МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ РОБОТОТЕХНІКИ ТА ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

ЗАТВЕРДЖУЮ
Декан факультету
_____ Анатолій ТКАЧУК
«28» серпня 2026 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ
Перший проректор
_____ Надія КОВАЛЬЧУК
«29» серпня 2026 р.

СИЛАБУС

з освітнього компонента «Бортова апаратура керування автономними безпілотними системами»

ступінь вищої освіти – бакалавр

галузь знань – 17 Електроніка, автоматизація та електронні комунікації

спеціальність – 174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка

освітня програма – Системи керування безпілотними апаратами

Кафедра автоматизації та безпілотних систем

Силабус склав(ла) доцент (ПП) кафедри автоматизації та безпілотних систем, к.т.н., доцент Леся ФЕДІК

Силабус затверджений на засіданні кафедри автоматизації та безпілотних систем, протокол № 1а від «28» серпня 2026 р.

Завідувач кафедри к.т.н., доцент Лариса ГУМЕНЮК

Розглянуто та схвалено групою забезпечення освітньої програми «Системи керування безпілотними апаратами», протокол № 1а від «28» серпня 2026 р.

Гарант ОП «Системи керування безпілотними апаратами» к.т.н., доцент Віктор ДЕНИСЮК

Схвалено науково-методичною радою університету, протокол № 1/а від «29» серпня 2026 р.

Затверджений силабус онлайн:
https://e.lntu.edu.ua/syllabus/3027

Луцьк – 2026

СИЛАБУС ОСВІТНЬОГО КОМПОНЕНТА «Бортова апаратура керування автономними безпілотними системами»

Освітня програма	Системи керування безпілотними апаратами
Галузь знань / Спеціальність	17 Електроніка, автоматизація та електронні комунікації / 174 Автоматизація, комп’ютерно-інтегровані технології та робототехніка
Рівень вищої освіти	перший (бакалаврський)
Статус дисципліни	вибіркова
Мова викладання	українська
Обсяг	5 кредитів ECTS / 150 годин
Форма контролю	залік
Викладач(і)	к.т.н., доцент Леся ФЕДІК

1. Мета і завдання дисципліни

Мета: формування у здобувачів вищої освіти системи теоретичних знань і практичних навичок щодо принципів побудови, функціонування, взаємодії та застосування апаратних засобів керування автономними безпілотними системами, зокрема бортових обчислювальних пристроїв, сенсорної апаратури, навігаційних модулів, інтерфейсів обміну даними та виконавчих механізмів, а також здатності аналізувати їхню структуру, оцінювати функціональні характеристики й забезпечувати узгоджену роботу в складі бортової системи керування.

Завдання: 1. Вивчення принципів побудови, архітектури та функціонування бортових систем керування автономними безпілотними системами;
2. Засвоєння призначення, будови та принципів роботи бортових обчислювальних пристроїв, сенсорів і навігаційних модулів;
3. Вивчення інтерфейсів, бортових шин і засобів обміну даними між компонентами безпілотної системи;
4. Формування вмінь аналізувати взаємодію апаратних компонентів, оброблення сенсорних даних і реалізацію керувальних впливів;
5. Набуття практичних навичок аналізу, інтеграції, перевірки працездатності та оцінювання надійності бортової апаратури.

Пререквізити: вища математика, фізика, електротехніка та електроніка, комп'ютерні технології та програмування, надійність та діагностування автоматизованих виробничих систем, автоматизований привід технологічних систем, теорія автоматичного керування, технічні засоби автоматизації, виконавчі та регулюючі механізми, мікропроцесорна техніка та промислові контролери

2. Компетентності

СК02 — Здатність застосовувати знання фізики, електротехніки, електроніки і мікропроцесорної техніки, в обсязі, необхідному для розуміння процесів в системах автоматизації та комп’ютерно-інтегрованих технологіях.

СК04 — Здатність застосовувати методи системного аналізу, математичного моделювання, ідентифікації та числові методи для розроблення математичних моделей окремих елементів та систем автоматизації в цілому, для аналізу якості їх функціонування із використанням новітніх комп’ютерних технологій.

