

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет
“Харківський авіаційний інститут”

**Кафедра інтелектуальних вимірювальних систем
та інженерії якості (№ 303)**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми



Анатолій КУЛІК

(підпис)

(ініціали та прізвище)

« 25 » серпня 2025 р.

**СИЛАБУС ОBOB'ЯЗKОВОЇ
HABЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА СИСТЕМ АВІОНІКИ
(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: G «Інженерія, виробництво та будівництво»
(шифр і назва галузі знань)

Спеціальність: G5 «Електроніка, електронні комунікації,
приладобудування та радіотехніка»
(код та найменування спеціальності)

Освітня програма: «Системи автономної навігації та адаптивного управління
літальних апаратів»
(найменування освітньої програми)

Рівень вищої освіти: другий (магістерський)

Силабус введено в дію з 01.09.2025

Харків 2025 рік

Розробник: Заболотний В.А., доцент, к. т. н., доцент
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь та вчене звання)


(підпис)

Силабус навчальної дисципліни розглянуто на засіданні кафедри
Інтелектуальних вимірювальних систем та інженерії якості (№ 303)
(назва кафедри)

Протокол № 1 від « 21 » серпня 2025 р.

Завідувач кафедри к.т.н. доцент
(науковий ступінь і вчене звання)


(підпис)

 В. П. Сіроклин
(ініціали та прізвище)

Погоджено з представником здобувачів освіти:

 здобувач гр. 361


(підпис)

 Олександр ГОРБАЧ
(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

1. Загальна інформація про викладача



ПІБ: Заболотний Віталій Анисимович
Посада: доцент кафедри інтелектуальних вимірювальних систем та інженерії якості
Науковий ступінь: кандидат технічних наук
Вчене звання: доцент
Перелік дисциплін, які викладає: - технологія виготовлення засобів вимірювальної техніки; - технологія виробництва пристроїв авіоніки; - сучасні технології виробництва систем авіоніки; - основи стандартизації
Напрями наукових досліджень: - вимірювання вмісту вологи діелектричних речовин; - розробка вимірювальних перетворювачів фізичних величин
Контактна інформація: v.zabolotnyi@khai.edu, телефон +38 067 579 50 36.

2. Опис навчальної дисципліни

Форма здобуття освіти	<i>Денна, заочна</i>
Семестр	2
Мова викладання	Українська
Тип дисципліни	<i>Обов'язкова</i>
Обсяг дисципліни: кредити ЄКТС/ кількість годин	<u>денна</u> : 3,5 кредити ЄКТС / 105 годин (40 аудиторних, з яких: лекції – 16, практичні – 24; СРЗ – 65); <u>заочна</u> : 3,5 кредити ЄКТС / 105 годин (4 аудиторних, з яких: лекції – 2, практичні – 2; СРЗ – 101)
Види навчальної діяльності	Лекції, практичні заняття, самостійна робота
Види контролю	Поточний контроль, модульний контроль, семестровий контроль – залік
Пререквізити	Проектування та програмування контролерів систем управління. Проектування автономних навігаційних систем

3. Мета та завдання навчальної дисципліни, переліки компетентностей та очікуваних результатів навчання

Мета: засвоєння здобувачами основних принципів розробки сучасних технологій виготовлення елементів систем управління ЛА – систем авіоніки.

Завдання: сформувані у студентів чітку систему основ теоретичних знань, практичних вмінь і навичок стосовно застосування мікро- та нанотехнологій при виготовленні систем авіоніки.

Компетентності, які набуваються:

Інтегральна компетентність:

Здатність розв'язувати складні задачі дослідницького та/або інноваційного характеру, що виникають в процесі досліджень, проектування і експлуатації систем авіоніки.

Загальні компетентності (ЗК)

Після закінчення цієї програми здобувач освіти буде здатен:

ЗК1. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК2. Здатність працювати в міжнародному контексті.

ЗК4. Навички здійснення безпечної діяльності.

ЗК6. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

Фахові компетентності (ФК)

Після закінчення цієї програми здобувач освіти буде здатен:

ФК4. Здатність розробляти та супроводжувати процеси виготовлення систем авіоніки та інформаційних систем літальних апаратів і наземних комплексів.

ФК5. Здатність оцінювати технічні, економічні, екологічні, безпекові та інші ризики при проектуванні та впровадженні систем авіоніки та інформаційних систем літальних апаратів і наземних комплексів.

