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 «Технічні засоби автоматизації, виконавчі та регулюючі механізми»

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 склали: доцент кафедри автоматизації та безпілотних систем Людмила МАРКІНА; доцент кафедри автоматизації та безпілотних систем, к.т.н, доцент Юрій ЛАПЧЕНКО

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 № 1 від «26» 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/3198

Луцьк – 2026

СИЛАБУС ОСВІТНЬОГО КОМПОНЕНТА «Технічні засоби автоматизації, виконавчі та регулюючі механізми»

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	нормативна
Мова викладання	українська
Обсяг	8 кредитів ECTS / 240 годин, семестр 5, 6
Форма контролю	екзамен
Викладач(і)	доцент Людмила МАРКІНА к.т.н, доцент Юрій ЛАПЧЕНКО електронна пошта: y.lapchenko@lntu.edu.ua

1. Мета і завдання дисципліни

Мета: Метою вивчення дисципліни «Технічні засоби, виконавчі та регулюючі механізми безпілотних апаратів» сформувати у здобувачів освіти системне уявлення про принципи побудови, функціонування та інтеграції виконавчих і регулюючих механізмів у складі безпілотних літальних апаратів (БПЛА), забезпечити набуття знань і практичних навичок щодо їх вибору, моделювання, керування, тестування та обслуговування з урахуванням сучасних технологій і вимог до надійності, енергоефективності та автоматизації.

Завдання: Основними завданнями вивчення дисципліни «Технічні засоби, виконавчі та регулюючі механізми безпілотних апаратів» є:
1. Ознайомлення з системами керування БПЛА, їх класифікацією, структурою та принципами функціонування;
2. Вивчення виконавчих і регулюючих механізмів, їх конструктивних особливостей, методів керування та моделювання;
3. Опанування принципів роботи сенсорів і систем стабілізації, зокрема використання ПІД-регуляторів та адаптивних алгоритмів;
4. Ознайомлення із сучасними технологіями, що застосовуються у виконавчих і регулюючих системах БПЛА, зокрема MEMS-сенсорами, засобами штучного інтелекту, системами енергоменеджменту, методами інтеграції та технічного обслуговування.

Пререквізити: фізика, електротехніка, електроніка та схемотехніка, вища математика, комп'ютерна графіка, картографування та GPS-моніторинг, конструкція безпілотних апаратів, автоматизований привід систем керування безпілотними апаратами.

2. Компетентності

ІК — інтегральна компетентність: Здатність розв’язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми, що характеризуються комплексністю та невизначеністю умов, під час професійної діяльності у галузі автоматизації або у процесі навчання, що передбачає застосування теорій та методів галузі.

ЗК01 — Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК02 — Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.

ЗК03 — Здатність спілкуватися іноземною мовою.

ЗК04 — Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

ЗК05 — Здатність до пошуку, опрацювання та аналізу інформації з різних джерел.

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

СК03 — Здатність виконувати аналіз об'єктів автоматизації на основі знань про процеси, що в них відбуваються та застосовувати методи теорії автоматичного керування для дослідження, аналізу та синтезу систем автоматичного керування.

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.

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 сигнальних процесорів.

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**	**ЗК та СК**
Семестр 5. Змістовий модуль 1. Будова та принцип роботи технічних засобів автоматизації БПЛА								
1	Тема 1. Основні поняття та визначення. Характеристики вимірювальних приладів	3/0,5	7/1,5	18,75/28	28,75/30	МН1, МН2, МН3	МО2	ЗК05, ЗК03, СК02, СК07
2	Тема 2. Пристрої отримання інформації. Давачі безпілотних апаратів	3/0,5	7/1,5	18,75/28	28,75/30	МН1, МН2, МН3	МО2, МО4	ЗК05, ЗК03, СК02, СК07
Семестр 5. Змістовий модуль 2. Логічні пристрої автоматики та функціональні схеми автоматизації БПЛА								
3	Тема 3. Логічні пристрої автоматики. Інтеграція давачів у бортові системи БПЛА	3/0,5	7/1,5	18,75/28	28,75/30	МН1, МН2, МН3	МО2, МО4	ЗК03, ЗК05, СК02, СК07, СК04
4	Тема 4. Функціональні схеми автоматизації безпілотних апаратів	6/0,5	9/1,5	18,75/28	33,75/30	МН1, МН2, МН3	МО1, МО2, МО4	ЗК01, ЗК02, ЗК04, СК07, СК04, СК03, СК05
Семестр 6. Змістовий модуль 3. Програмне керування, енергозабезпечення та надійність виконавчих систем БПЛА								