СК05 — Здатність обґрунтовувати вибір технічних засобів автоматизації на основі розуміння принципів їх роботи аналізу їх властивостей, призначення і технічних характеристик з урахуванням вимог до системи автоматизації і експлуатаційних умов; налагоджувати технічні засоби автоматизації та системи керування.

СК06 — Здатність використовувати для вирішення професійних завдань новітні технології у галузі автоматизації та комп’ютерно-інтегрованих технологій, зокрема, проектування багаторівневих систем керування, збору даних та їх архівування для формування бази даних параметрів процесу та їх візуалізації за допомогою засобів людиномашинного інтерфейсу.

СК07 — Здатність обґрунтовувати вибір технічної структури та вміти розробляти прикладне програмне забезпечення для мікропроцесорних систем керування на базі локальних засобів автоматизації, промислових логічних контролерів та програмованих логічних матриць і сигнальних процесорів.

СК09 — Здатність вільно користуватись сучасними комп’ютерними та інформаційними технологіями для вирішення професійних завдань, програмувати та використовувати прикладні та спеціалізовані комп’ютерно-інтегровані середовища для вирішення задач автоматизації.

3. Структура дисципліни, розподіл годин, зв'язок тем з компетентностями

№	Назва теми	**Лекції** денна/ заочна	**Практ./ Семін./ лаб** денна/ заочна	**Самост. робота** денна/ заочна	**Разом**	**Методи навчання**	**Методи оцінювання**	**СК**
Змістовий модуль 1. Основи та функціональні підсистеми бортової апаратури автономних безпілотних систем								
1	Тема 1. Вбудовані системи та архітектура бортової системи керування БПЛА	2/0,5	2/2,5	6/9	10/12	МН1, МН2	МО7	СК02, СК05, СК07, СК09
2	Тема 2. Сенсори та джерела інформації бортової системи керування БПЛА	2/0,5	2/0,25	6/9	10/9,75	МН1, МН2	МО7	СК02, СК05, СК09
3	Тема 3. Взаємодія та інтеграція компонентів бортової системи керування БПЛА	2/0,5	2/0,25	6/9	10/9,75	МН1, МН2	МО7	СК05, СК06, СК07, СК09
4	Тема 4. Бортові обчислювальні системи БПЛА	2/0,5	2/0,25	6/9	10/9,75	МН1, МН2	МО7	СК02, СК05, СК07, СК09
5	Тема 5. Бортові комп’ютери та системи реального часу	2/0,5	2/0,25	6/9	10/9,75	МН1, МН2	МО7	СК02, СК05, СК06, СК07, СК09
6	Тема 6. Інтерфейси та бортові шини	2/0,5	2/0,25	6/9	10/9,75	МН1, МН2	МО7	СК02, СК05, СК06, СК07, СК09
7	Тема 7. Сенсорна апаратура	2/0,5	2/0,25	6/9	10/9,75	МН1, МН2	МО7	СК02, СК05, СК09

№	Назва теми	**Лекції** денна/ заочна	**Практ./ Семін./ лаб** денна/ заочна	**Самост. робота** денна/ заочна	**Разом**	**Методи навчання**	**Методи оцінювання**	**СК**
8	Тема 8. Інерціальні системи та IMU	2/0,5	2/0,25	6/9	10/9,75	МН1, МН2	МО4, МО7	СК02, СК04, СК05, СК09
Змістовий модуль 2. Інтегровані системи, надійність та інтелектуальні технології автономних безпілотних систем								
9	Тема 9. Виконавчі механізми та системи приводу БПЛА	2/0,5	2/0,25	6/9	10/9,75	МН1, МН2	МО7	СК02, СК05, СК07
10	Тема 10. Навігаційні системи та визначення орієнтації БПЛА	2/0,25	2/0,25	6/9	10/9,5	МН1, МН2	МО7	СК02, СК04, СК05, СК06, СК09
11	Тема 11. Автопілот та організація автоматичного польоту	2/0,25	2/0,25	6/9	10/9,5	МН1, МН2	МО7	СК04, СК05, СК06, СК07, СК09
12	Тема 12. Надійність та відмовостійкість бортових систем БПЛА	2/0,25	2/0,25	6/9	10/9,5	МН1, МН2	МО7	СК04, СК05, СК06, СК09
13	Тема 13. Діагностика та технічний стан бортової апаратури	2/0,25	2/0,25	6/10	10/10,5	МН1, МН2	МО7	СК04, СК05, СК06, СК09
14	Тема 14. Інтелектуальні функції та штучний інтелект	2/0,25	2/0,25	6/10	10/10,5	МН1, МН2	МО7	СК04, СК06, СК07, СК09
15	Тема 15. Групове застосування та координація БПЛА	2/0,25	2/0,25	6/10	10/10,5	МН1, МН2	МО4, МО7, МО9	СК04, СК06, СК07, СК09
	Разом	**30/6**	**30/6**	**90/138**	**150/150**			