ФК7. Здатність використовувати передові технології при дослідженні і проектуванні систем керування літальних апаратів, розробці апаратних та програмно-алгоритмічних засобів підвищення точності, надійності, живучості, ресурсів функціонування систем авіоніки.

Програмні результати навчання (ПРН):

ПРН1. Відшуковувати необхідні дані в науково-технічній літературі, базах даних та інших джерелах, аналізувати науково-технічну літературу у вітчизняних та закордонних джерелах для визначення стану та пошуку сучасних та перспективних розробок у професійній діяльності, (формально), аналізувати ситуації, що можуть виникати, під час їх функціонування.

ПРН3. Забезпечувати безпеку власної діяльності та діяльності підлеглих.

ПРН11. Розв'язувати багатокритеріальні задачі прийняття рішень в умовах неповної / недостатньої інформації та суперечливих вимог, аналізувати альтернативи, будувати прогнози, оцінювати ризики, в тому числі при розробці та впровадженні технологій виготовлення, випробуваннях та сертифікації систем авіоніки.

4. Зміст навчальної дисципліни

МОДУЛЬ 1

Змістовний модуль 1. Технологічні процеси мікроелектроніки.

Тема 1. Основні технологічні процеси виготовлення напівпровідникових ЕРЕ та інтегральних схем (ІС).

Стисла анотація: Вступ. Основні напрямки розвитку електроніки. Основні терміни і визначення. Основні технологічні процеси мікроелектронної технології.

Теми лекцій: Рекомендована література. Обсяг дисципліни, види занять та оцінювання в балах роботи здобувачів. Методи мікроелектронної технології. Монолітні, плівкові, гібридні, суміщені ІС. Основні технологічні процеси (ТП), які використовуються при виготовленні напівпровідникових приладів і інтегральних мікросхем: електрохімічні методи отримання p - n – переходів, дифузія, двостадійна дифузія, епітаксія, іонне легування, вакуумне напилення, катодне розпилення, електролітичне і хімічне осадження, оксидне маскування, фотолітографія, травлення. Технологічний процес виготовлення планарного біполярного транзистора ІС. Виготовлення польових транзисторів з управляючим p – n переходом, з вбудованим каналом та з індукованим каналом (МДН – транзистори).

Теми практичних занять: Теоретичні основи виготовлення тонкоплівкових ІС. Основні етапи технологічного процесу виготовлення тонкоплівкових ІС і мікроскладень. Виготовлення оригіналу тонкоплівкової інтегральної мікросхеми, фотошаблону, масок. Методи напилення елементів схеми. Основні технологічні операції при виготовленні гібридних ІМС.

Самостійна робота здобувача: опрацювання лекційного матеріалу та матеріалів практичних занять.

Тема 2. Технологічні процеси виготовлення пасивних елементів ІС та виготовлення мікроскладень.

Стисла анотація: Виготовлення резисторів, конденсаторів в тонкоплівкових та монолітних ІС. Виготовлення індуктивностей та внутрішньосхемних з'єднань ІС. Ізоляція елементів в монолітних інтегральних схемах. Тонкоплівкові і товстоплівкові ІС.

Теми лекцій: Пасивні елементи інтегральних схем. Виготовлення резисторів в тонкоплівкових ІС, виготовлення резисторів в монолітних ІС. Виготовлення конденсаторів в тонкоплівкових ІС. Виготовлення конденсаторів в монолітних

ІС. Виготовлення індуктивностей в тонкоплівкових ІС. Виготовлення внутрішньосхемних з'єднань ІС. Ізоляція елементів в монолітних інтегральних схемах за допомогою додаткових p - n – переходів та за допомогою діелектрика. Тонкоплівкова технологія виготовлення мікроскладень. Товстоплівкова технологія виготовлення мікроскладень.

Теми практичних занять: Розрахунок геометрії тонкоплівкових резисторів прямокутної форми. Розрахунок геометрії тонкоплівкових резисторів прямокутної з конфігурацією типу «меандр». Розрахунок геометрії тонкоплівкових конденсаторів. Розрахунок плівкових провідників і контактних площадок.

Самостійна робота здобувача: опрацювання лекційного матеріалу та матеріалів практичних занять.

Тема 3. Складальні процеси в технології виготовлення інтегральних мікросхем (ІМС).