№	Назва теми	**Лекції** денна/ заочна	**Практ./ Семін./ лаб** денна/ заочна	**Самост. робота** денна/ заочна	**Разом**	**Методи навчання**	**Методи оцінювання**	**ЗК та СК**
5	Тема 5. Програмне керування виконавчими механізмами	1/0,25	2/0,75	10/14	13/15	МН1, МН2, МН3, МН5	МО2	ЗК01, ЗК02, ЗК04, ЗК05, СК02, СК03, СК04, СК05, СК07
6	Тема 6. Енергозабезпечення виконавчих систем	2/0,25	4/0,75	10/14	16/15	МН1, МН2, МН3, МН5	МО2	ЗК01, ЗК02, ЗК04, ЗК05, СК02, СК03, СК05, СК07
7	Тема 7. Надійність та захист виконавчих механізмів	2/0,25	4/0,75	10/14	16/15	МН1, МН2, МН3, МН5	МО2	ЗК01, ЗК02, ЗК04, ЗК05, СК02, СК03, СК04, СК05, СК07
8	Тема 8. Інтеграція виконавчих механізмів у конструкцію БПЛА	2/0,25	4/0,75	10/14	16/15	МН1, МН2, МН3, МН5	МО2, МО4	ЗК01, ЗК02, ЗК04, ЗК05, СК02, СК03, СК05, СК07
Семестр 6. Змістовий модуль 4. Тестування, інновації та експлуатація виконавчих систем БПЛА								
9	Тема 9. Тестування та калібрування виконавчих систем	2/0,25	4/0,75	10/14	16/15	МН1, МН2, МН3, МН5	МО2	ЗК01, ЗК02, ЗК04, ЗК05, СК02, СК03, СК05, СК07
10	Тема 10. Інноваційні технології в виконавчих системах БПЛА	2/0,25	4/0,75	5/14	11/15	МН1, МН2, МН3, МН5	МО2	ЗК01, ЗК02, ЗК03, ЗК04, ЗК05, СК02, СК03, СК05, СК07
11	Тема 11. Експлуатація та обслуговування виконавчих механізмів	2/0,25	4/0,75	10/14	16/15	МН1, МН2, МН3, МН5	МО2	ЗК01, ЗК02, ЗК04, ЗК05, СК02, СК03, СК05, СК07
12	Тема 12. Аналіз сучасних моделей БПЛА та їх виконавчих систем	2/0,25	4/0,75	10/14	16/15	МН1, МН2, МН3, МН5	МО1, МО2, МО4	ЗК01, ЗК02, ЗК03, ЗК04, ЗК05, СК02, СК03, СК05, СК07
	Разом	**30/4**	**60/12**	**150/224**	**240/240**			

Легенда: ЗК — загальна компетентність (номер за п. 2); 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); МН3 — наочний метод (метод ілюстрацій і метод демонстрацій); МН5 —

відеометод у сполученні з новітніми інформаційними технологіями та комп'ютерними засобами навчання (дистанційні, мультимедійні, веб-орієнтовані тощо).

Методи оцінювання: МО1 — екзамен; МО2 — усне або письмове опитування; МО4 — тестування.

4. Результати навчання

ПРН02. Знати фізику, електротехніку, електроніку та схемотехніку, мікропроцесорну техніку на рівні, необхідному для розв'язання типових задач і проблем автоматизації.

ПРН04. Розуміти суть процесів, що відбуваються в об'єктах автоматизації (за галузями діяльності) та вміти проводити аналіз об'єктів автоматизації і обґрунтовувати вибір структури, алгоритмів та схем керування ними на основі результатів дослідження їх властивостей.

ПРН07. Вміти застосовувати знання про основні принципи та методи вимірювання фізичних величин і основних технологічних параметрів для обґрунтування вибору засобів вимірювань та оцінювання їх метрологічних характеристик.

ПРН08. Знати принципи роботи технічних засобів автоматизації та вміти обґрунтувати їх вибір на основі аналізу їх властивостей, призначення і технічних характеристик з урахуванням вимог до системи автоматизації та експлуатаційних умов; мати навички налагодження технічних засобів автоматизації та систем керування.

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).

Семестр 5. Підсумковий бал = поточний контроль (20 %) + модульний контроль (40 %) + екзамен (40 %).

Семестр 6. Підсумковий бал = поточний контроль (20 %) + модульний контроль (40 %) + екзамен (40 %).