Легенда: СК — спеціальна (фахова) компетентність (номер за п. 2). Повне формулювання кожного коду наводиться в ОП / стандарті спеціальності.

Методи навчання: МН1 — словесний метод (лекція, дискусія, співбесіда тощо); МН2 — практичний метод (лабораторні та практичні заняття).

Методи оцінювання: МО4 — тестування; МО7 — презентації результатів виконаних завдань та досліджень; МО9 — залік.

4. Результати навчання

Після успішного завершення дисципліни здобувачі зможуть проєктувати, аналізувати та вдосконалювати бортові системи керування безпілотних систем із використанням сучасних інформаційних технологій та засобів автоматизації.

5. Неформальна освіта

Рекомендовані курси, тренінги, стажування та інші: результати навчання, здобуті у формальній, неформальній чи інформальній освіті, можуть бути визнані відповідно до процедур ЛНТУ. Підтвердженнями можуть бути сертифікати тематичних тренінгів, вебінарів чи онлайн-курсів разом з описом досягнутих результатів навчання та, за потреби, коротке верифікаційне завдання або портфоліо.

6. Критерії та форми контролю

Оцінювання — за 100-бальною шкалою (національна шкала / ЄКТС). Підсумковий бал = поточний контроль (40 %) + модульний контроль (60 %).

Академічна доброчесність: самостійне виконання завдань; коректне посилання на джерела; позначення частин тексту, згенерованих засобами ШІ. Порушення академічної доброчесності не толеруються.

7. Зміст тем

Тема 1. Вбудовані системи та архітектура бортової системи керування БПЛА

1. Поняття вбудованої системи
2. Архітектура бортової системи керування БПЛА
3. Характерні ознаки вбудованих систем
4. Вбудована система та універсальна обчислювальна система

Тема 2. Сенсори та джерела інформації бортової системи керування БПЛА

1. Призначення сенсорів у системі керування
2. Інерційний вимірювальний блок (IMU)
3. GNSS у системі керування БПЛА
4. Барометр як джерело даних
5. Магнітометр у системі керування
6. Інтеграція сенсорних даних

Тема 3. Взаємодія та інтеграція компонентів бортової системи керування БПЛА

1. Взаємодія мікроконтролера та навігаційних систем (GPS, INS)
2. Обмін даними між наземною станцією та БПЛА
3. Алгоритми керування у прошивці БПЛА
4. Інтеграція сенсорів та виконавчих механізмів у реальних системах

Тема 4. Бортові обчислювальні системи БПЛА

1. Поняття та структура бортової обчислювальної системи
2. Організація обчислень у бортовій системі
3. Централізована та розподілена архітектура
4. Взаємодія обчислювальних вузлів та обмін даними
5. Розподіл функцій між обчислювальними вузлами
6. Вибір структури бортової обчислювальної системи

Тема 5. Бортові комп’ютери та системи реального часу

1. Призначення бортових комп’ютерів
2. Архітектура бортового комп’ютера
4. Основні компоненти бортового комп’ютера
5. Мікроконтролер та бортовий комп’ютер
6. Система реального часу
8. Жорсткий і м’який реальний час

9. Операційна система реального часу (RTOS)
17. Бортовий комп’ютер і сенсори
19. Розподіл функцій між бортовим комп’ютером і наземною станцією
20. Надійність бортових обчислювальних систем
21. Відмовостійкість бортових обчислювальних систем
22. Розподіл обчислювальних функцій між модулями бортової системи
23. Організація програмних задач у бортовому комп’ютері
24. Основні вимоги до бортового комп’ютера

