідного ставлення та навичок, які сприятимуть екологічно орієнтованій поведінці [15].

Таким чином, для забезпечення ефективного формування екологічної свідомості майбутніх авіаційних інженерів-механіків необхідно розробити цілісну модель інтегрованого навчання, яка враховуватиме міждисциплінарний підхід, інноваційні освітні технології та практико-орієнтовані методи. Така модель має сприяти не лише засвоєнню

теоретичних знань з екологічної безпеки, але й розвитку критичного мислення, аналітичних здібностей та здатності ухвалювати екологічно відповідальні рішення у професійній діяльності.

Запропонована модель має поєднувати традиційні та сучасні методи навчання, інтегрувати екологічні аспекти в технічні дисципліни та забезпечувати формування комплексних компетенцій, що відповідають актуальним викликам сталого розвитку авіаційної галузі. Створення такої моделі стане важливим кроком у підготовці фахівців нового покоління, які зможуть ефективно працювати в умовах сучасного авіаційного виробництва та технічного обслуговування, враховуючи екологічні стандарти та принципи сталого розвитку.

У сучасній науковій сфері спостерігається тенденція до збільшення кількості визначень поняття «модель». Це обумовлює необхідність детального аналізу сутності цього терміна. Саме слово «модель» походить із латинської мови («modulus»), що означає «міра». У соціологічній енциклопедії під редакцією В. Г. Городяненка модель визначається як аналог або «замінник» оригінального об'єкта, що за певних умов здатний відтворювати його найважливіші характеристики. Вона містить потенційні знання, які можна отримати під час її вивчення та використовувати в практичній діяльності [24, с. 237].

Г. Клаус одним із перших намагався дати узагальнене визначення поняття «модель», описуючи її як спосіб відображення реальних об'єктів, явищ і відносин у вигляді спрощеної, більш наочної структури [28]. У свою чергу, В. Штофф зазначав, що модель може бути як матеріальною, так і уявною системою, яка здатна замішувати досліджуваний об'єкт таким чином, щоб його вивчення надавало нові знання про оригінал. Відповідно до цього підходу модель має чотири ключові характеристики: 1) вона може бути матеріальною чи уявною; 2) відтворює основні властивості досліджуваного об'єкта; 3) слугує його замінником у дослідженні; 4) у процесі її аналізу можна отримати нову інформацію про оригінал [28, с. 113].

З педагогічної точки зору, модель має особливу цінність, оскільки дозволяє чітко визначити актуальні та перспективні завдання навчального процесу, дослідити умови можливого зближення прогнозованих і бажаних змін об'єкта вивчення.

Деякі науковці трактують модель як специфічний об'єкт, що використовується для отримання, збереження та передавання інформації у вигляді уявного образу, математичних формул, графіків або матеріального предмета. Вона має відображати ключові характеристики та взаємозв'язки об'єкта-оригінала, які є суттєвими для розв'язання певного завдання. Такий підхід передбачає, що модель складається з чотирьох основних компонентів: 1) суб'єкта (людини, яка здійснює моделювання); 2) завдання, яке потребує вирішення; 3) об'єкта-оригінала, який відображається в моделі; 4) засобів опису або матеріального відтворення моделі [4].

Процес дослідження об'єкта через його модель називається моделюванням. Це один із базових методів наукового пізнання, що передбачає вивчення не самого об'єкта, а його штучного або природного аналога, який має відповідний набір характеристик і зв'язків. Моделювання широко застосовується в наукових дослідженнях, особливо коли безпосередній аналіз реального об'єкта є неможливим або складним. У методологічному аспекті воно може бути як теоретичним (через абстрактні математичні або концептуальні моделі), так і експериментальним (із використанням матеріальних аналогів) [17].

У галузі психолого-педагогічних досліджень моделювання розглядається як загальнонауковий метод, що дозволяє глибше зрозуміти сутність освітніх процесів. Воно допомагає визначити зв'язки між компонентами навчальної діяльності, виявити основні закономірності розвитку та розробити рекомендації для вдосконалення навчальних програм.

С. М. Баташова [3] наголошує, що моделювання як метод наукового аналізу дозволяє визначити оптимальні заходи для досягнення стійких позитивних результатів. та підкреслює, що модельний підхід у педагогічних

дослідженнях дозволяє не лише визначити сутність навчальних явищ, а й описати їхню динаміку та взаємозв'язки. І. О. Грязнов вважає, що наукова модель – це певна система (уявна або матеріальна), яка адекватно відображає предмет дослідження і дозволяє отримати додаткову інформацію про нього. Головною перевагою моделювання є можливість охопити систему загалом і проаналізувати її в комплексі [6, с. 32].

Отже, незважаючи на різні підходи до трактування поняття «модель», всі вони мають спільну рису – інформаційну складову. Основна функція моделі полягає в тому, щоб передавати знання про досліджуваний об'єкт та його характеристики. У нашій роботі модель педагогічної системи підготовки майбутніх авіаційних інженерів-механіків розглядається як структура взаємопов'язаних компонентів, що сприяють формуванню професійних компетенцій у процесі інтегрованого навчання фізики та математики.

Важливий внесок у розвиток моделювання педагогічних процесів зробив Д. А. Костюк [13], який розробив суб'єктно-діяльнісну модель професійної компетентності. Вона ґрунтується на чітко визначеній меті навчального процесу, що полягає у формуванні професійних навичок майбутніх фахівців. Відповідно до цієї моделі, ефективність підготовки забезпечується такими педагогічними умовами, як створення професійно-орієнтованого навчального середовища, розвиток спеціалізованого мислення, формування професійної культури та впровадження міждисциплінарного підходу в навчальний процес.

Пропонуємо модель інтегрованого навчання майбутніх авіаційних інженерів-механіків (рис. 3.1). Вона базується на поєднанні різних методів навчання, організаційних та технологічних підходів, що забезпечують ефективність освітнього процесу. Структура цієї моделі містить чотири основні компоненти:



Рисунок 3.1 – Модель інтегрованого навчання майбутніх авіаційних інженерів-механіків

1.Цільовий блок – визначення мети навчального процесу та очікуваних результатів.

2.Змістовий блок – формування навчальних програм та дисциплін з урахуванням міжпредметної інтеграції.

3.Організаційно-технологічний блок – вибір методів і технологій навчання, що сприяють ефективному засвоєнню матеріалу.

4.Результативний блок – оцінювання рівня сформованих компетенцій та професійної підготовленості студентів.

1. Цільовий блок

Мета моделі – забезпечення комплексної підготовки майбутніх авіаційних інженерів-механіків, що поєднує:

- фундаментальні технічні знання,
- професійні компетентності,

– екологічну відповідальність та стійке мислення.

Основні завдання моделі інтегрованого навчання полягають в:

- інтеграції знань із природничих, технічних та екологічних дисциплін;
- розвитку професійних навичок у сфері авіаційного обслуговування та ремонту;
- вихованні екологічно відповідального ставлення до авіаційної діяльності;
- формуванні розуміння концепцій «зелених технологій» та «сталого розвитку» в авіації.

2. Змістовий блок

Інтеграція дисциплін у контексті екологічної свідомості:

Природничо-науковий цикл:

- фізика (з акцентом на аеродинаміку та енергозбереження);
- авіаційна хімія (екологічні аспекти палив і матеріалів);
- вища математика (моделювання екологічних процесів);
- екологія та стійкий розвиток (авіаційний вплив на довкілля).

Технічний цикл:

- конструкція та міцність літальних апаратів (матеріалознавство та екологічно стійкі матеріали);
- технічна механіка (оптимізація роботи авіаційних систем для зменшення шкідливих викидів);
- газотурбінні та поршневі двигуни (альтернативні види палива, SAF);
- технічне обслуговування (методи екологічного ремонту та утилізації).

Цикл екологічної відповідальності:

- «зелені» технології в авіації;
- методи зменшення впливу авіації на клімат;
- використання альтернативного авіаційного палива (SAF);
- екологічна сертифікація повітряних суден.

3. Організаційно-технологічний блок

Методи та технології інтегрованого навчання:

– Проектне навчання: студенти розробляють екологічні рішення для авіаційної індустрії (наприклад, оптимізація витрат палива, утилізація матеріалів).

– Кейс-методи: аналіз реальних екологічних ініціатив авіакомпаній (Qatar Airways, Lufthansa, Air New Zealand).

– Симуляційне навчання: використання цифрових платформ для моделювання впливу авіації на навколишнє середовище.

– Лабораторні роботи: випробування новітніх авіаційних матеріалів, екологічних методів очищення двигунів.

– Виїзні лекції та практики: взаємодія з підприємствами, що реалізують екологічні стандарти авіаційного обслуговування.

4. Результативний блок

Очікувані результати у результаті навчання:

– Високий рівень професійної підготовки інженерів-механіків.

– Усвідомлення екологічної відповідальності у професійній діяльності.

– Здатність розробляти технічні рішення з урахуванням екологічної безпеки.

– Компетентність у впровадженні «зелених» технологій в авіаційну галузь.

– Сертифікація відповідно до міжнародних екологічних стандартів (ICAO, EASA, IATA).

Ключові особливості інтегрованого навчання майбутніх авіаційних інженерів-механіків:

1. Цілісність знань. Інтегрована модель навчання передбачає логічне об'єднання навчальних дисциплін у структуровані блоки, що сприяє формуванню у студентів комплексного розуміння роботи авіаційної техніки. Наприклад, знання з аеродинаміки поєднуються з курсами конструкції літальних апаратів, фізики та матеріалознавства, що дає можливість оцінювати вплив механічних навантажень на структуру повітряних суден.

Такий підхід забезпечує усунення фрагментарності знань і сприяє створенню єдиної картини професійної діяльності.

2. Гнучкість та адаптивність. Навчальний процес будується таким чином, щоб його можна було оперативно оновлювати відповідно до розвитку новітніх авіаційних технологій. Це дозволяє студентам знайомитися з сучасними досягненнями у сфері аерокосмічної інженерії, автоматизації авіаційних процесів, екологічно чистих авіапалив (SAF), альтернативних джерел енергії та цифрових технологій у технічному обслуговуванні повітряних суден. Крім того, навчальні програми адаптуються до міжнародних вимог сертифікації інженерів-механіків (ICAO, EASA, IATA).

3. Практична спрямованість. У моделі інтегрованого навчання велика увага приділяється набуттю реальних навичок роботи з авіаційною технікою.

Лабораторні дослідження: студенти проводять аналіз матеріалів, випробування конструкційних елементів літальних апаратів, тестують аеродинамічні характеристики моделей у повітряних тунелях.

Симуляційні технології: використання віртуальних тренажерів для моделювання роботи авіаційних систем, що дозволяє відпрацьовувати діагностику несправностей та алгоритми ремонту без ризику для реальних літаків.

Навчальна та виробнича практика: студенти проходять стажування у сертифікованих авіакомпаніях, технічних центрах, ремонтних базах, що дає їм можливість застосовувати набуті знання у реальних умовах експлуатації повітряних суден.

4. Міждисциплінарні зв'язки. Для підготовки висококваліфікованих авіаційних інженерів-механіків важливо забезпечити взаємопроникнення технічних, природничих та гуманітарних дисциплін.

Технічні науки: об'єднання дисциплін з конструкції літальних апаратів, двигунів, аеродинаміки та авіаційної механіки сприяє розумінню основ експлуатації та обслуговування повітряних суден.

Природничі науки: вивчення хімії, фізики, екології та матеріалознавства допомагає аналізувати склад палив, особливості зношування матеріалів та вплив авіації на довкілля.

Соціально-гуманітарні науки: дисципліни з авіаційного права, психології, ділової комунікації та управління ризиками формують у студентів навички ефективної взаємодії у професійній сфері, роботи в команді та прийняття відповідальних рішень.

Завдяки такій міждисциплінарній взаємодії випускники отримують комплексні знання та практичні навички, які дозволяють їм ефективно працювати у сфері технічного обслуговування та ремонту авіаційної техніки, враховуючи сучасні тенденції розвитку галузі.

Модель інтегрованого навчання ґрунтується на таких концептуальних засадах:

1. Основні аспекти реалізації концепції міжпредметних зв'язків:

Системна інтеграція змісту дисциплін з екологічним компонентом. Навчальні курси структуровані так, щоб забезпечити логічну послідовність знань. Наприклад, при вивченні аеродинаміки розглядаються методи зниження опору повітря для зменшення витрат палива та зниження викидів CO₂.

Узгодженість навчальних програм з екологічними стандартами. Викладачі різних дисциплін координують тематику занять, що дозволяє забезпечити взаємозв'язок між технічними рішеннями та їхнім впливом на навколишнє середовище. Наприклад, під час вивчення «Технічного обслуговування повітряних суден» студенти аналізують способи зменшення екологічного навантаження через правильне використання мастильних матеріалів і охолоджуючих рідин.

Практичне застосування екологічних знань. Лабораторні та практичні роботи включають аналіз використання альтернативних матеріалів у літакобудуванні, методи зменшення шумового забруднення, стратегії зниження викидів парникових газів.

Міждисциплінарні проєкти екологічного спрямування. Розробка студентами проєктів, що поєднують знання з кількох дисциплін. Наприклад, створення ефективних систем фільтрації авіаційного пального, аналіз перспектив використання SAF (стійкого авіаційного палива), оцінка викидів CO₂ різними типами двигунів.