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. Основні поняття та визначення. Характеристики вимірювальних приладів

Типові форми автоматизації та їх схеми. Основні положення формування систем автоматизації. Характеристики елемента. Структурна схема локальної САК. Структура системи керування БПЛА. Методи та засоби вимірювань. Види приладів. Похибки та метрологічні характеристики давачів. Калібрування.

Тема 2. Пристрої отримання інформації. Давачі безпілотних апаратів

Призначення давачів у системі керування БПЛА, їх класифікація та принципи побудови. Параметричні та генераторні давачі та їх застосування на борту: тензодавачі, термодавачі, давачі частоти обертання двигунів. Давачі орієнтації та руху: MEMS-акселерометри, гіроскопи, магнітометри, інерціальні модулі (IMU). Давачі висоти та швидкості: барометричні висотоміри, давачі повітряної швидкості (трубка Піто). Навігаційні давачі: GNSS-приймачі, давачі оптичного потоку. Давачі відстані та уникнення перешкод: ультразвукові, лазерні (лідари), радарні. Давачі стану бортових систем: струму, напруги, заряду акумуляторної батареї.

Тема 3. Логічні пристрої автоматики. Інтеграція давачів у бортові системи БПЛА

Електромагнітні, поляризовані та безконтактні реле, їх застосування на борту БПЛА. Твердотільні реле та транзисторні ключі для комутації живлення, увімкнення корисного навантаження й керування механізмами скидання. Польотний контролер як центральний пристрій обробки інформації. Інтерфейси підключення давачів (I2C, SPI, UART, CAN). Попередня обробка та фільтрація сигналів давачів. Калібрування та перевірка давачів на борту БПЛА.

Тема 4. Функціональні схеми автоматизації безпілотних апаратів

Призначення функціональних схем та правила їх побудови. Умовні та позиційні позначення приладів і засобів автоматизації. Розробка функціональної схеми бортової системи керування БПЛА: давачі, польотний контролер, виконавчі механізми, канали зв'язку з наземною станцією. Вибір технічних засобів автоматизації з урахуванням маси, енергоспоживання та надійності. Приклади функціональних схем систем стабілізації, навігації та керування корисним навантаженням БПЛА, а також опис їх функціональної дії.

Тема 5. Програмне керування виконавчими механізмами

Структура PID-регулятора. Налаштування параметрів: пропорційність, інтегрування, диференціювання. Адаптивні та нечіткі алгоритми. Реалізація на Arduino, STM32, Pixhawk.

Тема 6. Енергозабезпечення виконавчих систем

Типи акумуляторів: Li-Po, Li-Ion. Розрахунок енергоспоживання. Системи моніторингу та захисту. Енергоменеджмент у польоті.

Тема 7. Надійність та захист виконавчих механізмів

Види відмов і методи резервування. Самодіагностика та аварійні режими. Технічне обслуговування та продовження ресурсу. Вплив зовнішніх факторів на надійність.

Тема 8. Інтеграція виконавчих механізмів у конструкцію БПЛА

Розміщення приводів і регуляторів. Вплив на центр ваги та баланс. Конструктивні обмеження. Приклади монтажу в різних типах апаратів.

Тема 9. Тестування та калібрування виконавчих систем

Методи перевірки точності та швидкодії. Калібрування сервоприводів і стабілізаторів.
Стендові та польові випробування. Аналіз результатів тестування.

Тема 10. Інноваційні технології в виконавчих системах БПЛА

Мікроелектромеханічні системи (MEMS). Використання штучного інтелекту. Автоматичне налаштування та самонавчання. Перспективи розвитку технологій.

Тема 11. Експлуатація та обслуговування виконавчих механізмів

Регламентні роботи та інтервали обслуговування. Виявлення та усунення несправностей.
Продовження ресурсу виконавчих систем. Документування технічного стану.

Тема 12. Аналіз сучасних моделей БПЛА та їх виконавчих систем

Огляд конструкцій дронів різного призначення. Особливості виконавчих систем у комерційних і військових БПЛА. Порівняння ефективності та надійності. Тенденції розвитку галузі.

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

I. Навчально-методичні матеріали та розробки

Праці інших авторів:

1. Волканін Є. Є. Схемотехніка безпілотних літальних апаратів : навч. посіб. / Є. Є. Волканін ; МВС України, Харків. нац. ун-т внутр. справ, Кременчуцк. Льотний коледж. Харків : ХНУВС, 2024. 108 с.