Тема 6. Інтерфейси та бортові шини

1. Призначення та класифікація бортових інтерфейсів
2. Основні характеристики бортових інтерфейсів
3. GPIO – найпростіший цифровий інтерфейс
4. UART – асинхронний послідовний інтерфейс
5. SPI – синхронний високошвидкісний інтерфейс
6. I²C – двопровідна інформаційна шина
7. Порівняння UART, SPI та I²C
8. CAN – бортова шина для взаємодії багатьох вузлів
9. Інші інтерфейси
10. Поняття інформаційної шини
11. Основні компоненти інформаційної шини
12. Топології бортових мереж
13. Синхронний та асинхронний обмін
14. Як вибирати інтерфейс для бортового пристрою
15. Інтерфейси як частина архітектури БПЛА
16. Практичний інженерний підхід
17. Типові помилки під час роботи з інтерфейсами

Тема 7. Сенсорна апаратура

1. Датчики та вимірювальні системи
2. Класифікація бортових сенсорів
3. Похибки вимірювання
4. Калібрування сенсорів
5. Надійність сенсорних систем
6. Об’єднання інформації від різних сенсорів
7. Практичний приклад
8. Основні проблеми сенсорної апаратури БП
9. Узагальнена структура сенсорної апаратури БП

Тема 8. Інерціальні системи та IMU

1. Призначення інерціальної системи БПЛА
2. Поняття інерціальної системи
3. Акселерометри
4. Гіроскопи
5. Магнітометри
6. Інерціальний вимірювальний модуль — IMU
7. Система координат БП
8. Визначення орієнтації БП
9. Необхідність комплексного використання сенсорів
10. Об’єднання даних сенсорів
11. Комплементарний фільтр — принцип роботи
12. Орієнтація та керування безпілотним апаратом
13. Основні джерела похибок інерціальних систем
14. Вібрації та інерціальний вимірювальний модуль (IMU)
15. IMU та AHRS
16. Узагальнена структура інерціальної системи БП

17. Практичний приклад
18. Порівняння основних інерціальних сенсорів

Тема 9. Виконавчі механізми та системи приводу БПЛА

1. Призначення виконавчих механізмів у бортовій системі.
2. Електродвигуни та системи електроприводу.
3. Серводвигуни та сервоприводи.
4. Пропелери: конструкція, характеристики та вибір.
5. Балансування та механічні характеристики.
6. Формування керуючого впливу виконавчими механізмами.
7. Надійність та контроль технічного стану приводів.

Тема 10. Навігаційні системи та визначення орієнтації БПЛА

1. Поняття та структура навігаційної системи БПЛА.
2. Визначення положення, швидкості та орієнтації.
3. Інерціальна навігація та її особливості.
4. GNSS/INS — інтегровані навігаційні системи.
5. Визначення кутів крену, тангажу та курсу.
6. Алгоритми оцінювання навігаційного стану.
7. Робота навігаційної системи за обмеженої або відсутньої GNSS-інформації.

Тема 11. Автопілот та організація автоматичного польоту

1. Поняття та структура автопілота.
2. Функціональні рівні автопілота.
3. Формування та виконання польотного завдання.
4. Навігаційний контур та контур керування.
5. Планування та корекція траєкторії.
6. Взаємодія автопілота з бортовими системами.
7. Контроль виконання польотного завдання.
8. Оброблення нештатних ситуацій.

Тема 12. Надійність та відмовостійкість бортових систем БПЛА

1. Поняття надійності бортової системи.
2. Основні види відмов.
3. Виявлення несправностей.
4. Діагностування бортових систем.
5. Резервування та дублювання.
6. Безпечні режими роботи.
7. Відмовостійкість сенсорів та обчислювальних систем.
8. Надійність інформаційного обміну.

Тема 13. Діагностика та технічний стан бортової апаратури

1. Поняття технічного стану бортової системи.
2. Контроль параметрів бортового обладнання.
3. Діагностика сенсорів.
4. Діагностика обчислювальних систем.
5. Контроль виконавчих механізмів.
6. Виявлення та локалізація несправностей.
7. Журнали подій та діагностична інформація.
8. Прогнозування технічного стану.