Стисла анотація: Мікромонтаж кристалів ІС. Основні операції та їх зміст. Герметизація мікроелектронних пристроїв.

Теми лекцій: Основні операції мікромонтажу кристалів ІС. Поділ пластин на модулі механічним скрайбуванням, фрезеруванням, за допомогою лазерного променя. Установлення (кріплення) кристалів ІМС до основи паянням та приклеюванням. Електричне з'єднання виводів контактних площадок (КП) кристала з КП корпусу або плати методом дротяного мікромонтажу термокомпресійним зварюванням у стик кулькою та ультразвуковим зварюванням. Електричне з'єднання виводів контактних площадок (КП) кристала з КП корпусу або плати методом монтажу за допомогою жорстких організованих виводів та з використанням балкових виводів на полімерному носії. Різновиди герметизації: корпусна, безкорпусна, комбінована.

Теми практичних занять: Формування необхідного рисунка плівкових елементів. Розроблення топології для конкретної гібридної інтегральної мікросхеми. Розрахунок та вибір типорозміру підкладки ГІС. Розміщення плівкових елементів і навісних компонентів на підкладці.

Самостійна робота здобувача: опрацювання лекційного матеріалу та матеріалів практичних занять.

Модульний контроль 1. Написання модульної контрольної роботи.

Самостійна робота здобувача: підготовка до модульного контролю.

МОДУЛЬ 2

Змістовний модуль 2. Технологічні процеси наноелектроніки.

Тема 1. Нанотехнології. Графен, фулерени, ендофулерени.

Стисла анотація: Графен, фулерени, ендофулерени, способи їх створення, унікальні властивості та сфери використання.

Теми лекцій: Вуглець (C) та його три відомі кристалічні форми - алмаз, графіт і карбін. Кристалічна структура графіту. Графен, його кристалічна структура та унікальні властивості. Фулерени, їх кристалічна порожниста просторова структура. Найбільш ефективний спосіб отримання фулеренів. Фізичні та хімічні властивості фулеренів. Ендофулерени. Області використання фулеренів: надпровідники, фоточутливі елементи, пам'ять на фулеренах, отримання штучних (синтетичних) алмазів.

Самостійна робота здобувача: опрацювання лекційного матеріалу.

Тема 2. Вуглецеві нанотрубки.

Стисла анотація: Структура вуглецевих нанотрубок (ВНТ), їх різновиди. Властивості вуглецевих нанотрубок.

Теми лекцій: Кристалічна порожниста просторова структура вуглецевих нанотрубок (ВНТ), їх різновиди. Поширений метод синтезу ВНТ. Властивості вуглецевих нанотрубок: електричні, магнітні, механічні, теплофізичні, хімічні, оптичні, комбіновані. Унікальні властивості ВНТ у вигляді тканини з нанотрубок. Пристрої на основі ВНТ: діоди, транзистори, газові сенсори, універсальна електромеханічна пам'ять, плоскі екрани.

Самостійна робота здобувача: опрацювання лекційного матеріалу.

Тема 3. Піпод, його структура та властивості. Наноструктури і елементи наноелектроніки.

Стисла анотація: Піпод, його структура, та властивості. Квантово-механічні властивості електрона. Основні типи наноструктур. Одноелектронне тунелювання. Наноструктури і елементи наноелектроніки.

Теми лекцій: Піпод, його структура, способи їх створення та властивості. Методи синтезу піподів. Електронні властивості піподів. Спосіб виготовлення нанокабелю. Квантово-механічні властивості електрона. Критерій переходу до розмірного квантування, структури і матеріали для його реалізації. Основні типи наноструктур. Одноелектронне тунелювання. Тунелювання через квантово-розмірні структури. Структура МОМ-діода на основі титану. Тунелювання через двобар'єрну структуру з квантовою ямою. Структура одноелектронного транзистора на основі Nb/NbO.

Самостійна робота здобувача: опрацювання лекційного матеріалу.

Тема 4. Одноелектронні елементи наноелектроніки.

Стисла анотація: Реалізація одноелектронних приладів з двобар'єрними квантовими структурами. Реалізації одноелектронних приладів є застосування багат шарових структур. Реалізація одноелектронних транзисторів на основі кремнію та з «механічною рукою».