2. Концепція модульного навчання

Концепція модульного навчання передбачає структурування навчального процесу у вигляді самостійних модулів, які дозволяють формувати компетентності у сфері авіаційного транспорту та екологічної безпеки.

Структура модулів:

Теоретичний блок містить основні знання з відповідної тематики. Наприклад, у рамках модуля «Конструкція та міцність літальних апаратів» студенти вивчають вплив вибору матеріалів на зниження ваги конструкції, що сприяє зменшенню витрат пального.

Практичний блок включає практичні та лабораторні роботи з аналізу екологічних характеристик авіаційного пального, застосування енергоефективних технологій у виробництві авіаційних компонентів.

Аналітичний блок передбачає вивчення методів екологічного менеджменту в авіації, аналіз впливу технологій на зменшення викидів, моделювання сценаріїв переходу на водневе паливо.

Переваги модульного навчання:

Гнучкість навчального процесу – можливість адаптації змісту модулів відповідно до новітніх технологій, наприклад, розширення тематики впровадження електродвигунів у повітряний транспорт.

Логічна послідовність викладу матеріалу – студенти переходять від загальних питань сталого розвитку до глибокого аналізу екологічних аспектів авіаційної галузі.

Практикоорієнтованість – навчальні модулі містять завдання, що імітують реальні екологічні проблеми, з якими стикаються інженери-механіки авіаційної галузі.

3. Концепція дисциплінарного синтезу

Концепція дисциплінарного синтезу дозволяє об'єднати знання з різних предметів у єдину систему, що дає студентам можливість краще розуміти взаємозв'язки між екологічними, технічними та експлуатаційними параметрами авіаційної техніки.

Основні аспекти дисциплінарного синтезу:

Формування інтегрованих курсів з екологічним компонентом. Наприклад, курс «Авіаційні матеріали та екологічна безпека» об'єднує теми матеріалознавства, стійкого розвитку та впливу авіаційної техніки на довкілля.

Практичні заняття, що об'єднують технічні та екологічні аспекти. У рамках лабораторних робіт з конструкції та міцності літаків студенти досліджують можливості заміни важких сплавів на легші та екологічно чисті композити.

Використання інноваційних методів навчання. Використання цифрових технологій, симуляторів та AR/VR для вивчення процесів утилізації авіаційних матеріалів, аналізу впливу літаків на атмосферу.

Розвиток міждисциплінарного мислення. Формування навичок розробки екологічно ефективних авіаційних технологій, наприклад, оцінка впливу електричних авіадвигунів на екосистему.

Таблиця 3.1 – Ключові відмінності між концепціями моделі інтегрованого навчання

Параметр	Міждисциплінарні зв'язки	Дисциплінарний синтез
Сутність	Узгодження змісту різних дисциплін для формування єдиного освітнього простору. Кожна дисципліна залишається окремою, але пов'язується з іншими через спільні теми та концепції.	Об'єднання знань із різних дисциплін у рамках інтегрованих курсів або спільного теоретичного та практичного контексту. Створюється нова цілісна система знань.
Мета	Забезпечення взаємозв'язку між навчальними предметами, усунення дублювання матеріалу, посилення практичного застосування знань.	Створення єдиного освітнього блоку, де знання не просто поєднуються, а трансформуються у новий інтегрований зміст.
Приклад реалізації	У курсі «Фізика» вивчаються аеродинамічні явища, а у курсі «Конструкція літальних апаратів» застосовуються фізичні закони для проектування авіаційних конструкцій.	Створення курсу «Авіаційні матеріали та конструкції», де об'єднані матеріалознавство, механіка, аеродинаміка та основи конструювання.
Методи реалізації	- Взаємопроникнення понять із різних дисциплін. - Координація викладачів для уникнення дублювання. - Використання міждисциплінарних завдань і проєктів.	- Інтеграція декількох дисциплін у єдиний навчальний курс. - Використання єдиної системи понять і методів для пояснення явищ. - Проведення комплексних лабораторних робіт, що охоплюють різні галузі знань.
Застосування	Використовується для збереження класичної дисциплінарної структури, але з поглибленим взаємозв'язком між предметами.	Актуально для формування нових навчальних курсів, що базуються на інтеграції дисциплін, що раніше вивчалися окремо.

Запропонована модель інтегрованого навчання базується на трьох ключових концепціях – міжпредметні зв'язки, модульне навчання та дисциплінарний синтез. Вона забезпечує підготовку студентів не лише з технічної, а й з екологічної точки зору, що дозволяє випускникам бути конкурентоспроможними на ринку праці.

Включення екологічного компонента в систему підготовки майбутніх інженерів-механіків сприяє:

- усвідомленню важливості екологічних стандартів у авіації;
- застосуванню технологій зменшення викидів CO₂;
- розробці новітніх конструкцій літаків з меншим енергоспоживанням;

– використанню альтернативного авіаційного пального.

Завдяки інтегрованій моделі навчання випускники матимуть не лише традиційні інженерні знання, а й розуміння екологічних викликів, що дозволить їм сприяти сталому розвитку авіаційної галузі.

На сьогоднішній день екологічна свідомість здобувачів вищої освіти авіаційного спрягання залишається недостатньо сформованою. Більшість технічних вузів орієнтовані на навчання студентів з акцентом на професійні, технічні знання та навички, при цьому екологічні аспекти не завжди інтегровані у навчальний процес або ж мають другорядне значення. Це призводить до того, що майбутні авіаційні інженери-механіки не завжди усвідомлюють важливість екологічних проблем і не готові до прийняття рішень, що забезпечують сталий розвиток.

Екологічна свідомість визначається як сукупність екологічних та природоохоронних уявлень, світоглядних позицій і ставлення до природи, стратегій практичної діяльності, спрямованої на природні об'єкти [32]. Це поняття охоплює три ключові аспекти: когнітивний, емоційно-ціннісний і поведінковий. Когнітивний аспект стосується знань про екологічні процеси, принципи сталого розвитку, загрози для довкілля та способи їх подолання. Ці знання забезпечують основу для формування усвідомленого розуміння екологічних проблем і важливості відповідального ставлення до природних ресурсів.

Емоційно-ціннісний компонент екологічної свідомості включає розвиток позитивного ставлення до природи, почуття турботи та відповідальності за її збереження. Людина з розвиненою екологічною свідомістю відчуває зв'язок з навколишнім середовищем, вбачаючи у природі не лише ресурс для задоволення потреб, але й джерело духовного розвитку, естетичного задоволення та етичних орієнтирів. Емоційно-ціннісний аспект відіграє ключову роль у мотивації екологічно відповідальної поведінки.

Поведінковий аспект втілюється у конкретних діях, спрямованих на збереження та відновлення довкілля. Це може бути свідома участь у природоохоронних заходах, дотримання принципів сталого споживання, вибір екологічно безпечних продуктів і технологій. У реальному житті екологічна свідомість знаходить вираження у таких звичках, як сортування відходів, зменшення споживання пластику, використання екологічного транспорту та підтримка екологічних ініціатив.

Формування екологічної свідомості є складним і багатовимірним процесом, який залежить від багатьох чинників. Одним із ключових є освіта, адже формування екологічної культури починається вже з дошкільного віку [9, 71]. Саме освіта формує базові знання і сприяє розвитку екологічної культури. Важливу роль у цьому процесі відіграє система вищої освіти, особливо для студентів льотних закладі вищої освіти. Це пов'язано з тим, що інженери-механіки у своїй майбутній діяльності будуть працювати над створенням нових технологій і вирішенням сучасних екологічних викликів. Тому їхня екологічна свідомість стає важливою складовою професійної компетентності.

Розвиток екологічної свідомості відбувається під впливом соціальних, культурних, економічних і особистісних факторів. Соціальні умови формують загальні установки у суспільстві щодо ставлення до природи [3]. У країнах із високим рівнем екологічної освіти та розвиненими екологічними ініціативами спостерігається вищий рівень екологічної свідомості громадян. Культурні фактори впливають на формування цінностей і традицій, пов'язаних із природокористуванням. Економічні умови також відіграють важливу роль, оскільки економічна стабільність дозволяє реалізовувати екологічно відповідальну поведінку.

Екологічна свідомість здобувачів технічної освіти є специфічним явищем, яке формується на перетині професійної підготовки та загального ставлення до довкілля. Технічна освіта орієнтована на підготовку фахівців, які створюють нові технології, розробляють інженерні рішення та

впроваджують інновації. Усі ці процеси значною мірою впливають на стан екологічної системи, тому важливо, щоб майбутні авіаційні інженери-механіки усвідомлювали екологічні наслідки своєї діяльності та володіли навичками екологічно відповідального мислення. Формування екологічної свідомості у студентів авіаційних спеціальностей має свої особливості, які пов'язані з їхнім професійним спрямуванням, специфікою освітнього процесу та ставленням до екологічних питань.

3.2 Реалізація моделі через формування екологічної свідомості та оцінка її ефективності

Сучасний світ стикається з численними екологічними викликами, такими як зміна клімату, забруднення навколишнього середовища, виснаження природних ресурсів та зниження біорізноманіття. Ці проблеми не лише ставлять під загрозу сталий розвиток планети, а й вимагають від майбутніх поколінь фахівців готовності до прийняття відповідальних рішень, які зможуть мінімізувати негативний вплив на довкілля. Технічні спеціальності, зокрема інженерні та технологічні напрямки, є одними з найбільших факторів, що впливають на стан природи. Тому важливим завданням є формування у майбутніх авіаційних інженерів-механіків екологічної свідомості, що дозволить їм не тільки ефективно вирішувати технічні завдання, а й враховувати екологічні наслідки своєї діяльності.

Модель інтегрованого навчання майбутніх інженерів-механіків створює передмови тому, що екологічна свідомість майбутніх фахівців повинна бути сформована на етапі їхнього навчання, щоб вони могли застосовувати екологічні принципи у своїй подальшій професійній діяльності. Відсутність достатньої екологічної освіти у здобувачів може

призвести до того, що їхні технічні рішення будуть не тільки неефективними, а й можуть призвести до подальшого погіршення екологічної ситуації.

Здобувачі авіаційної освіти часто демонструють високу зацікавленість у вирішенні практичних задач, зокрема тих, що пов'язані з розробкою технологій. Однак, через специфіку технічного мислення, їхня увага може бути зосереджена здебільшого на технічних характеристиках і економічній ефективності, тоді як екологічні аспекти залишаються другорядними. Такий підхід створює виклик для освітніх закладів, які повинні інтегрувати екологічну складову в навчальні програми таким чином, щоб вона стала невіддільною частиною технічної підготовки.

Особливістю екологічної свідомості майбутніх авіаційних інженерів-механіків є необхідність поєднання теоретичних знань із практичними навичками. У процесі професійної підготовки вони працюють із реальними авіаційними конструкціями та технологіями, що дозволяє їм безпосередньо оцінювати вплив технічних рішень на навколишнє середовище. Наприклад, під час розробки авіаційних систем вони можуть аналізувати рівень енергоефективності, ресурсозбереження та екологічної безпеки застосовуваних матеріалів і технологій. Такий підхід не лише сприяє розвитку екологічного мислення, а й формує відповідальність за мінімізацію негативного впливу авіаційної техніки на довкілля.

Формування екологічної свідомості у студентів авіаційно-технічних спеціальностей вимагає комплексного та цілеспрямованого підходу. Важливим аспектом є інтеграція екологічних дисциплін у навчальні плани таким чином, щоб вони були нерозривно пов'язані з професійною підготовкою. Якщо екологічні знання подаються окремо від спеціальних дисциплін, вони часто сприймаються як другорядні. Натомість, коли екологічні аспекти є невід'ємною частиною курсів з авіаційної техніки, двигунобудування чи матеріалознавства, студенти приділяють їм значно більше уваги. Наприклад, у курсах з аеродинаміки можна розглядати питання зменшення опору для підвищення паливної ефективності, а в дисциплінах з

авіаційних матеріалів – аспекти їхньої екологічності та можливості вторинної переробки.

Ще однією важливою особливістю є необхідність формування у майбутніх авіаційних інженерів-механіків аналітичного мислення та творчих навичок (Dotsenko & Kurepin, 2024, p. 58). Екологічні проблеми авіаційної галузі мають складний і багатовимірний характер, тому їх вирішення вимагає інтеграції знань з різних сфер: аеродинаміки, матеріалознавства, енергетичних технологій та економіки. Майбутні інженери повинні вміти оцінювати вплив своїх технічних рішень на навколишнє середовище, враховувати довгострокові наслідки впровадження нових технологій та знаходити баланс між технічними, економічними й екологічними вимогами. Такий підхід не лише розвиває екологічне мислення, а й підвищує загальний рівень професійної компетентності.

Рівень екологічної свідомості майбутніх авіаційних інженерів-механіків також значною мірою залежить від їхньої особистої мотивації та зацікавленості у питаннях охорони довкілля. У цьому процесі ключову роль відіграють викладачі, які можуть сприяти формуванню екологічних цінностей та залучати студентів до обговорення актуальних екологічних проблем авіаційного транспорту. Від рівня їхньої обізнаності, компетентності та особистісного ставлення до екологічних питань залежить те, наскільки студенти сприйматимуть ці знання як важливу складову своєї майбутньої професії [49]. Викладачі можуть бути прикладом екологічно відповідальної поведінки, підтримувати ініціативи студентів у сфері «зелених» технологій, залучати їх до досліджень щодо зменшення шкідливих викидів, оптимізації паливної ефективності та використання екологічно безпечних матеріалів у авіаційній техніці.