Тема 14. Інтелектуальні функції та штучний інтелект

1. Штучний інтелект у бортових системах БПЛА.
2. Машинне навчання для аналізу бортових даних.
3. Нейронні мережі на борту.
4. Комп'ютерний зір та розпізнавання об'єктів.
5. Прогнозування та виявлення аномалій.

6. Інтелектуальне планування траєкторії.
7. Edge AI та обмеження бортових обчислень.
8. Надійність та обмеження застосування ШІ.

Тема 15. Групове застосування та координація БПЛА

1. Поняття групового застосування БПЛА.
2. Архітектура групи безпілотних систем.
3. Обмін інформацією між БПЛА.
4. Координація руху.
5. Розподіл завдань.
6. Планування спільних траєкторій.
7. Виявлення та уникнення конфліктів.
8. Відмова окремого апарата та перебудова групи.
9. Переваги та обмеження групової взаємодії.

8. Опис ІЗ/КПІЗ

Не передбачено навчальним планом.

9. Загальні вимоги

Освітній процес регулюється академічними правилами ЛНТУ. Здобувачі освіти зобов’язані ознайомитися з вимогами, визначеними Кодексом академічної доброчесності ЛНТУ та Політикою етичного використання штучного інтелекту в ЛНТУ, і дотримуватися принципів академічної доброчесності та етичного використання штучного інтелекту в освітній діяльності.

Академічна доброчесність. Учасники освітнього процесу зобов’язані дотримуватися Закону України «Про академічну доброчесність» від 18.12.2025 № 4742-IX та внутрішніх нормативних документів ЛНТУ. Не допускаються академічний плагіат, фабрикація, фальсифікація, привласнення авторства, несамостійне виконання завдань, а також недоброчесне використання результатів, згенерованих штучним інтелектом.

Використання штучного інтелекту. Інструменти штучного інтелекту можуть використовуватися для пошуку ідей, пояснення методів, попереднього структурування, мовного редагування та допоміжного аналізу неконфіденційних даних, якщо конкретне завдання не передбачає повністю самостійного виконання. Здобувач освіти має зазначати використаний інструмент, мету та етап його застосування, перевіряти факти й розрахунки та самостійно обґрунтовувати висновки.

10. Література

І. Навчально-методичні матеріали та розробки

Праці автора силабуса:

1. Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології. Магістерський курс для освітньої програми «Системи керування та діагностування технологічного устаткування»: навч. посіб. Луцьк: ЛНТУ, 2025. 319 с. URL: https://repository.lntu.edu.ua/handle/123456789/3692

2. Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології. Магістерський курс: навч. посіб. / уклад.: Л. О. Гуменюк, П. О. Гуменюк, Б. О. Пальчевський, О. М. Решетило, В. О. Сацик, О. О. Смолянкін, Л. Ю. Федік; заг. ред. П. О. Гуменюка. Луцьк: ЛНТУ, 2024. 205 с. URL: https://repository.lntu.edu.ua/handle/123456789/3704

3. Конструкція безпілотних апаратів: конспект лекцій для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньої програми «Системи керування безпілотних апаратів» галузі знань 17 Електроніка, автоматизація та електронні комунікації спеціальності 174 Автоматизація, комп’ютерно-інтегровані технології та робототехніка денної та заочної форм навчання / уклад. Л. Ю. Федік, О. С. Приходько. Луцьк: ЛНТУ, 2024. 48 с.

4. Конструкції безпілотних апаратів: методичні вказівки до виконання практичних робіт для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньої програми «Системи керування безпілотних апаратів» галузі знань 17 Електроніка, автоматизація та електронні комунікації

спеціальності 174 Автоматизація, комп’ютерно-інтегровані технології та робототехніка денної та заочної форм навчання / уклад. Л. Ю. Федік, О. С. Приходько. Луцьк: ЛНТУ, 2024. 24 с.