Теми лекцій: Структура одноелектронного транзистора на основі кремнію. Напівпровідникові гетероструктури. Реалізація одноелектронних приладів з двобар'єрними квантовими структурами. Прилади на постійних і тимчасових квантових точках. Реалізації одноелектронних приладів є застосування багат шарових структур. Біполярний вертикальний транзистор з двобар'єрною

квантовою структурою (ДБКС) в якості емітера. Польовий вертикальний одноелектронний транзистор з ДБКС. Кремнієвий горизонтальний одноелектронний транзистор з двома затворами на одиночній тимчасовій квантовій точці. Кремнієвий горизонтальний одноелектронний транзистор з двома затворами на подвійній тимчасовій квантовій точці. Наноелектромеханічний одноелектронний транзистор з «механічною рукою».

Самостійна робота здобувача: опрацювання лекційного матеріалу.

Тема 5. Квантові обчислювальні пристрої. Нові принципи конструювання поверхні. Реалізація наноприладів.

Стисла анотація: Обчислювальні пристрої на квантових точках. Конструювання наноструктур самоскладанням. Приклади реалізації наноприладів.

Теми лекції: Квантові обчислювальні пристрої та їх можливості. Нові принципи конструювання поверхні. Отримання квантових точок самоскладанням атомів (германієва «піраміда»). Самоскладання впорядкованого моношару частинок золота діаметром 5 нм. Самоскладання наноструктурних полімерів. Реалізація наноприладів. Мікроприлад - гібрид бактерії і мікрочіпа. Кіно в усе небо. Нанотрубові датчики тиску і деформації. Нанотрубові акумулятори.

Самостійна робота здобувача: опрацювання лекційного матеріалу.

Модульний контроль 2. Написання модульної контрольної роботи.

Самостійна робота здобувача: підготовка до модульного контролю.

5. Індивідуальні завдання

Індивідуальні завдання навчальним планом не передбачені.

6. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, практичних занять. Консультації за розкладом кафедри та індивідуальні (при необхідності). Самостійна робота студентів за матеріалами, опублікованими кафедрою (методичні посібники), лекцій і практичних занять (викладені у МЕНТОР) та стандартами.

7. Методи контролю

Вибіркове опитування студентів на лекційних заняттях.

Опитування студентів на практичних заняттях.

Поточне тестування, модульний контроль та залік.

8. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачі

8.1. Розподіл балів, які отримують здобувачі

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 1			
Активність під час аудиторної роботи (лекції)	0...1	3	0...3
Виконання та захист практичних робіт	0...5	5	0...25
Модульний контроль	0...16	1	0...16
Змістовний модуль 2			
Активність під час аудиторної роботи (лекції)	0...1	5	0...5
Виконання та захист практичних робіт	0...5	7	0...35
Модульний контроль	0...16	1	0...16
Всього за семестр			0...100

Семестровий контроль (залік) проводиться у разі відмови здобувача від балів поточного тестування й за наявності допуску до заліку. Під час складання семестрового заліку здобувач має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для заліку складається з чотирьох теоретичних запитань (по два з кожного модуля) і однієї задачі (з практичних занять). За кожне запитання та задачу максимальна кількість балів – 20.

Таблиця 8.2 – Шкали оцінювання: бальна і традиційна

Сума балів	Оцінка за традиційною шкалою	
	Іспит, диференційний залік	Залік
90 – 100	Відмінно	Зараховано
75 – 89	Добре	
60 – 74	Задовільно	
0 – 59	Незадовільно	Не зараховано

Критерії оцінювання роботи здобувача освіти протягом семестру

Зараховано (60-74). Мати мінімум знань та умінь. Захистити всі завдання, відпрацювати та захистити практичні роботи. Здати тестування або залік. Мати уявлення про технологічні процеси виготовлення напівпровідникових ЕРЕ та інтегральних схем. Мати уявлення про структурні елементи наноелектроніки: графен, фулерени, вуглецеві нанотрубки. Знати деякі приклади реалізації

наноприладів. Вміти користуватись типовими та стандартними технологічними процесами.

Зараховано (75-89). Твердо знати мінімум знань, виконати усі завдання та здати тестування. Показати вміння виконувати та захищати практичні роботи в обумовлений викладачем термін. Знати технологічні процеси виготовлення напівпровідникових ЕРЕ та інтегральних схем. Знати технологію виготовлення гібридних мікросхем та мікроскладень. Знати структурні елементи наноелектроніки та їх фізичні властивості. Знати багато прикладів реалізації наноприладів.