Важливо також зазначити, що екологічна свідомість майбутніх авіаційних інженерів-механіків формується не лише в рамках навчального процесу, а й через позанавчальні активності. Участь у волонтерських проєктах, екологічних ініціативах, науково-дослідницьких роботах або

конкурсах із розробки екологічно чистих авіаційних технологій сприяє практичному закріпленню екологічних знань та формуванню стійкої екологічної орієнтації. Такі заходи дозволяють студентам безпосередньо долучатися до вирішення актуальних проблем авіаційної екології, розвивати відповідальність за свої інженерні рішення та усвідомлювати їхній вплив на довкілля. Наприклад, робота над проєктами з оптимізації паливної ефективності, зменшення рівня шкідливих викидів чи впровадження екологічно безпечних матеріалів у конструкціях авіаційної техніки допомагає студентам застосовувати екологічні принципи у своїй професійній діяльності.

У технічній освіті велике значення має використання інноваційних підходів для формування екологічної свідомості майбутніх авіаційних інженерів. Застосування симуляційних моделей, проєктних методів, кейс-стаді та міждисциплінарних завдань дозволяє студентам отримати практичний досвід роботи з реальними екологічними викликами авіаційної галузі. Використання цифрових технологій, зокрема моделювання життєвого циклу авіаційних матеріалів, оцінки впливу викидів авіаційних двигунів на атмосферу чи розробки систем відновлюваної енергетики для аеропортів, сприяє розвитку екологічного мислення та інтеграції екологічних принципів у професійну діяльність.

Активні методи навчання відіграють ключову роль у підготовці майбутніх авіаційних інженерів-механіків, оскільки дають змогу не лише отримувати теоретичні знання, а й застосовувати їх на практиці. Одним із найефективніших підходів є метод проєктного навчання, який передбачає роботу студентів над реальними або модельованими завданнями, спрямованими на вирішення екологічних проблем у авіаційній галузі. Наприклад, розробка проєктів з утилізації авіаційних матеріалів, впровадження систем енергоефективного освітлення в аеропортах або розробка технологій очищення авіаційного пального дозволяє здобувачам освіти усвідомити важливість своєї роботи для довкілля. Використання цього

методу під час викладання технічних дисциплін сприяє формуванню глобального екологічного мислення та відповідального ставлення до природних ресурсів [17, с. 3].

Симуляції та моделювання також є ефективними методами формування екологічної свідомості майбутніх авіаційних інженерів. Використання сучасних комп'ютерних програм дозволяє студентам моделювати різні екологічні сценарії, аналізувати вплив авіаційних технологій на довкілля та знаходити оптимальні рішення для мінімізації негативного впливу. Наприклад, симуляція впливу викидів авіаційних двигунів на якість повітря, аналіз вуглецевого сліду авіаперевезень або моделювання процесів вторинної переробки авіаційних конструкцій дають змогу студентам глибше зрозуміти екологічні виклики галузі та необхідність екологічно орієнтованих інженерних рішень. Застосування таких інструментів у навчальному процесі допомагає не лише розвивати екологічне мислення, а й формувати професійні навички роботи з сучасними технологіями аналізу та прогнозування впливу авіації на навколишнє середовище.

Метод кейсів також широко використовується для формування екологічної свідомості майбутніх авіаційних інженерів-механіків. Цей метод, розроблений ще у 1920-х роках у Гарвардському університеті [39], передбачає аналіз реальних або змодельованих ситуацій, які вимагають комплексного підходу до вирішення проблеми. У контексті авіаційної техніки студентам можуть запропонувати кейси, пов'язані з вибором конструкційних матеріалів для літаків або двигунів, оцінюючи їхню екологічність, масу, довговічність та економічну доцільність. Також можна моделювати ситуації, пов'язані зі зниженням рівня викидів парникових газів у авіації чи підвищенням енергоефективності аеропортових систем. Аналіз таких кейсів сприяє розвитку критичного мислення, навичок оцінки альтернатив і прийняття оптимальних рішень із урахуванням екологічних аспектів.

Практична діяльність також є важливим методом формування екологічної свідомості майбутніх авіаційних інженерів-механіків. Участь у природоохоронних заходах, таких як висадка дерев, очищення територій аеропортів, розробка та впровадження системи сортування відходів в авіаційних навчальних закладах або участь у волонтерських екологічних проєктах, дозволяє студентам безпосередньо долучатися до збереження довкілля. Такі активності не лише сприяють усвідомленню екологічної відповідальності, але й формують у студентів практичні навички реалізації екологічних ініціатив у професійній діяльності. Наприклад, студенти можуть брати участь у розробці програм утилізації авіаційних матеріалів, досліджувати можливості зменшення викидів у повітря або створювати рекомендації щодо оптимізації паливної ефективності літаків.

Окрім цього, важливу роль у формуванні екологічної свідомості відіграє використання сучасних інформаційних технологій у навчальному процесі. Викладачі можуть залучати студентів до створення цифрових продуктів, таких як мобільні додатки для моніторингу екологічного стану аеропортів, інтерактивні платформи для обміну ідеями щодо сталого розвитку авіації або онлайн-курси з екологічної безпеки авіаційного транспорту. Використання таких технологій не лише підвищує зацікавленість студентів у навчальному процесі, але й сприяє розвитку цифрових навичок, які є критично важливими для сучасних авіаційних фахівців [27]. Наприклад, застосування геоінформаційних систем (GIS) для аналізу екологічного впливу аеропортів або використання програм для розрахунку вуглецевого сліду дозволяє студентам практично оцінювати вплив авіаційної діяльності на довкілля та пропонувати ефективні екологічні рішення.

Формування екологічної свідомості у майбутніх авіаційних інженерів-механіків також потребує активної співпраці з екологічними організаціями, бізнесом та місцевими громадами. Така взаємодія дозволяє студентам побачити реальні приклади впровадження екологічних принципів у авіаційній галузі, а також отримати практичний досвід у цій сфері. Зокрема,

співпраця з підприємствами, що займаються утилізацією авіаційних матеріалів, розробкою «зелених» аеропортових технологій або впровадженням альтернативних джерел енергії в авіації, може стати цінним доповненням до навчального процесу. Участь студентів у проєктах, спрямованих на зменшення впливу авіаційного транспорту на довкілля, дозволяє їм усвідомити екологічні виклики галузі та сприяє формуванню відповідального ставлення до своєї професійної діяльності.

Проте процес формування екологічної свідомості у студентів авіаційно-технічних спеціальностей стикається з рядом викликів. Серед основних проблем можна виокремити низький рівень мотивації студентів до вивчення екологічних питань, недостатній рівень кваліфікації викладачів у сфері екологічної безпеки авіації та обмежені ресурси для екологічної освіти. Ці виклики мають як внутрішній (особистісні установки студентів, інтерес до екологічних тем), так і зовнішній (освітня політика, доступність ресурсів, актуальність програм) характер, що ускладнює процес впровадження екологічної складової в навчальні програми.

Одним із найбільш суттєвих викликів є недостатня мотивація студентів до вивчення екологічних питань. Часто екологічна тематика сприймається ними як другорядна через низький рівень обізнаності або відсутність чіткої взаємопов'язаності з їхньою майбутньою професією. Авіаційно-технічні спеціальності здебільшого акцентують увагу на інженерних аспектах, технічних показниках та економічній ефективності авіаційних технологій, тоді як екологічні аспекти залишаються поза межами основного фокусу студентів. Для подолання цієї проблеми необхідно інтегрувати екологічні питання безпосередньо в технічні курси, показуючи їхню практичну значущість у сучасній авіаційній промисловості, а також застосовувати активні методи навчання, які сприятимуть підвищенню зацікавленості студентів у питаннях екологічної безпеки авіації.

Ще одним суттєвим викликом у формуванні екологічної свідомості майбутніх авіаційних інженерів-механіків є недостатній рівень кваліфікації

викладачів у сфері екологічної освіти. Викладачі технічних дисциплін часто не мають достатніх знань та досвіду для ефективної інтеграції екологічних аспектів у свої курси. Це може призводити до поверхневого висвітлення екологічних питань або подання їх у спосіб, який не викликає зацікавленості у студентів. Зокрема, екологічні аспекти авіаційної техніки можуть залишатися поза увагою під час вивчення конструкції літаків, двигунобудування, аеродинаміки та інших ключових дисциплін. Для подолання цієї проблеми необхідно проводити спеціалізовані тренінги для викладачів, розробляти методичні матеріали, що містять приклади екологічно орієнтованих технічних рішень, а також сприяти міждисциплінарному підходу, який інтегруватиме екологічні знання у навчальні програми.

Недостатність ресурсів для екологічної освіти також є значним викликом. У багатьох авіаційних навчальних закладах бракує сучасного обладнання, програмного забезпечення, лабораторій та інших інструментів, що дозволяють студентам проводити дослідження або моделювати екологічні сценарії у сфері авіації. Відсутність доступу до сучасних технологій, таких як програмне забезпечення для аналізу викидів, системи моделювання життєвого циклу авіаційних матеріалів або лабораторне обладнання для дослідження альтернативних палив, обмежує можливості практичного навчання. Це, своєю чергою, не сприяє формуванню у студентів реалістичного уявлення про вплив авіаційної галузі на довкілля та шляхів його мінімізації.

Вирішення цих проблем потребує комплексного підходу, що включає оновлення навчальних програм, залучення міжнародного досвіду, впровадження цифрових технологій у навчальний процес, розширення можливостей партнерства з авіаційними компаніями та екологічними організаціями. Інвестування у розвиток екологічної освіти дозволить майбутнім інженерам-механікам бути готовими до викликів сталого розвитку авіаційної галузі та сприяти екологічно відповідальним технічним рішенням.

Екологічна свідомість майбутніх авіаційних інженерів-механіків формується внаслідок взаємодії когнітивного, емоційного та поведінкового компонентів, які визначають їхнє сприйняття впливу авіаційної діяльності на довкілля та здатність до екологічно відповідальних дій. Особливістю цього процесу є необхідність врахування специфіки їхньої професійної діяльності, яка значною мірою впливає на стан екосистем через рівень шкідливих викидів, використання матеріалів та енергетичну ефективність авіаційної техніки.

Розглянуті методи формування екологічної свідомості, такі як інтеграція екологічної тематики у навчальні програми, застосування активних методів навчання, проєктна діяльність, симуляції, використання інформаційних технологій та міждисциплінарний підхід, підтверджують ефективність комплексного підходу до екологічного виховання. Важливим є залучення студентів до практичної та науково-дослідницької діяльності у сфері авіаційної екології, що дозволяє не лише поглиблювати їхні знання, але й формувати навички екологічно відповідальної поведінки.

Водночас процес формування екологічної свідомості стикається з низкою викликів. Серед основних проблем – брак мотивації у студентів до вивчення екологічних аспектів авіаційної техніки, обмеженість ресурсів для екологічної освіти, недостатній рівень кваліфікації викладачів у сфері екологічної безпеки та складність екологічних проблем, які потребують системного мислення.

Для ефективного формування екологічної свідомості майбутніх авіаційних інженерів необхідно запроваджувати системний підхід, який включає оновлення навчальних програм із впровадженням екологічних аспектів у професійні дисципліни, підвищення кваліфікації викладачів, створення ресурсного забезпечення (сучасних лабораторій, програмного забезпечення, навчальних матеріалів) та активне залучення студентів до екологічно орієнтованої діяльності. Важливим аспектом є також створення мотиваційного середовища, яке сприятиме усвідомленню значущості

екологічної відповідальності в авіаційній галузі та її інтеграції у професійну діяльність майбутніх фахівців.

Експериментальне дослідження проводилось на базі Української державної льотної академії протягом 2022 – 2024 років. Взяли участь 16 курсантів, що здобувають вищу освіту за ОПП Технічне обслуговування та ремонт повітряних суден та авіадвигунів. Тестування для першокурсників складалось з двох етапів: на першому етапі – перед початком вивчення дисципліни – визначалась наявність базових знань (перевірка логіки, загальні знання, критичне мислення); на другому етапі – після вивчення дисципліни – повторно проводився попередній тест і додатково, окремим тестом, перевірялись рівень специфічних знань і аналітичних навичок (Додатки Г, Д). Тестування з дисципліни «Опір матеріалів» проводилось двічі (на початку та наприкінці вивчення дисципліни) та було спрямоване лише на виявлення специфічних знань, оскільки брали участь здобувачі третього року навчання (Додаток Е).

Розглянемо результати впровадження моделі інтегрованого навчання майбутніх авіаційних інженерів-механіків на прикладі вивчення дисциплін «Метрологія, стандартизація та сертифікація» (студенти першого року навчання, ОПП Технічне обслуговування та ремонт повітряних суден та авіадвигунів) та «Опір матеріалів» (студенти третього року навчання, ОПП Технічне обслуговування та ремонт повітряних суден та авіадвигунів).