5. Конструкції безпілотних апаратів: методичні вказівки до виконання самостійної роботи і КПІЗ для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньої програми «Системи керування безпілотних апаратів» галузі знань 17 Електроніка, автоматизація та електронні комунікації спеціальності 174 Автоматизація, комп’ютерно-інтегровані технології та робототехніка денної та заочної форм навчання / уклад. Л. Ю. Федік, О. С. Приходько. Луцьк: ЛНТУ, 2024. 32 с.

Праці інших авторів:

6. Fahlstrom P. G., Sadraey M. H., Gleason T. J. Introduction to UAV Systems. 5th ed. Hoboken: Wiley & Sons, Incorporated, John, 2022. 512 p. ISBN 9781119802624. URL: https://www.wiley.com/en-us/Introduction%20to%20UAV%20Systems,%205th%20Edition-p-9781119802624 (wiley.com in Bing) (дата звернення: 15.01.2026).

7. Integration of Unmanned Aerial Vehicles in Wireless Communication and Networks / ed. by D. N. K. Jayakody et al. Cham: Springer International Publishing, 2023. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-031-03880-8 (дата звернення: 15.01.2026).

8. Sadraey M. H. Unmanned Aircraft Design. Cham: Springer International Publishing, 2025. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-031-67795-3 (дата звернення: 15.01.2026).

9. Marshall D., Shappee E., Barnhart K. Introduction to Unmanned Aircraft Systems. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2023. 400 p. ISBN 9781315372044. URL: https://www.routledge.com/Introduction-to-Unmanned-Aircraft-Systems/Marshall-Shappee-Barnhart/p/book/9781315372044 (routledge.com in Bing) (дата звернення: 15.01.2026).

10. Panigrahi N., Tripathy S. Design Principles of Autonomous Systems: UAV, UGV, and AUV. 1st ed. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2024. 350 p. ISBN 9781032452678. DOI: https://doi.org/10.1201/9781003432685 (doi.org in Bing) (дата звернення: 15.01.2026).

11. New Technologies and Developments in Unmanned Systems / ed. by T. H. Karakoc et al. Cham: Springer International Publishing, 2023. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-031-37160-8 (дата звернення: 15.01.2026).

12. Приходько О. С., Матвійчук В. М. Використання нейронної мережі для підвищення курсової стабільності БПЛА за відсутності GNSS. Наукові нотатки: зб. наук. праць. Луцьк: ЛНТУ, 2024. Вип. 66. С. 283-286. URL: https://doi.org/10.36910/775.24153966.2023.76.24 (дата звернення: 15.01.2026).

13. Ягелюк О. О., Приходько О. С. Методика прогнозування врожайності льону-волокна та насіння за допомогою БПЛА-зйомки та автоматизованого аналізу. Наукові нотатки: зб. наук. праць. Луцьк: ЛНТУ, 2025. № 83. С. 166-171. URL: https://doi.org/10.36910/775.24153966.2025.83.26 (дата звернення: 15.01.2026).

14. Закревський В.Л., Приходько О. С. Розробка адаптивного методу керування БПЛА на основі глибокого навчання з підкріпленням та доменної рандомізації. Наукові нотатки: зб. наук. праць. Луцьк: ЛНТУ, 2024. № 84. С. 259-264. URL: https://doi.org/10.36910/775.24153966.2025.84.26 (дата звернення: 15.01.2026).

15. Komatineni B.K., Makam S., Meena S.S. A comprehensive review of the functionality and applications of unmanned aerial vehicles (UAVs) in the realm of agriculture. Journal of Electrical Systems and Information Technology, 2024. Vol. 11, article 57. DOI: https://doi.org/10.1186/s43067-024-00184-8 (дата звернення: 15.01.2026).

16. Vedrtnam, A., Negi, H., Kalauni, K. Materials and Energy-Centric Life Cycle Assessment for Drones: A Review. Journal of Composites Science, 2023, Vol. 9(4), Article 169. DOI: https://doi.org/10.3390/jcs9040169 (дата звернення: 15.01.2026).