2. Технічні засоби, виконавчі та регулюючі механізми безпілотних апаратів : метод. вказівки до практичних занять для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньої програми «Системи керування безпілотними апаратами» галузі знань 17 Електроніка, автоматизація та електронні комунікації (G Інженерія, виробництво та будівництво) спец. 174 Автоматизація, комп’ютерно-інтегровані технології та робототехніка (G7 Автоматизація, комп’ютерно-інтегровані технології та робототехніка) денної та заоч. форм навч. / уклад. П. О. Гуменюк. Луцьк : ЛНТУ, 2026. 62 с.

3. Технічні засоби автоматизації, виконавчі та регулюючі механізми : конспект лекцій для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньої програми «Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології» галузі знань 17 Електроніка, автоматизація та електронні комунікації (G Інженерія, виробництво та будівництво) спец. 174 Автоматизація, комп’ютерно-інтегровані технології та робототехніка (G7 Автоматизація, комп’ютерно-інтегровані технології та робототехніка) денної та заоч. форм навч. / уклад. П. О. Гуменюк. Луцьк : ЛНТУ, 2025. 79 с.

4. Струтинський В. Б., Гуржій А. М. Наземні роботизовані комплекси : монографія. Житомир : ПП «Рута», 2023. 524 с.

5. Технічні засоби, виконавчі та регулюючі механізми безпілотних апаратів : конспект лекцій для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньої програми «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» галузі знань 17 «Електроніка, автоматизація та електронні комунікації» спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка» денної та заочної форм навчання / уклад. В. О. Сацик, Л. Ю. Федік. Луцьк : ЛНТУ, 2024. 40 с.

6. Технічні засоби, виконавчі та регулюючі механізми безпілотних апаратів : методичні вказівки до практичних занять для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньої програми «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» галузі знань 17 «Електроніка, автоматизація та електронні комунікації» спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка» денної та заочної форм навчання / уклад. В. О. Сацик, Л. Ю. Федік. Луцьк : ЛНТУ, 2024. 18 с.

II. Наукові праці

Праці автора силабуса:

7. Сацик В. О., Маркіна Л. М., Копчунь А. О., Сацик О. В. Аналіз роботи та налаштування PID-регулятора в системах стабілізації БПЛА на базі прошивки BETAFLIGHT. Перспективні технології та прилади : зб. статей. Луцьк, 2024. Вип. 25. С. 165–175.

8. Povstianoi O., Vynokurova O., Denysiuk V., Lapchenko Y., Hrudetskij R. Information and measurement system for analyzing images of fundus tissue using computer-integrated technologies. ITTAP’2025: 4th International Workshop on Information Technologies : Theoretical and Applied Problems, October 22-24, Ternopil-Opole, 2025, Pp. 90-103. URL:

https://repository.lntu.edu.ua/handle/123456789/3782

9. Денисюк В. Ю., Лапченко Ю. С. Методика повірки покращення метрологічних характеристик акустичних датчиків рівня. Технологічні комплекси. Луцьк, 2025. Вип. 17(1). С. 4-17. URL: https://repository.lntu.edu.ua/handle/123456789/3784

10. Симонюк В. П., Денисюк В. Ю., Лапченко Ю. С. Система комбінованого опалення приміщень з автоматичним регулюванням розподілу потоків. «Приладобудування: стан і перспективи»: зб. матер. XXIII Міжнар. наук.-техн. конф. (м. Київ, 14-15 трав. 2024 р.). Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024, С. 282-284. URL: https://repository.lntu.edu.ua/handle/123456789/3759

11. Денисюк В. Ю., Симонюк В. П., Лапченко Ю. С. Оптико-електронні пристрої метрологічного контролю похибок механічних пристроїв переміщень об'єктів. «Сучасні технології промислового комплексу – 2021»: матер. VII-ої Міжнар. наук.-практ. конф. Вип. 7. Херсон: ХНТУ, 2021. С. 74-77. URL: https://repository.lntu.edu.ua/handle/123456789/3780

12. Денисюк В. Ю., Симонюк В. П., Лапченко Ю. С., Тимощук А. А., Черняк С. О. До метрологічного забезпечення вимірювання за допомогою мікроскопа-нанотвердоміра «НаноСкан-3D». «Прогресивна техніка, технологія та інженерна освіта»: матер. XXII-тої Міжнар. наук.-техн. конф., (м. Київ, 7-10 верес. 2021 р.). Київ: 2021. URL: https://repository.lntu.edu.ua/handle/123456789/3779