Запроваджена модель інтегрованого навчання майбутніх авіаційних інженерів-механіків передбачає комплексне поєднання технічних, екологічних і нормативно-правових аспектів. Реалізація цієї моделі на прикладі дисципліни «Метрологія, стандартизація та сертифікація» дозволяє студентам не лише опанувати методи вимірювань, стандартизації та сертифікації авіаційної техніки, але й сформувати екологічну свідомість через вивчення впливу сертифікаційних норм на зменшення шкідливих викидів та екологічну безпеку авіаційних технологій (Додаток Б).

Інтеграція екологічних аспектів у дисципліну «Метрологія, стандартизація та сертифікація» сприяє формуванню системного мислення у майбутніх авіаційних інженерів-механіків. Поєднання теоретичної підготовки, практичних занять та цифрових технологій дозволяє студентам не лише розуміти важливість метрологічного забезпечення, але й усвідомлювати його вплив на безпеку, ефективність та екологічну стійкість авіаційної галузі. Реалізація цієї моделі підвищує рівень компетентності фахівців, що здатні впроваджувати інноваційні підходи до сертифікації та стандартизації у сфері авіаційного транспорту.

За результатами вивчення дисципліни «Метрологія, стандартизація та сертифікація» відповідно до програми реалізації моделі (Додаток Б) перевірка наявності базових знань (логіки, критичного мислення), виявила таку динаміку (табл. 3.2, рис. 3.2):

Таблиця 3.2 – Динаміка рівня базових знань до та після впровадження моделі інтегрованого навчання майбутніх авіаційних інженерів-механіків

Рівні базових знань	До абс. / відн., %	Після абс. / відн., %	Динаміка абс. / відн., %
Вище базового рівня	4 / 25	10 / 63	+6 / +38
Базовий рівень	5 / 31	6 / 37	+1 / +6
Нижче базового рівня	7 / 44	0 / 0	-7 / -44
Всього	16 / 100	16 / 100	

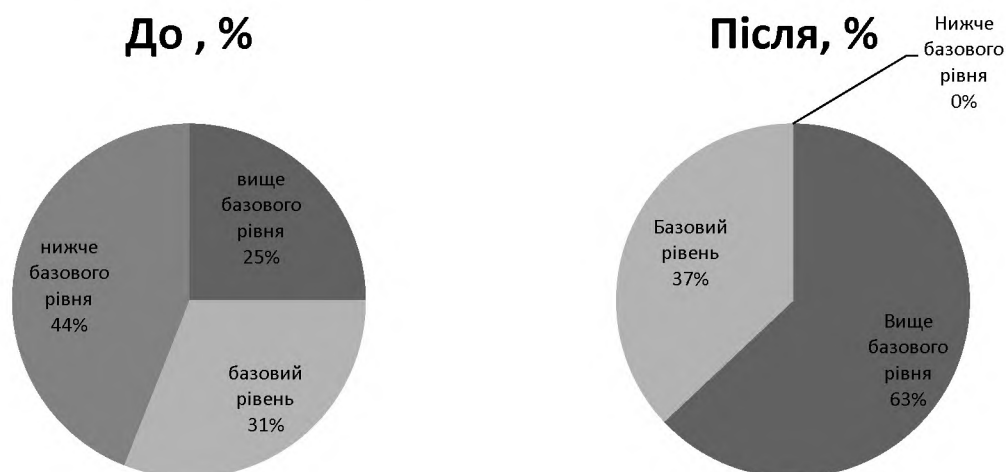


Рисунок 3.2 – Наявність базових знань з дисципліни «Метрологія, стандартизація та сертифікація» до та після впровадження моделі інтегрованого навчання, %

За діагностуванням специфічних знань, отримано результати, висвітлені у таблиці та на діаграмі (табл. 3.3, рис. 3.3).

Таблиця 3.3 – Динаміка рівня специфічних знань до та після впровадження моделі інтегрованого навчання майбутніх авіаційних інженерів-механіків

Рівні специфічних знань	Теоретичні знання	Практичні навички	Аналітичні компетентності
	Кількість абс. / відн., %	Кількість абс. / відн., %	Кількість абс. / відн., %
Високий	12 / 75	10 / 63	11 / 69
Достатній	3 / 19	2 / 12	3 / 19
Середній	1 / 6	4 / 25	2 / 12
Низький	0 / 0	0 / 0	0 / 0
Всього	16 / 100	16 / 100	16 / 100



Рисунок 3.3 – Розподіл майбутніх інженерів-механіків за рівнями розвитку специфічних знань

Результати тестування засвідчили ефективність інтегрованого підходу до навчання, що поєднує метрологічні, стандартизаційні та сертифікаційні аспекти з екологічною складовою. Аналіз динаміки рівня базових знань студентів (табл. 3.2, рис. 3.2) виявив значне покращення після впровадження моделі інтегрованого навчання. Зокрема, кількість студентів, що мають рівень знань вище базового, зросла на 38%, а тих, що демонстрували рівень нижче базового, більше не зафіксовано. Це підтверджує, що впровадження міждисциплінарного підходу сприяє підвищенню загального рівня підготовки студентів.

Результати діагностування специфічних знань (табл. 3.3, рис. 3.3) свідчать про високий рівень сформованості теоретичних знань, практичних навичок та аналітичних компетентностей. Найкращі показники зафіксовані в категорії теоретичних знань, де 75% студентів досягли високого рівня. У сфері практичних навичок цей показник становить 63%, а у розвитку аналітичних компетентностей – 69%. Відсутність студентів із низьким рівнем знань також підтверджує позитивний вплив запропонованої методики.

Отримані результати демонструють, що використання інтегрованої моделі навчання сприяє глибшому розумінню метрологічних процесів, підвищенню рівня критичного мислення та аналітичних навичок у студентів. Такий підхід дозволяє майбутнім авіаційним інженерам-механікам ефективніше застосовувати сучасні методи контролю якості, оцінювати вплив авіаційної техніки на довкілля та впроваджувати інноваційні рішення у сфері стандартизації. Це підкреслює доцільність подальшого використання інтегрованого підходу у викладанні технічних дисциплін в авіаційній галузі.

Запропонована модель інтегрованого навчання майбутніх авіаційних інженерів-механіків передбачає поєднання технічних знань із екологічними аспектами авіаційної діяльності. Реалізація цієї моделі на прикладі дисципліни «Опір матеріалів» дозволяє студентам не лише оволодіти фундаментальними інженерними навичками, але й формувати екологічну свідомість через аналіз впливу вибору матеріалів на довкілля та ресурсозбереження (Додаток В).

Реалізація моделі інтегрованого навчання в курсі «Опір матеріалів» дозволяє не лише підвищити якість підготовки майбутніх авіаційних інженерів-механіків, але й розвинути їхню екологічну відповідальність. Завдяки інтеграції екологічних аспектів у вивчення матеріалів студенти набувають комплексного розуміння взаємозв'язку між вибором матеріалів, технічною безпекою літаків і впливом на довкілля. Це сприяє формуванню професійної компетентності фахівців, які можуть впроваджувати інноваційні, екологічно безпечні рішення в авіаційній галузі.

За діагностуванням специфічних знань до та після вивчення дисципліни, отримано результати, висвітлені у таблиці та на діаграмі (табл. 3.4, рис. 3.4).

Таблиця 3.4 – Динаміка рівня специфічних знань до та після впровадження моделі інтегрованого навчання майбутніх авіаційних інженерів-механіків

Рівні знань	Теоретичні знання		Динаміка, %	Практичні навички		Динаміка, %	Аналітичні компетентності		Динаміка, %
	Кількість абс. / відн., %			Кількість абс. / відн., %			Кількість абс. / відн., %		
	до	після		до	після		до	після	
Високий	1 / 6	5 / 31	+25	4 / 25	6 / 37	+12	4 / 25	7 / 44	+19
Достатній	4 / 25	8 / 50	+25	2 / 13	7/ 44	+31	2 / 13	6 / 37	+24
Середній	8 / 50	2 / 13	-37	6 / 37	2 / 13	-24	6 / 37	2 / 13	+24
Низький	3 / 19	1 / 6	-13	4 / 25	1 / 6	-19	4 / 25	1 / 6	-19
Всього	16 / 100	16 / 100		16 / 100	16 / 100		16 / 100	16 / 100	

Результати експерименту підтверджують ефективність запропонованої моделі інтегрованого навчання майбутніх авіаційних інженерів-механіків. Порівняльний аналіз рівня знань студентів до та після впровадження інтегрованого підходу свідчить про позитивну динаміку засвоєння як теоретичного матеріалу, так і практичних навичок та аналітичних компетентностей.

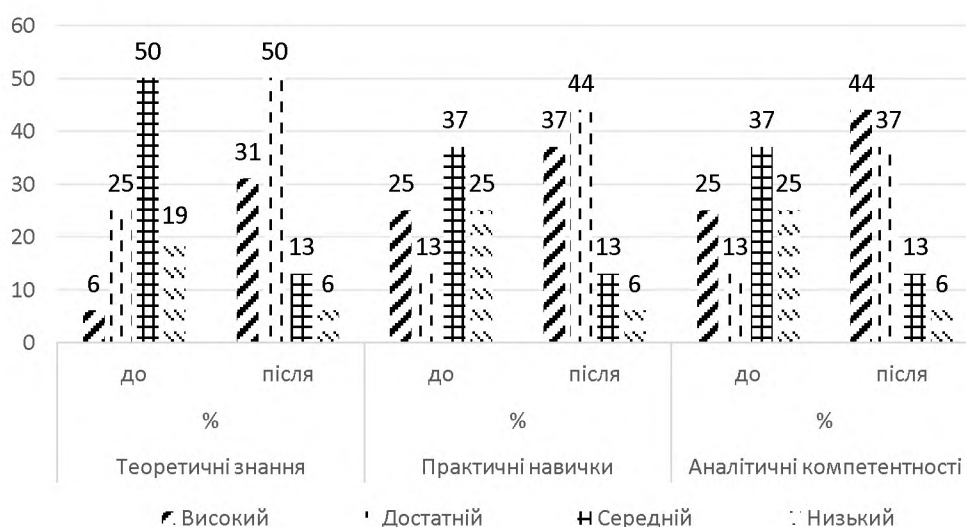


Рисунок 3.4 – Розподіл майбутніх інженерів-механіків за рівнями розвитку специфічних знань

Згідно з отриманими даними (табл. 3.4, рис. 3.4), після реалізації моделі кількість студентів із високим рівнем теоретичних знань зросла з 6% до 31%, що демонструє покращення на 25%. Аналогічне зростання спостерігається у категоріях практичних навичок (+12%) та аналітичних компетентностей (+19%). Водночас відбулося суттєве зниження кількості студентів із середнім і низьким рівнем знань, що вказує на ефективність використання інтегрованого підходу у навчальному процесі.

Особливе значення має збільшення частки студентів із достатнім рівнем знань: у теоретичному блоці з 25% до 50%, у практичних навичках з 13% до 44%, а в аналітичних компетентностях з 13% до 37%. Це свідчить про якісне засвоєння матеріалу більшістю студентів та розширення їхньої здатності до аналізу й застосування отриманих знань.

Негативна динаміка спостерігається лише в категорії середнього рівня знань, що пояснюється переходом студентів до груп із вищими рівнями компетентності. Зокрема, частка студентів із середнім рівнем у теоретичних знаннях знизилася на 37%, у практичних навичках – на 24%, а в аналітичних компетентностях – на 24%. Також зменшилася частка студентів із низьким рівнем знань, що свідчить про ефективність нової моделі навчання у підвищенні загального рівня підготовки.

Отримані результати підтверджують, що впровадження інтегрованого підходу в дисципліну «Опір матеріалів» сприяє не лише покращенню професійних знань, але й розвитку екологічної свідомості студентів. Завдяки акценту на аналізі екологічного впливу матеріалів майбутні авіаційні інженери-механіки отримують комплексну підготовку, що включає як технічну експертизу, так і здатність до прийняття екологічно відповідальних рішень.

Таким чином, інтеграція екологічних аспектів у навчальний процес дозволяє не тільки підвищити рівень знань студентів, а й сприяє формуванню відповідального підходу до вибору матеріалів та конструкцій в авіаційній

інженерії. Це підтверджує доцільність подальшого впровадження запропонованої моделі в освітній процес інших технічних дисциплін.

Обробка результатів експерименту методами математичної статистики, що підтвердила достовірність позитивних змін в процесі впровадження моделі інтегрованого навчання майбутніх інженерів-механіків, наведена у додатках (Додаток Ж).

Висновки до розділу 3

У третьому розділі розглянуто розробку та впровадження моделі інтегрованого навчання майбутніх авіаційних інженерів-механіків, що базується на сучасних концепціях освіти, міждисциплінарних зв'язках, екологічній свідомості та практичній спрямованості підготовки фахівців.

Результати дослідження підтверджують ефективність запропонованої моделі інтегрованого навчання майбутніх авіаційних інженерів-механіків, яка поєднує технічну підготовку з екологічними аспектами авіаційної діяльності. Впровадження цієї моделі дозволило не лише підвищити рівень теоретичних знань і практичних навичок студентів, але й сформувати їхню екологічну свідомість та аналітичне мислення.

Аналіз динаміки рівня знань студентів показав позитивні зміни після інтеграції екологічних аспектів у навчальний процес. Зокрема, спостерігається зростання частки студентів із високим рівнем теоретичних знань (з 6% до 31%), практичних навичок (з 25% до 37%) та аналітичних компетентностей (з 25% до 44%). Водночас зменшилася кількість студентів із середнім та низьким рівнем знань, що свідчить про ефективність нових методичних підходів у навчанні.