17. Sönmez, M., Pelin, C.-E., Georgescu, M., Steleşcu, M. D., Nituica, M., Stoian, G., Alexandrescu, L., Gurău, D. Unmanned Aerial Vehicles – Composite Materials Used in Their Structure. Proceedings of ICAMS 2022: Advanced Materials and Nanomaterials. Bucharest: INCAS, 2022. URL: https://icams.ro/icamsresurse/2022/files/lucrari/I_advanced_materials_nanomaterials_11.pdf (дата

звернення: 15.01.2026).

18. Mengesha Aznaw, G. Advances in Composite Structures: A Systematic Review of Design, Performance, and Sustainability Trends. Composite Materials, 2025, Vol. 9(1), pp. 1-17. DOI: https://doi.org/10.11648/j.cm.20250901.11 (дата звернення: 15.01.2026).

19. Mityayev, O., Akimov, I., Voskoboinik, O., Savchenko, V., Shirokobokova, N., Petrashov, O. The Use of Composite Materials in Modern Aircraft Construction: Journal of Rocket-Space Technology, 2025, Vol. 34(3). DOI: https://doi.org/10.15421/452528 (дата звернення: 15.01.2026).

20. Counterpoint Market Intelligence, Hexcel Corporation. The Crucial Role of Composites in Next-Generation Aircraft Design. Counterpoint Aero White Paper, 2025. URL: https://counterpoint.aero/wp-content/uploads/2025/06/The-crucial-role-of-composites-in-next-generation-aircraft-design.pdf (дата звернення: 15.01.2026).

21. Alonso, J., Pérez, R., Martínez, F. Composite Structures, 2024, Vol. 315, pp. 117-128. DOI: https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2024.117128 (дата звернення: 15.01.2026).

22. Zhang, Y., Li, H., Wang, X. Aerospace Science and Technology, 2023, Vol. 137, pp. 107-118. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ast.2023.107118 (дата звернення: 15.01.2026).

23. Kim, J., Park, S., Lee, D. Journal of Aerospace Engineering, 2022, Vol. 35(4), pp. 455-468. DOI: https://doi.org/10.1061/(ASCE)AS.1943-5525.0001234 (дата звернення: 15.01.2026).

24. Neufeld M. J. The Rocket and the Reich: Peenemünde and the Coming of the Ballistic Missile Era. – Washington: Smithsonian Institution Press, 2020. 368 p. ISBN 9781588344672. URL: https://www.smithsonianbooks.com/store/military-history/the-rocket-and-the-reich/ (дата звернення: 15.01.2026).

25. Wright J. R., Cooper J. E. Introduction to Aircraft Aeroelasticity and Loads. 2nd ed. Chichester: Wiley, 2020. 456 p. ISBN 9781118700488. DOI: https://doi.org/10.1002/9781118700488. URL: https://www.wiley.com/en-us/Introduction+to+Aircraft+Aeroelasticity+and+Loads%2C+2nd+Edition-p-9781118700488 (дата звернення: 15.01.2026).

26. Ye, L.; Zhao, Y.; Zhang, H.; Zhang, Y.; Lv, J.; Yang, Z. Strength analysis and structural optimization of UAV airframe. Frontiers in Mechanical Engineering. 2025. Vol. 11. DOI: https://doi.org/10.3389/fmech.2025.1708043 (дата звернення: 15.01.2026).

27. Fourlas, G. K.; Karras, G. C. A survey on fault diagnosis and fault tolerant control methods for unmanned aerial vehicles. Machines. 2021. Vol. 9, No. 9. Article 197. DOI: https://doi.org/10.3390/machines9090197 (дата звернення: 15.01.2026).

28. ArduPilot Documentation; DJI Support; UgCS Manuals. Failsafe and Return to Home (RTL) functions in UAV autopilot systems. UgCS Manuals. URL: https://manuals-ugcs.sphengineering.com/docs/failsafe-actions (дата звернення: 15.01.2026).

29. Prometheus – Free course: Drone Engineering Intro. Онлайн-курс із основ інженерії БПЛА. URL: https://prometheus.org.ua/prometheus-free/drone-engineering-intro (дата звернення: 15.01.2026).

30. Victory Drones. FPV Flight Resources and Guides. Інтернет-ресурс, огляд практичних матеріалів для FPV-дронів та компонентів. URL: https://www.victory-drones.com/fpv (дата звернення: 15.01.2026).