Особливе значення має поєднання теоретичної підготовки, практичних занять та використання цифрових технологій, що забезпечує комплексний

підхід до формування професійних компетентностей. Отримані результати засвідчують, що запропонована модель сприяє підвищенню рівня підготовки фахівців, здатних впроваджувати інноваційні підходи до сертифікації, стандартизації та технічного обслуговування авіаційної техніки з урахуванням екологічних стандартів. Обробка результатів експерименту методами математичної статистики підтвердила достовірність позитивних змін у процесі навчання.

Таким чином, інтеграція екологічних аспектів у систему підготовки майбутніх авіаційних інженерів-механіків є важливим фактором формування конкурентоспроможних фахівців, які володіють сучасними знаннями та навичками для забезпечення сталого розвитку авіаційної галузі. Подальше вдосконалення цієї моделі може сприяти підвищенню якості професійної підготовки та відповідати сучасним вимогам авіаційної індустрії.

Впровадження інтегрованої моделі навчання дозволить підготувати фахівців нового покоління, здатних не лише ефективно вирішувати технічні завдання, а й усвідомлено підходити до зменшення негативного впливу авіації на довкілля.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У роботі проведено теоретичний аналіз сучасних підходів до підготовки авіаційних інженерів-механіків, визначено особливості інтегрованого навчання та його значення для формування професійних компетентностей. Розглянуто світові тенденції розвитку авіаційної освіти, міжнародні стандарти сертифікації та вимоги до професійної підготовки фахівців. Обґрунтовано необхідність включення екологічної складової у навчальний процес, що відповідає сучасним вимогам сталого розвитку авіаційної галузі. Визначено ключові напрями інтегрованого навчання, які передбачають міждисциплінарний підхід, цифровізацію освітнього процесу, застосування активних методів навчання та формування екологічної відповідальності.

Представлено концепцію моделі інтегрованого навчання майбутніх авіаційних інженерів-механіків. Окреслено її основні компоненти, зокрема: поєднання технічних дисциплін з екологічними аспектами, використання інноваційних технологій навчання, впровадження практико-орієнтованих методик. Детально проаналізовано методи реалізації моделі, включаючи проєктне навчання, симуляційні технології, кейс-методи та лабораторні дослідження. Визначено роль інтегрованого підходу у розвитку критичного мислення, аналітичних компетентностей та екологічної свідомості студентів.

Дослідження підтвердило актуальність та ефективність моделі інтегрованого навчання майбутніх авіаційних інженерів-механіків, яка базується на поєднанні технічної підготовки, екологічної свідомості та сучасних освітніх технологій. Проведений аналіз наукових джерел засвідчив, що інтегроване навчання сприяє комплексному засвоєнню матеріалу, підвищенню мотивації студентів і формуванню аналітичного мислення. Особливо важливим є впровадження екологічної складової у підготовку фахівців, що відповідає тенденціям сталого розвитку авіаційної галузі.

Запропонована модель інтегрованого навчання включає міждисциплінарний підхід, використання активних методів навчання, цифрових технологій і впровадження екологічних стандартів у професійну підготовку студентів. Її основними компонентами є поєднання технічних дисциплін з екологічними аспектами, впровадження практико-орієнтованих методів навчання, формування екологічної відповідальності та критичного мислення.

Експериментальна перевірка моделі дозволила отримати статистично значущі результати, які підтвердили її ефективність. Порівняльний аналіз рівня знань студентів до та після навчання за інтегрованою моделлю продемонстрував підвищення рівня теоретичних знань, практичних навичок та аналітичних компетентностей, а також зменшення кількості студентів з низьким рівнем підготовки. Інтеграція екологічних аспектів у навчальний процес сприяла формуванню екологічної відповідальності студентів, що проявилось у підвищенні інтересу до екологічних стандартів авіаційної діяльності, аналізу впливу технічних рішень на навколишнє середовище та впровадження екологічно безпечних технологій.

Розроблена модель може бути використана у навчальних закладах, що здійснюють підготовку авіаційних інженерів-механіків, для вдосконалення освітнього процесу та забезпечення відповідності міжнародним стандартам (ICAO, EASA). Вона сприятиме підготовці висококваліфікованих фахівців, здатних вирішувати актуальні технічні та екологічні виклики. Перспективними напрямками подальших досліджень є адаптація моделі для інших технічних спеціальностей, поглиблений аналіз впливу інтегрованого навчання на професійну діяльність випускників та розробка цифрових платформ для підтримки інтегрованого навчання. Отримані результати підтверджують ефективність запропонованої моделі та її доцільність для використання в системі підготовки авіаційних інженерів-механіків, що дозволить забезпечити відповідність навчального процесу сучасним вимогам авіаційної галузі та екологічної безпеки.

СПИСОК ВИКОРИСАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Авіація та екологія: тенденції розвитку / за ред. В. І. Жернова. Київ: Наукова думка, 2021. 328 с.
2. Аксенов Г. В. Теорія міцності матеріалів: навч. посіб. Харків: ХАІ, 2019. 276 с.
3. Андреева Т. Т., Дзюбенко О. В. Формування екологічної свідомості у здобувачів вищої освіти в реаліях сьогодення: теоретичний аспект. *Professional Education: Methodology, Theory and Technologies*. 2020. № 11. С. 67–81.
4. Баташова С. М. Основи моделювання освітніх процесів. Київ: Освіта, 2020. 312 с.
5. Бендера І. М. Інтеграція міждисциплінарних підходів у підготовці інженерів. Дніпро: ДНУ, 2018. 278 с.
6. Бочковська А. Сталій розвиток суспільства в Україні. *Геополітика України: історія і сучасність: збірник наукових праць*. Вип. 1 (20). / ред. кол.: І. В. Артьомов (гол. ред.) та ін. Ужгород: ДВНЗ «УжНУ», 2018. С. 144 –152. DOI: 10.24144/2078-1431.2018.1(20).
7. Воєвода А. Л. Методологічні основи формування професійних компетентностей. Львів: ЛНУ, 2017. 295 с.
8. Волошок О. Екологічна свідомість студентської молоді та шляхи її формування. *Вісник Львівського університету. Серія психологічні науки*. 2020. Випуск 6. С. 32–37.
9. Гуревич Р. С. Професійна підготовка авіаційних фахівців у сучасних умовах. Київ: НАУ, 2020. 340 с.
10. Державна програма розвитку авіаційної галузі України на 2021–2025 роки / Кабінет Міністрів України. Київ, 2021.
11. Доценко Н., Курепін В. Онлайн засоби навчання як інструмент цифрової трансформації інженерної освіти. *Traditions and new scientific*

strategies in the context of global transformation of society. Chapter «Pedagogical sciences». 2024. Т. 2. С. 49 – 90.

12. ДСТУ ISO 9001:2015. Системи управління якістю. Вимоги. [Чинний від 1994-07-01]. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016.

13. Жернов В. І. Освітні технології в авіаційній інженерії. Харків: ХАІ, 2019. 310 с.

14. Заболотна М. О. Формування екологічної компетентності успішного фахівця за допомогою методу проектів. *Екологічна культура особистості. З досвіду роботи закладів фахової передвищої освіти: метод. реком.* Київ: Науково-методичний центр вищої та фахової передвищої освіти, С. 3 – 6.

15. Калібрування та метрологічний контроль у авіаційній сфері / під ред. О. М. Кузьменко. Київ: Техніка, 2022. 256 с.

16. Колошко Ю. В. Впровадження технологій інформаційної екології у вищій освіті. *Збірник матеріалів Всеукраїнської конференції з проблем вищої освіти з міжнародною участю «Екологічно орієнтована вища освіта. Методологія та практика – 2023»*. 27 жовтня 2023 року. № 1. С. 39 – 43.

17. Костюк Д. А. Моделювання професійної підготовки інженерів. Одеса: ОНУ, 2018. 299 с.

18. Кузьменко О. М. Екологічні стандарти в авіаційній промисловості. Харків: ХАІ, 2021. 284 с.

19. Купрієнко В. І. Методи математичного моделювання у авіації. Київ: Наукова думка, 2017. 320 с.

20. Лавніков О. А., Лесик А. С. Інтегративний підхід у системі вищої освіти: поняття і особливості. *Вісник університету імені Альфреда Нобеля. Серія «Педагогіка і психологія». Педагогічні науки*. 2020. № 1 (19). С. 195 – 199.

21. Левченко С. Ю. Стандартизація та сертифікація авіаційної техніки. Дніпро: ДНУ, 2019. 256 с.

22. Матійків І. М. Адаптація екологічних стандартів у підготовці інженерів-механіків. Львів: ЛНУ, 2020. 310 с.
23. Методика оцінки ризиків в авіаційній інженерії / уклад. Ю. В. Фролов. Одеса: ОНУ, 2021. 280 с.
24. Метрологія, стандартизація та сертифікація / під ред. І. О. Грязнова. Київ: Освіта, 2020. 310 с.
25. Механіка матеріалів: посібник для студентів авіаційних спеціальностей / В. І. Григоренко. Харків: ХАІ, 2017. 372 с.
26. Міжнародні екологічні стандарти в авіації / за ред. В. П. Андрієнка. Київ: НАУ, 2019. 290 с.
27. Павленко І. Г., Алексєєва О. Р. Екологічна свідомість студентів як психолого-педагогічний феномен і основа сталого розвитку суспільства: сутність, структура, компоненти. *Міжнародний науковий журнал «Грааль науки»*. 2020. № 37. С. 319–325.
28. Падун Н. О., Падун А. О. Інтегроване навчання як міждисциплінарна проблема. *Наукові записки НДУ ім. М. Гоголя. Психолого-педагогічні науки*. 2017. № 2. С. 26 – 31.
29. Підручник з авіаційної метрології / під ред. С. А. Павленко. Київ: УкрНДІ, 2021. 285 с.
30. Про вищу освіту : Закон України від 01.07.2014 р. № 1556-VII. *Відомості Верховної Ради України*. 2014. № 37-38. Ст. 2004.
31. Про затвердження Авіаційних правил України «Підтримання льотної придатності повітряних суден та авіаційних виробів, компонентів і обладнання та схвалення організацій і персоналу, залучених до виконання цих завдань»: наказ Державіаслужби України від 12 червня 2020 року № 123. URL: https://avia.gov.ua/wp-content/uploads/2020/06/avia_rules.pdf (дата звернення: 30.11.2024).
32. Про концепцію екологічної освіти в Україні: затверджено рішенням Колегії Міністерства освіти і науки України від 20 грудня 2001 року № 13/6-

19. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v6-19290-01#Text> (дата звернення: 01.12.2024).

33. Про метрологію та метрологічну діяльність : Закон України від 05.06.2014 р. № 1314-VII. *Відомості Верховної Ради України*. 2014. № 30. Ст. 1008.

34. Програма екологічної сертифікації авіаційних підприємств / ICAO Environmental Standards. Монреаль, 2021.

35. Ріо-де-Жанейрська декларація з навколишнього середовища та розвитку. URL: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/declarations/riodecl.shtml (дата звернення: 18.11.2024).

36. Роль метрологічного контролю в авіаційній техніці / за ред. А. В. Коломійця. Харків: ХАІ, 2022. 268 с.

37. Сергачова В. Е. Особливості розвитку екологічної свідомості майбутніх юристів. *Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія Психологічні науки*. 2018. Т. 2, № 3. С. 192 – 197.

38. Сертифікація персоналу авіаційного транспорту / уклад. Л. П. Гончаренко. Київ: Техніка, 2019. 290 с.

39. Сертифікація продукції за стандартами ISO 14001 / уклад. Є. В. Трофімов. Дніпро: ДНУ, 2020. 243 с.

40. Стандартизація авіаційної продукції / за ред. В. І. Ляшенка. Київ: Освіта, 2021. 275 с.

41. Сучасні методи оцінки авіаційної безпеки / за ред. В. В. Самсонова. Харків: ХАІ, 2020. 285 с.

42. Технічне обслуговування повітряних суден / уклад. Ю. М. Горбенко. Київ: НАУ, 2022. 325 с.

43. Томчук М., Томчук С. Розвиток екологічної свідомості студентів інформаційними засобами. *Науковий вісник Вінницької академії безперервної освіти. Серія «Педагогіка. Психологія»*. 2022. № 1. С. 39 – 50.