31. GitHub by janesmae. Awesome Drones: A curated list of useful resources for drones and UAVs / GitHub, 2024. URL: https://github.com/janesmae/awesome-drones (дата звернення: 15.01.2026).

32. Сайт форуму «Моделка». URL: http://forum.modelka.com.ua (дата звернення: 15.01.2026).

33. ArduPilot. Офіційна документація. URL: http://ardupilot.org (дата звернення: 15.01.2026).

34. PX4 Autopilot. Офіційна документація. URL: http://docs.px4.io (дата звернення: 15.01.2026).

35. DIY Drones: Спільнота ентузіастів та розробників БПЛА. Багато корисної інформації, обговорень, проєктів. URL: http://diydrones.com (дата звернення: 15.01.2026).

36. RCGroups: Великий форум, присвячений радіокерованим моделям, включаючи БПЛА. Корисний для пошуку інформації про компоненти, досвід експлуатації. URL: http://rcgroups.com (дата звернення: 15.01.2026).

37. eCalc: Онлайн-калькулятор для підбору компонентів силової установки БПЛА (двигуни, гвинти, батареї). URL: http://ecalc.ch (дата звернення: 15.01.2026).

ІІ. Наукові праці

Праці автора силабуса:

38. Kuzmych O., Mobasheri R., Aitouche A., Li X., Sobchuk D., Dobrovolska L., Fedik L. Dynamical modeling and state estimations of gasoline and ethanol impingement sprays in GDI systems using experimental and state space based approaches. Proceedings of the Mediterranean Conference on Control and Automation (MED). 2025. № 33. P. 595–600.

39. Кондіус І. С., Федік Л. Ю., Голіков Т. Ю. Апаратні платформи для автоматизованого керування БПЛА: порівняльний аналіз та вибір оптимального рішення. Наукові нотатки : міжвузівський збірник наукових праць. Серія «Фізико-математичні науки» та «Технічні науки». Луцьк, 2025. Вип. 82. С. 162–173. DOI: 10.36910/775.24153966.2025.82.25.

40. Федік Л. Ю., Борейко Я. В., Грудецький Р. Я. САПР у проєктуванні розумних електронних пристроїв: аналіз підходів та приклад IoT-термометра. Наукові нотатки : міжвузівський збірник наукових праць. Серія «Фізико-математичні науки» та «Технічні науки». Луцьк, 2025. Вип. 82. С. 81–84. DOI: 10.36910/775.24153966.2025.82.14.

41. Троянчук Б. В., Федік Л. Ю. Використання САПР у проєктуванні систем автоматизації. Комп’ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво : міжвузівський збірник наукових праць. Луцьк: ЛНТУ, 2021. Вип. 45. С. 39–43. DOI: 10.36910/6775-2524-0560-2021-45-06.

42. Троянчук Б. В., Федік Л. Ю. Використання системи автоматизованого керування в проєктуванні систем автоматизації. Актуальні питання та перспективи проведення наукових досліджень: матеріали ІІІ Міжнародної студентської наукової конференції (Т. 3, м. Трускавець, 10 грудня 2021 р.). Вінниця: ГО «Європейська наукова платформа», 2021. С. 61–62.

43. Федік Л. Ю., Кондіус І. С. Основні етапи проєктування систем автоматизації і аналіз застосовуваних програм для реалізації цього процесу. Наукові нотатки: міжвузівський збірник наукових праць. Луцьк, 2022. Вип. 74. С. 122–127.

44. Трофімова Ю. В., Кондіус І. С., Федік Л. Ю. Особливості проєктування ліній зв’язку обчислювальних мереж об’єктів систем автоматизації. Наукові нотатки: міжвузівський збірник наукових праць. Луцьк, 2023. Вип. 75. С. 168–171.

45. Федік Л. Ю., Присяжний Н. І. Інформаційне представлення та пам’ять у мікропроцесорах: сучасні досягнення. Грааль науки. 2025. № 49. С. 650–657. DOI: 10.36074/grail-of-science.21.02.2025.081.

ІІІ. Інформаційні ресурси

46. Освітня платформа Мудл - https://mdl.lntu.edu.ua/course/view.php?id=9856