44. Точність вимірювань у авіації / під ред. О. І. Мельника. Дніпро: ДНУ, 2019. 260 с.
45. Фролов Ю. В. Контроль параметрів авіаційних матеріалів. Одеса: ОНУ, 2018. 272 с.
46. Харазішвілі Ю. М., Бугайко Д. О., Ляшенко В. І. Сталий розвиток авіаційного транспорту України: стратегічні сценарії та інституційний супровід: монографія / за ред. Ю. М. Харазішвілі; НАН України, Ін-т економіки пром-сті. Київ: [б. в.], 2022. 276 с.
47. Черновол Н. М. Педагогічні умови формування екологічної компетентності майбутніх інженерів у процесі технологічних практик. *Вісник Національної академії Державної прикордонної служби України. Педагогічні науки*. 2010. № 3.
48. Штофф В. І. Основи методології моделювання. Київ: Освіта, 2021. 289 с.
49. Climate Statement 2024. URL: <https://p-airnz.com/cms/assets/air-new-zealand-2024-climate-statement.pdf> (дата звернення: 01.12.2024).
50. Responsibility. URL: <https://www.lufthansagroup.com/en/responsibility/climate-environment.html#our-measures> (дата звернення: 01.12.2024).
51. Sustainability Report 2021/2022. URL: <https://www.qatarairways.com/content/dam/documents/environmental/sustainability-report-2021-2022.pdf> (дата звернення: 01.12.2024).
52. ASTM D1655-19. Standard Specification for Aviation Turbine Fuels. West Conshohocken: ASTM, 2019. URL: <https://www.astm.org/d1655-19.html> (дата звернення: 01.08.2024).
53. EASA CS-25. Certification Specifications for Large Aeroplanes. Brussels: EASA, 2019. URL: <https://www.easa.europa.eu/document-library/certification-specifications/cs-25> (дата звернення: 10.09.2024).

54. EASA CS-E. Certification Specifications for Engines. Brussels: EASA, 2021. URL: <https://www.easa.europa.eu/document-library/certification-specifications/cs-e> (дата звернення: 10.09.2024).
55. EASA Environmental Report 2021. Brussels: EASA, 2021. URL: <https://www.easa.europa.eu/document-library/general-publications/environmental-report-2021> (дата звернення: 10.09.2024).
56. EASA Part-147. Approved Training Organizations. Brussels: EASA, 2021. URL: <https://www.easa.europa.eu/document-library/regulations/part-147> (дата звернення 10.09.2024).
57. EASA Part-66. Regulations for Aviation Maintenance Engineers. Brussels: EASA, 2019. URL: <https://www.easa.europa.eu/document-library/regulations/part-66> (дата звернення: 10.09.2024).
58. FAA Advisory Circular 43.13-1B. Acceptable Methods, Techniques, and Practices – Aircraft Inspection and Repair. Washington: FAA, 2018. URL: https://www.faa.gov/regulations_policies/advisory_circulars/index.cfm/go/document.information/documentID/99861 (дата звернення: 11.10.2024).
59. FAA Part 147. Aviation Maintenance Technician Schools. Washington: FAA, 2021. URL: https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory_Circular/AC_147-3B.pdf (дата звернення: 11.10.2024).
60. IATA Annual Review 2022. Montreal: IATA, 2022. URL: <https://www.iata.org/en/publications/annual-review/> (дата звернення: 10.10.2024).
61. IATA Fuel Efficiency Report 2021. Montreal: IATA, 2021. URL: <https://www.iata.org/en/publications/store/fuel-efficiency/> (дата звернення: 10.10.2024).
62. ICAO Annex 1. Personnel Licensing. Монреаль: ICAO, 2020. URL: <https://www.icao.int/safety/licensing/pages/default.aspx> (дата звернення: 17.01.2025).

63. ICAO Annex 6. Operation of Aircraft. Монреаль: ICAO, 2021. URL: <https://www.icao.int/safety/ops/annex6/pages/default.aspx> (дата звернення: 02.02.2025).
64. ICAO Doc 10013. Manual on Certification of Aerodromes. Montreal: ICAO, 2020. URL: <https://www.icao.int/publications/pages/doc10013.aspx> (дата звернення: 02.02.2025).
65. ICAO Doc 10109. Manual on Civil Aviation Cybersecurity. Montreal: ICAO, 2021. URL: <https://www.icao.int/security/cybersecurity/pages/default.aspx> (дата звернення: 02.02.2025).
66. ICAO Doc 9379. Контроль якості в авіаційній галузі. Монреаль: ICAO, 2018. URL: <https://www.icao.int/publications/pages/doc9379.aspx> (дата звернення: 02.02.2025).
67. ISO 14001:2015. Environmental management systems. Requirements. Geneva: ISO, 2015. URL: <https://www.iso.org/standard/60857.html> (дата звернення: 22.01.2025).
68. ISO 17025:2017. General requirements for the competence of testing and calibration laboratories. Geneva: ISO, 2017. URL: <https://www.iso.org/standard/66912.html> (дата звернення: 22.01.2025).
69. ISO 9001:2015. Quality management systems – Requirements. Geneva: ISO, 2015. URL: <https://www.iso.org/standard/62085.html> (дата звернення: 22.01.2025).

ДОДАТКИ

Додаток А

Витяг з навчального плану для вступників 2021/2022 навчального року
Галузь знань 27 Транспорт
Спеціальність 272 Авіаційний транспорт
ОПП Технічне обслуговування та ремонт авіаційної техніки та
авіадвигунів
Освітній ступінь – бакалавр

Таблиця А.1

Назва дисципліни	Розподіл за семестрами	Кількість кредитів ЄКТС
Цикл загальної (гуманітарної та соціально-економічної) підготовки		
Історія авіації	1	3
Ділова українська мова	1, 2	4
Іноземна мова (англійська)	1, 2	6
Психологія	1	3
Економічна теорія	1	3
Культурологія, етика та естетика	1	2
Соціологія та політологія	2	3
Філософія	2	3
Разом за циклом загальної підготовки	1 – 2	27
Цикл професійної підготовки		
Транспорт і транспортна інфраструктура	1	3
Вища математика	1, 2, 3	9
Фізика	1, 2	6
Фізична та психофізіологічна підготовка	1, 2	4
Технічна механіка	2	3
Метрологія, стандартизація та сертифікація	2	3
Інформаційні системи та технології	2	3
Безпека життєдіяльності та охорона праці в авіації	2	2
Вступ до фаху	3	2
Основи авіаційної географії, метеорології та екології	3	3
Основи аеронавігації та авіаційної картографії	3	3
Основи електротехніки та електроніки	3	3
Основи наукових досліджень в авіації	7	3
Управління проектами у сфері авіаційного транспорту	8	3
Опір матеріалів	5	3
Термодинаміка	3	3
Конструкція та міцність літальних апаратів	4, 5, 6	9
Конструкція та міцність поршневих двигунів	4, 5	6
Теорія теплових двигунів	3	4
Конструкція та міцність газотурбінних двигунів	5, 6, 7	9
Гвинт	4	3
Організаційне забезпечення авіаційної діяльності	7	3
Функціональні системи повітряних суден	5, 6	6
Технічне обслуговування повітряних суден	7, 8	6
Управління безпекою польотів	6	3
Основи надійності авіаційної техніки	5	3
Дефектологія та неруйнівні методи контролю	8	3

Продовження Таблиці А.1

Комп'ютерні системи забезпечення життєвого циклу ПС	6	3
Основи проектування, виробництва та ремонту ПС	5	3
Авіаційна хімія	4	3
Інженерна графіка	4	3
Основи аеродинаміки та динаміки польоту	4	3
Матеріалознавство	4	3
Авіаційна наземна техніка	4	3
Системи технологій цивільної авіації	6	3
Системи автоматизованого керування енергетичними установками та авіаційними двигунами	7	3
Сертифікація персоналу і організація ТО АТ	6	3
Разом за циклом професійної підготовки	1 ... 8	141
Цикл практичної підготовки		
Навчальна практика	2	3
Виробнича практика	4, 6, 8	9
Разом за циклом практичної підготовки	2, 4, 6, 8	12
Вибіркові дисципліни – 16 дисциплін	3 ... 8	60
Всього за циклами підготовки бакалавра	1 ... 8	240

Витяг з навчального плану для вступників 2022/2023 навчального року
Галузь знань 27 Транспорт
Спеціальність 272 Авіаційний транспорт
ОПП Технічне обслуговування та ремонт авіаційної техніки та
авіадвигунів
Освітній ступінь – бакалавр

Таблиця А.2

Назва дисципліни	Розподіл за семестрами	Кількість кредитів ЄКТС
Цикл загальної (гуманітарної та соціально-економічної) підготовки		
Історія авіації	1	3
Ділова українська мова	1, 2	4
Іноземна мова (англійська)	1, 2	6
Психологія	1	3
Економічна теорія	1	3
Культурологія, етика та естетика	1	2
Фізична та психофізіологічна підготовка	1, 2	4
Соціологія та політологія	2	3
Філософія	2	3
Разом за циклом загальної підготовки	1 – 2	31
Цикл професійної підготовки		
Транспорт і транспортна інфраструктура	1	3
Вища математика	1, 2, 3	9
Фізика	1, 2	6

Продовження Таблиці А.2

Технічна механіка	2	3
Метрологія, стандартизація та сертифікація	2	3
Інформаційні системи та технології	2	3
Безпека життєдіяльності та охорона праці в авіації	2	2
Вступ до фаху	3	2
Основи авіаційної географії, метеорології та екології	3	3
Основи аеронавігації та авіаційної картографії	3	3
Основи електротехніки та електроніки	3	3
Основи наукових досліджень в авіації	7	3
Управління проектами у сфері авіаційного транспорту	8	3
Літальні апарати та основи теорії польоту	3	2
Основи права та авіаційного законодавства	3	2
Системи технологій цивільної авіації	7	3
Управління безпекою польотів	8	3
Організаційне забезпечення авіаційної діяльності	8	3
Англійська мова професійного спрямування	3 ... 8	18
Матеріалознавство	4	3
Теорія механізмів і машин	4	3
Деталі машин	4	3
Авіоніка	5	3
Основи проектування, виробництва та ремонту ПС	4	3
Конструкція та міцність літальних апаратів	4, 5, 6	6
Конструкція та міцність поршневих двигунів	5	3
Конструкція та міцність газотурбінних двигунів	6, 7	4
Функціональні системи повітряних суден	5, 6	6
Технічна діагностика	6, 7	6
Методи та засоби діагностування	6	3
Дефектологія та неруйнівні методи контролю	8	3
Технічне обслуговування повітряних суден	7, 8	6
Ремонт повітряних суден і авіадвигунів	7	3
Людський фактор в експлуатації авіаційної техніки	5	2
Системи автоматизованого керування повітряними суднами та авіадвигунами	7	3
Разом за циклом професійної підготовки	1 ... 8	137
Цикл практичної підготовки		
Навчальна практика	2	3
Виробнича практика	4, 6, 8	9
Разом за циклом практичної підготовки	2, 4, 6, 8	12
Вибіркові дисципліни – 24 дисципліни	3 ... 8	60
Всього за циклами підготовки бакалавра	1 ... 8	240

Продовження Додатку А

Витяг з навчального плану для вступників 2022/2023 навчального року
Галузь знань 27 Транспорт
Спеціальність 272 Авіаційний транспорт
ОПП Технічне обслуговування та ремонт авіаційної техніки та
авіадвигунів
Освітній ступінь – бакалавр

Таблиця А.3

Назва дисципліни	Розподіл за семестрами	Кількість кредитів ЄКТС
Цикл загальної (гуманітарної та соціально-економічної) підготовки		
Історія авіації	1	3
Ділова українська мова	1, 2	4
Іноземна мова (англійська)	1, 2	6
Психологія	1	3
Економічна теорія	1	3
Культурологія, етика та естетика	1	2
Фізична та психофізіологічна підготовка	1, 2	4
Соціологія та політологія	2	3
Філософія	2	3
Разом за циклом загальної підготовки	1 – 2	31
Цикл професійної підготовки		
Транспорт і транспортна інфраструктура	1	3
Вища математика	1, 2, 3	9
Фізика	1, 2	6
Технічна механіка	2	3
Метрологія, стандартизація та сертифікація	2	3
Інформаційні системи та технології	2	3
Безпека життєдіяльності та охорона праці в авіації	2	2
Вступ до фаху	3	2
Основи авіаційної географії, метеорології та екології	3	3
Основи аеронавігації та авіаційної картографії	3	3
Основи електротехніки та електроніки	3	3
Основи наукових досліджень в авіації	7	3
Управління проектами у сфері авіаційного транспорту	8	3
Літальні апарати та основи теорії польоту	3	2
Основи права та авіаційного законодавства	3	2
Системи технологій цивільної авіації	7	3
Управління безпекою польотів	8	3
Організаційне забезпечення авіаційної діяльності	8	3
Англійська мова професійного спрямування	3 ... 8	18
Матеріалознавство	4	3
Теорія механізмів і машин	4	3
Деталі машин	4	3
Авіоніка	5	3

Продовження таблиці А.3

Основи проектування, виробництва та ремонту ПС	4	3
Конструкція та міцність літальних апаратів	4, 5, 6	6
Конструкція та міцність поршневих двигунів	5	3
Конструкція та міцність газотурбінних двигунів	6, 7	4
Функціональні системи повітряних суден	5, 6	6
Технічна діагностика	6, 7	6
Методи та засоби діагностування	6	3
Дефектологія та неруйнівні методи контролю	8	3
Технічне обслуговування повітряних суден	7, 8	6
Ремонт повітряних суден і авіадвигунів	7	3
Людський фактор в експлуатації авіаційної техніки	5	2
Системи автоматизованого керування повітряними суднами та авіадвигунами	7	3
Разом за циклом професійної підготовки	1 ... 8	137
Цикл практичної підготовки		
Навчальна практика	2	3
Виробнича практика	4, 6, 8	9
Разом за циклом практичної підготовки	2, 4, 6, 8	12
Вибіркові дисципліни – 24 дисципліни	3 ... 8	60
Всього за циклами підготовки бакалавра	1 ... 8	240

Додаток Б

План реалізації моделі інтегрованого навчання на прикладі дисципліни «Метрологія, стандартизація та сертифікація»

Запроваджена модель інтегрованого навчання майбутніх авіаційних інженерів-механіків передбачає комплексне поєднання технічних, екологічних і нормативно-правових аспектів. Реалізація цієї моделі на прикладі дисципліни «Метрологія, стандартизація та сертифікація» дозволяє студентам не лише опанувати методи вимірювань, стандартизації та сертифікації авіаційної техніки, але й сформувати екологічну свідомість через вивчення впливу сертифікаційних норм на зменшення шкідливих викидів та екологічну безпеку авіаційних технологій.

1. Інтеграція екологічного компонента в курс «Метрологія, стандартизація та сертифікація»:

1.1. Теоретична підготовка. Вивчення метрології, стандартизації та сертифікації у контексті авіаційного транспорту має важливе значення для формування високої якості авіаційної техніки та її екологічної безпеки. До ключових тем, що інтегрують екологічний компонент, належать:

- Основи метрології у авіаційній галузі: точність вимірювань як фактор безпеки та екологічної ефективності авіаційних систем.
- Екологічні вимоги у стандартизації авіаційних матеріалів: використання екологічно безпечних матеріалів у авіаційній промисловості (наприклад, сертифікація композитних матеріалів для зниження ваги літаків та зменшення витрат палива).
- Сертифікація альтернативного авіаційного пального (SAF): міжнародні стандарти щодо викидів CO₂, сертифікація технологій для зменшення впливу авіації на довкілля.

- Метрологічне забезпечення систем управління безпекою польотів: роль точності вимірювань в екологічному моніторингу авіаційного транспорту.

- Глобальні та європейські екологічні стандарти в авіації: вимоги ICAO, EASA, ISO 14001, які регулюють вплив авіаційної техніки на навколишнє середовище.

1.2. Практичні заняття:

Практичне навчання дисципліни може включати лабораторні роботи, що поєднують технічні та екологічні аспекти:

- Дослідження метрологічних характеристик систем контролю викидів: вимірювання рівня шкідливих речовин у вихлопних газах авіаційних двигунів за допомогою сертифікованих методик.

- Аналіз відповідності авіаційних матеріалів екологічним стандартам: визначення складу авіаційних сплавів та їхньої відповідності нормативним вимогам щодо переробки та вторинного використання.

- Калібрування приладів для вимірювання викидів CO₂: оцінка точності датчиків моніторингу забруднення довкілля в авіаційній промисловості.

- Аналіз життєвого циклу авіаційних матеріалів: оцінка впливу використання різних сплавів та композитів на довкілля протягом усього життєвого циклу повітряного судна.

1.3. Використання цифрових технологій та симуляцій:

- Програмне забезпечення для оцінки метрологічної точності: моделювання похибок вимірювань у сертифікаційних процесах.

- Використання AR- та VR-технологій: навчання калібруванню вимірювального обладнання в умовах авіаційної лабораторії.

- Геоінформаційні системи (GIS) для аналізу впливу авіації на довкілля: моніторинг викидів та оцінка екологічного сліду авіаційних компаній.

2. Інтеграція проблемно-орієнтованого навчання (PBL) та кейс-методів:

Реалізація інтегрованого навчання можлива через виконання проєктів та аналіз реальних кейсів:

Проект 1: Сертифікація авіаційних матеріалів відповідно до екологічних стандартів.

- Завдання: Дослідити вимоги сертифікації EASA та ICAO до використання екологічно безпечних авіаційних матеріалів.

- Очікувані результати: Визначення переваг використання сертифікованих матеріалів для зниження викидів CO₂ та підвищення енергоефективності.

Проект 2: Розробка методів контролю викидів авіаційних двигунів.

- Завдання: Оцінити існуючі методики сертифікації двигунів за рівнем викидів та розробити пропозиції щодо їхнього вдосконалення.

- Очікувані результати: Визначення методів моніторингу та аналіз можливостей використання альтернативних палив у двигунах майбутнього.

Кейс-метод: Аналіз вимірювань при сертифікації альтернативного авіаційного пального (SAF):

- Завдання: Оцінити метрологічні методи перевірки відповідності біопалива стандартам ICAO та EASA.

- Очікувані результати: Визначення ключових метрологічних показників, що впливають на ефективність і екологічну безпеку альтернативного пального.

3. Оцінювання ефективності інтегрованого навчання

Ефективність реалізації моделі інтегрованого навчання в рамках дисципліни «Метрологія, стандартизація та сертифікація» може бути оцінена за такими показниками:

- Підвищення рівня академічної успішності (аналіз результатів тестів та проєктів).

- Формування екологічної відповідальності студентів (опитування, рефлексія щодо екологічного значення метрологічного забезпечення в авіації).
- Практичні навички роботи з сертифікаційними процедурами (оцінка вмінь працювати з вимірювальними системами та аналізувати нормативні документи).
- Зворотний зв'язок від авіаційних підприємств (оцінка готовності студентів до впровадження екологічно безпечних інженерних рішень).

Додаток В

План реалізації моделі інтегрованого навчання на прикладі дисципліни «Опір матеріалів»

Запропонована модель інтегрованого навчання майбутніх авіаційних інженерів-механіків передбачає поєднання технічних знань із екологічними аспектами авіаційної діяльності. Реалізація цієї моделі на прикладі дисципліни «Опір матеріалів» дозволяє студентам не лише оволодіти фундаментальними інженерними навичками, але й формувати екологічну свідомість через аналіз впливу вибору матеріалів на довкілля та ресурсозбереження.

1. Інтеграція екологічного компонента в курс «Опір матеріалів»:

1.1. Теоретична підготовка. Викладання курсу включає екологічний контекст у вивчення механічних властивостей матеріалів, їхньої міцності, жорсткості та витривалості. До основних тем, що можуть бути адаптовані під інтегроване навчання, належать:

- Основи міцності матеріалів: вивчення напружено-деформованого стану матеріалів у контексті екологічно раціонального вибору матеріалів для авіаційних конструкцій.
- Моделі руйнування матеріалів: аналіз впливу мікротріщин, корозії та інших факторів, що зменшують довговічність авіаційної техніки. Розгляд екологічних аспектів корозії та способів її мінімізації.
- Оптимізація маси конструкцій: оцінка міцності та вагових характеристик різних матеріалів з точки зору паливної ефективності літаків та зменшення викидів CO₂.
- Альтернативні матеріали: порівняльний аналіз традиційних металів (алюмінієві, титанові сплави) та новітніх композитних матеріалів (вуглецеві, керамічні композити) з урахуванням їхнього впливу на навколишнє середовище.

1.2. Практичні заняття. Практична складова дисципліни «Опір матеріалів» дозволяє студентам застосовувати теоретичні знання для вирішення конкретних інженерних завдань. У межах реалізації моделі інтегрованого навчання лабораторні роботи можуть включати:

- Дослідження механічних властивостей матеріалів: тестування міцності авіаційних матеріалів (алюмінієвих сплавів, титану, вуглецевих композитів) та аналіз їхнього потенційного вторинного використання.
- Аналіз залишкових напружень та втомного руйнування: оцінка впливу навантажень на тріщиноутворення та довговічність конструкцій, що впливає на ефективність використання матеріалів.
- Оптимізація конструкцій за критерієм екологічної ефективності: моделювання навантажень на конструкції з різних матеріалів та визначення найкращого вибору з урахуванням ваги, витрат матеріалу та екологічного впливу.
- Випробування авіаційних сплавів та композитів: порівняння їх міцності, корозійної стійкості та ресурсу служби.

1.3. Використання цифрових технологій та симуляцій:

- Програмне моделювання: застосування сучасних програм для аналізу напружено-деформованого стану матеріалів, прогнозування втомного руйнування та оцінки можливості повторного використання матеріалів у літакобудуванні.
- VR- та AR-технології: візуалізація поведінки матеріалів під навантаженням, аналіз тріщиноутворення та можливості використання біосумісних матеріалів.
- Екологічні калькулятори: оцінка викидів CO₂ при виробництві та утилізації матеріалів, аналіз життєвого циклу авіаційних конструкцій.

2. Інтеграція проблемно-орієнтованого навчання (PBL) та кейс-методів:

Для підвищення практичної значущості курсу студенти можуть працювати над проєктами та кейсами, які мають екологічне та технічне значення:

Проект 1: Вибір матеріалів для нової конструкції авіаційного крила.

- Завдання: Порівняти традиційні алюмінієві сплави з вуглецевими композитами та оцінити їхній вплив на масу літака, витрати пального та екологічну безпеку.

- Очікувані результати: Розрахунок навантажень, визначення терміну служби матеріалу, оцінка викидів CO₂ у виробничому процесі.

Проект 2: Оптимізація технічного обслуговування літальних апаратів через використання новітніх матеріалів.

- Завдання: Дослідити можливість застосування наноматеріалів або самовідновлюваних покриттів для захисту конструкцій від корозії та механічних пошкоджень.

- Очікувані результати: Аналіз ефективності інноваційних матеріалів, оцінка їхньої вартості та впливу на навколишнє середовище.

Кейс-метод: Аналіз руйнування конструктивних елементів літака через втомне навантаження

Студенти досліджують реальні випадки аварій та технічних несправностей, пов'язаних із втомним руйнуванням матеріалів, та пропонують шляхи підвищення надійності конструкцій.

3. Оцінювання результативності інтегрованого навчання:

Ефективність впровадження інтегрованої моделі навчання у рамках дисципліни «Опір матеріалів» може оцінюватися за такими критеріями:

- Рівень академічної успішності студентів (аналіз результатів тестів, контрольних робіт).

- Оцінка сформованості екологічної свідомості (опитування, рефлексія студентів щодо впливу авіаційної галузі на довкілля).

- Практичні навички (рівень володіння технічним аналізом, уміння працювати з реальними матеріалами та сучасними інструментами моделювання).

- Зворотний зв'язок від авіаційних підприємств (оцінка готовності студентів до роботи в умовах сучасних вимог авіаційної галузі).

Додаток Г

Тест 1. Базові питання. Метрологія, стандартизація та сертифікація

1. Яке із наведених визначень найкраще описує слово «вимірювання»?
 - a) Порівняння фізичної величини з її еталоном
 - b) Випадковий процес визначення числа
 - c) Аналіз точності технічного процесу
 - d) Вигаданий спосіб оцінки параметрів
2. Чому у міжнародній торгівлі важливо мати єдині стандарти?
 - a) Щоб уникати плутанини у вимірюваннях
 - b) Щоб кожна країна могла встановлювати свої власні вимоги
 - c) Щоб зменшити виробничі витрати
 - d) Для покращення кліматичних умов
3. Яке із зазначених понять НЕ пов'язане з метрологією?
 - a) Калібрування
 - b) Гравітація
 - c) Точність
 - d) Похибка
4. При виробництві деталей для авіаційної техніки необхідно дотримуватись стандартів. Що може статися, якщо цього не зробити?
 - a) Поліпшиться якість продукції
 - b) Вироби можуть не відповідати вимогам безпеки
 - c) Літак стане більш економічним
 - d) Це не матиме жодного впливу
5. Яка з наведених метрологічних характеристик приладу описує здатність давати однакові результати при повторних вимірюваннях?
 - a) Точність
 - b) Відтворюваність
 - c) Чутливість
 - d) Похибка
6. Що таке сертифікація продукції?
 - a) Перевірка відповідності продукції встановленим стандартам
 - b) Ліцензія на продаж товарів
 - c) Процес тестування нового виробу

продовження Додатку Г

- d) Документальне оформлення виробничих витрат
7. Що є основною метою калібрування вимірювального приладу?
- a) Визначення його точності та коригування
 - b) Визначення його вартості
 - c) Підготовка приладу до утилізації
 - d) Випробування на ударостійкість
8. В авіаційній галузі метрологія відіграє ключову роль у:
- a) Контролі точності вимірювань під час виробництва і експлуатації техніки
 - b) Поліпшенні швидкості польоту літаків
 - c) Визначенні дизайну салону літака
 - d) Проведенні тестувань пального
9. Що визначає міжнародний стандарт ISO 9001?
- a) Систему управління якістю
 - b) Мінімальну вагу авіаційних конструкцій
 - c) Оптимальні розміри літаків
 - d) Середню вартість метрологічного контролю
10. Яка метрологічна служба контролює відповідність вимірювань міжнародним стандартам?
- a) Національний інститут стандартів та технологій (NIST)
 - b) NASA
 - c) Airbus Group
 - d) Boeing

Таблиця Г.1 – Інтерпретація результатів

Рівень компетентності	Діапазон балів	Інтерпретація результатів
Високий рівень	9 – 10 балів	Студент чудово орієнтується в основах метрології, сертифікації та стандартизації. Має ґрунтовні знання про роль метрології в авіаційній галузі.
Достатній рівень	7 – 8 балів	Студент має добрі знання, проте допускає окремі неточності. Рекомендується звернути увагу на деталі метрологічних процесів та стандартів.
Середній рівень	5 – 6 балів	Базові знання сформовані, однак необхідне повторне опрацювання теми метрології, сертифікації та ролі міжнародних стандартів.
Низький рівень	0 – 4 бали	Студент має слабкі знання з метрології, не орієнтується у стандартах. Потрібно додаткове вивчення основ метрології та практичних аспектів авіаційної сертифікації.

Додаток Д

Тест для виявлення специфічних знань. Метрологія, стандартизація та сертифікація

Блок 1: Теоретичні знання

1. Яке основне завдання метрології в авіаційній галузі?

- а) Контроль якості матеріалів
- б) Оцінка надійності вимірювань
- в) Визначення стійкості конструкції
- г) Аналіз експлуатаційних характеристик

2. Які міжнародні організації регулюють стандартизацію в авіації?

- а) IATA, ISO, NASA
- б) ICAO, EASA, ISO
- в) FAA, WHO, EASA
- г) Європейський парламент, NASA, ISO

3. Що таке альтернативне авіаційне паливо (SAF)?

- а) Бензин із покращеними характеристиками
- б) Біопаливо, що відповідає авіаційним стандартам
- в) Модифікований вид гасу
- г) Атомне паливо для літаків

Блок 2: Практичні навички

4. Виберіть правильний порядок калібрування вимірювального обладнання:

- а) Встановлення – перевірка нульової точки – вимірювання – тестування
- б) Налаштування – тестування – визначення похибок – сертифікація
- в) Вимірювання – сертифікація – калібрування – тестування
- г) Встановлення – сертифікація – перевірка нульової точки – тестування

5. Який метод використовується для оцінки впливу авіації на довкілля?

- а) Геоінформаційні системи (GIS)
- б) Лабораторне тестування на двигунах

Продовження Додатку Д

- в) Візуальний аналіз
- г) Програмне забезпечення для планування польотів

6. Чому важливо калібрувати прилади для вимірювання викидів CO₂?

- а) Для корекції похибок та забезпечення точності
- б) Щоб уникнути необхідності сертифікації
- в) Для підвищення економічності літаків
- г) Для зменшення вартості обслуговування

Блок 3: Аналітичні компетентності

7. Ви отримали дані про рівень викидів двигуна авіаційного судна. Який перший крок у їх аналізі?

- а) Визначити, чи відповідають вони нормативним стандартам
- б) Перевірити точність даних через повторне вимірювання
- в) Внести дані в таблицю та розрахувати середнє значення
- г) Скласти звіт для сертифікаційного органу

8. Як можна оптимізувати сертифікацію нових авіаційних матеріалів?

- а) Використовувати цифрові методи аналізу та тестування
- б) Прискорити процес випробувань, скоротивши кількість тестів
- в) Використовувати лише внутрішні стандарти авіакомпаній
- г) Мінімізувати кількість екологічних критеріїв

Таблиця Д.1 – Інтерпретація результатів

Рівень компетентності	Діапазон балів	Інтерпретація результатів
Високий рівень	7 – 8 балів	Студент добре орієнтується у метрології, екологічних аспектах та сертифікації в авіаційній галузі. Володіє практичними навичками оцінки впливу авіації на довкілля та методами аналізу викидів.
Достатній рівень	5 – 6 балів	Студент має загальне розуміння процесів сертифікації, екологічної безпеки та метрології, проте потребує додаткового опрацювання окремих питань щодо практичних методів оцінки впливу авіації.
Середній рівень	3 – 4 бали	Базові знання сформовані, але студент має труднощі у застосуванні практичних методів та аналітичних підходів у метрології. Рекомендується повторне опрацювання основних принципів та стандартів.
Низький рівень	0 – 2 бали	Студент не орієнтується в основних поняттях метрології, сертифікації та екологічних аспектах авіації. Необхідне суттєве доопрацювання теоретичних і практичних аспектів дисципліни.

Додаток Е

Тест для перевірки специфічних знань з дисципліни «Опір матеріалів»

Блок 1: Теоретичні знання

1. Яке визначення найбільш точно описує поняття «напруження» в матеріалі?
 - a) Відношення внутрішньої сили до площі поперечного перерізу
 - b) Сила, що діє на тіло ззовні
 - c) Здатність матеріалу чинити опір зовнішнім навантаженням
 - d) Максимальна сила, яку може витримати матеріал
2. Що таке модуль Юнга?
 - a) Величина, що характеризує здатність матеріалу до пружної деформації
 - b) Коефіцієнт тертя між матеріалами
 - c) Показник пластичності матеріалу
 - d) Відношення маси до об'єму матеріалу
3. Який вид напружень виникає у балці при її згині?
 - a) Нормальні напруження
 - b) Дотичні напруження
 - c) Комбіновані напруження
 - d) Рівномірні напруження
4. Яка величина визначає межу пропорційності в діаграмі деформації матеріалу?
 - a) Модуль пружності
 - b) Границя пружності
 - c) Коефіцієнт Пуассона
 - d) Лінійне подовження
5. Який матеріал є більш екологічним для авіаційних конструкцій?
 - a) Титанові сплави
 - b) Алюмінієві сплави з можливістю вторинної переробки
 - c) Полімерні матеріали, що не підлягають вторинній переробці
 - d) Сталь із високою щільністю

Продовження Додатку Е

Блок 2: Практичні навички

6. Який із методів використовується для визначення механічних характеристик матеріалу експериментально?
- a) Метод гідродинамічного аналізу
 - b) Метод випробувань на розтяг
 - c) Метод електромагнітного зондування
 - d) Метод теплового аналізу
7. Який прилад використовується для випробування матеріалів на розтяг?
- a) Динамометр
 - b) Гідравлічний прес
 - c) Оптичний спектрометр
 - d) Ультразвуковий товщиномір
8. Чому важливо враховувати екологічний фактор при виборі матеріалу для авіаційних конструкцій?
- a) Зменшення ваги конструкцій сприяє зниженню витрат пального та викидів CO₂
 - b) Використання екологічних матеріалів покращує аеродинаміку літаків
 - c) Вторинна переробка матеріалів не має впливу на довкілля
 - d) Чим важчий матеріал, тим екологічно безпечніше його виробництво
9. Який основний чинник слід враховувати під час випробувань матеріалу на кручення?
- a) В'язкість матеріалу
 - b) Поперечний момент інерції
 - c) Коефіцієнт лінійного розширення
 - d) Границя міцності
10. Чому авіаційна галузь приділяє особливу увагу екологічній сертифікації матеріалів?
- a) Для зниження впливу авіації на зміну клімату
 - b) Щоб зменшити собівартість виробництва

Продовження Додатку Е

- с) Щоб уникати штрафів міжнародних організацій
- д) Екологічна сертифікація не є обов'язковою

Блок 3: Аналітичні компетентності

11. Ви отримали дані про рівень викидів CO₂ літаків з різними типами конструкційних матеріалів. Який перший крок у їх аналізі?
- а) Визначити, чи відповідають вони нормативним стандартам
 - б) Перевірити точність даних через повторне вимірювання
 - с) Внести дані в таблицю та розрахувати середнє значення
 - д) Скласти звіт для сертифікаційного органу
12. Як можна зменшити вплив авіаційних конструкцій на довкілля?
- а) Використання композитних матеріалів із меншою щільністю
 - б) Використання сталі замість легких сплавів
 - с) Збільшення використання пластмаси в конструкціях
 - д) Використання матеріалів із високою густиною
13. Авіакомпанія вирішує використовувати біокомпозитні матеріали для зниження викидів CO₂. Які переваги це може дати?
- а) Зменшення ваги конструкцій
 - б) Покращення паливної ефективності літаків
 - с) Зменшення використання природних ресурсів
 - д) Усі вищезазначені

Таблиця Е.1 – Інтерпретація результатів

Рівень компетентності	Діапазон балів	Інтерпретація результатів
Високий рівень	11 – 13 балів	Студент добре орієнтується в основах опору матеріалів, екологічних аспектах авіаційних конструкцій та має розвинені аналітичні навички. Може самостійно застосовувати отримані знання для вирішення практичних задач.
Достатній рівень	8 – 10 балів	Студент має достатнє розуміння ключових концепцій, однак потребує додаткового закріплення матеріалу та практичного застосування екологічних аспектів.
Середній рівень	5 – 7 балів	Студент володіє загальними знаннями з дисципліни, але допускає помилки у складніших питаннях, що потребує додаткової підготовки.
Низький рівень	0 – 4 бали	Студент демонструє недостатній рівень знань, має труднощі у застосуванні технічних понять, екологічних аспектів та аналітичних підходів. Необхідне повторне вивчення матеріалу та практичні вправи.

Додаток Ж

Розрахунки статистичних даних, отриманих в результаті експерименту

Для визначення достовірності показників розподілу за рівнями специфічних знань до та після впровадження моделі інтегрованого навчання майбутніх авіаційних інженерів-механіків ми застосували χ^2 -критерій Пірсона, спрямований на зіставлення двох емпіричних розподілів тієї самої ознаки. Сутність методу полягає у визначенні ступеня відхилення (розбіжності) відповідних частот n_i і n'_i : чим більша розбіжність, тим більше значення $\chi^2_{\text{емп}}$. Загальна формула для розрахунку χ^2 -критерію Пірсона така:

$$\chi^2_{\text{емп}} = \frac{1}{n \cdot n'} \sum_i \frac{\sqrt{\frac{n_i}{n + n'} - \frac{n'_i}{n'}}}{n_i + n'_i}$$

n_i – обсяг вибірки i -тої категорії за станом визначеної властивості, у нашому випадку групи на початку експерименту; n'_i – обсяг вибірки i -тої категорії за станом визначеної властивості (у кінці експерименту).

Підрахунок кількості ступенів свободи обчислюємо за формулою:

$$k = m - 1, \text{ де } m - \text{кількість розрядів ознаки.}$$

Нульова гіпотеза H_0 полягає в тому, що два розподіли майже не різняться (практично однакові); альтернативна гіпотеза H_1 – суттєва розбіжність між розподілами.

Спочатку ми застосовуємо χ^2 -критерій до порівняння результатів групи на початку та в кінці експерименту (отримання базових знань до і після вивчення дисципліни «Метрологія, стандартизація та сертифікація»).

$$\chi^2_{\text{емп}} = \frac{1}{16 \cdot 16} \left(\sqrt{\frac{\frac{7}{16+16} - \frac{0}{16}}{16+16}} + \sqrt{\frac{\frac{5}{16+16} - \frac{10}{16}}{16+16}} + \sqrt{\frac{\frac{4}{16+16} - \frac{6}{16}}{16+16}} \right) = 9,07.$$

За таблицею критичних точок χ^2 – розподілу для рівня значущості 0,05 та числа ступенів свободи $k=3-1=2$, знаходимо $\chi^2_{кр}$. У нашому випадку критична точка $\chi^2_{кр} (0,05;2)=5,99$. Тобто $\chi^2_{кр} < \chi^2_{емп.} (5,99 < 9,07)$. Це означає, що нульова гіпотеза не підтверджена; правильно те, що розбіжність між розподілами велика й достовірна. Проведений експеримент продемонстрував значне зростання базових знань у майбутніх інженерів-механіків.

Аналогічно застосовуємо χ^2 - критерій для порівняння результатів групи на початку та в кінці експерименту (отримання специфічних знань до і після вивчення дисципліни «Опір матеріалів»). Проведемо розрахунки окремо за блоками: теоретичні знання, практичні навички, аналітичні компетентності.

Отже, за теоретичними знаннями:

$$\chi^2_{емп} = \frac{1}{16 \cdot 16} \left(\frac{\sqrt{\frac{3}{16+16} - \frac{1}{16}}}{16+16} + \frac{\sqrt{\frac{8}{16+16} - \frac{2}{16}}}{16+16} + \frac{\sqrt{\frac{4}{16+16} - \frac{8}{16}}}{16+16} + \frac{\sqrt{\frac{1}{16+16} - \frac{5}{16}}}{16+16} \right) = 11,65.$$

За практичними навичками:

$$\chi^2_{емп} = \frac{1}{16 \cdot 16} \left(\frac{\sqrt{\frac{4}{16+16} - \frac{1}{16}}}{16+16} + \frac{\sqrt{\frac{6}{16+16} - \frac{2}{16}}}{16+16} + \frac{\sqrt{\frac{2}{16+16} - \frac{7}{16}}}{16+16} + \frac{\sqrt{\frac{4}{16+16} - \frac{6}{16}}}{16+16} \right) = 8,01.$$

За аналітичними компетентностями:

$$\chi^2_{емп} = \frac{1}{16 \cdot 16} \left(\frac{\sqrt{\frac{4}{16+16} - \frac{1}{16}}}{16+16} + \frac{\sqrt{\frac{6}{16+16} - \frac{2}{16}}}{16+16} + \frac{\sqrt{\frac{2}{16+16} - \frac{6}{16}}}{16+16} + \frac{\sqrt{\frac{4}{16+16} - \frac{7}{16}}}{16+16} \right) = 8,19.$$

У цих випадках число ступенів свободи $k=4-1=3$, знаходимо $\chi^2_{кр}$.

Критична точка $\chi^2_{кр} < \chi^2_{емп.}$: $7,81 < 11,65$; $7,81 < 8,01$; $7,81 < 8,19$ означає, що нульова гіпотеза не прийнятна по трьом категоріям. Правильна альтернативна гіпотеза H_1 , згідно з якою розбіжність між розподілами велика й достовірна. Результати проведеного експерименту засвідчили, що в здобувачів освіти зріс рівень специфічних знань.