Зараховано (90 - 100). В повному обсязі знати основний та додатковий матеріал і вміти застосовувати його. Здати всі контрольні точки з оцінкою «відмінно». Орієнтуватися у підручниках та посібниках. Бути активним на заняттях. Вміти розробляти технологічні процеси та виконувати інженерні технологічні розрахунки при виготовленні гібридних мікросхем та мікроскладень. Знати структурні елементи наноелектроніки, їх фізичні властивості та сфери використання. Знати квантово-механічні властивості електрона та одноелектронні елементи наноелектроніки. Знати багато прикладів реалізації наноприладів, в тому числі квантові обчислювальні пристрої.

9. Політика навчального курсу

Відвідування занять. У разі невиконання навчального плану (відсутності на лекціях, практичних заняттях) здобувач зобов'язаний опрацювати матеріал лекцій, практичних робіт через підручники та методичну літературу. Контроль якості опрацювання здійснюється через виконання індивідуальних завдань за питаннями, визначеними планом заняття, у терміни, передбачені консультаціями викладача та у передсесійний період.

Дотримання вимог академічної доброчесності здобувачами освіти під час вивчення навчальної дисципліни. Здобувачі освіти мають дотримуватися загальноприйнятих морально-етичних норм і правил поведінки, вимог академічної доброчесності, передбачених Положенням про академічну доброчесність Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут» (<https://khai.edu/assets/files/polozhennya/polozhennya-pro-akademichnu-dobrochesnist.pdf>). Виявлення ознак академічної недоброчесності в письмовій роботі здобувача освіти (відсутність посилань на використані джерела, фабрикавання джерел, списування, втручання в роботу інших здобувачів освіти) є підставою для її незарахування викладачем незалежно від масштабів плагіату чи обману.

Вирішення конфліктів. Порядок і процедури врегулювання конфліктів, пов'язаних із корупційними діями, зіткненням інтересів, різними формами дискримінації, сексуальними домаганнями, міжособистісними стосунками та іншими ситуаціями, що можуть виникнути під час навчання, а також правила етичної поведінки регламентуються Кодексом етичної поведінки в Національному

аерокосмічному університеті «Харківський авіаційний інститут» (<https://khai.edu.ua/university/normativna-baza/ustanovchi-dokumenti/kodeks-etichnoi-povedinki/>).

10. Методичне забезпечення

1. Технологія виготовлення засобів вимірювальної техніки (мікроелектроніка) : метод. рек. до виконання практ. робіт / уклад.: В. А. Заболотний, О. В. Заболотний. Харків: ХАІ, 2021.– 64 с.
2. Заболотний В. А., Заболотний О. В. Підготовчі та складальні роботи при виготовленні вимірювальної техніки і систем керування : навч. посіб. до лаб. практикуму. Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М.Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2025. – 56 с.
3. Аналіз конструкції, складання та випробування електронних блоків вимірювальної техніки і систем керування : метод. рек. до виконання лабораторних робіт / уклад.: В.А. Заболотний, О.В. Заболотний. Харків: ХАІ, 2024. – 52 с.
4. Заболотний В. А., Заболотний О. В. Оцінювання якості поверхонь деталей та аналіз точності технологічних процесів виготовлення деталей і складання вузлів: навч. посіб. до лаб. практикуму. Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М.Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2018. – 52 с.
5. Заболотний В.А. Заболотний О.В., Книш В.О. Проектування технологічних процесів складання електронної апаратури : навч. посібник. Харків: Нац. аерокосм. ун-т «Харк. авіац. ін-т», 2008. – 64 с.
6. НМКД з дисципліни «Сучасні технології виробництва систем авіоніки». Освітній портал Науково-технічної бібліотеки Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського «ХАІ» URL: <http://library.khai.edu>.
7. Сторінка дисципліни в системі «Ментор»: <https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=7105>

11. Рекомендована література

Базова

1. Технологія виготовлення електронних пристроїв : підручник / Матвійків М.Д., Вус Б.С., Матвійків Т.М., Вус М.Б.; Національний ун-т "Львівська політехніка". Львів : Вид-во Львів. політехніки, 2017. – 400 с.
2. Семенець В.В., Невлюдов І.Ш., Палагін В.А.. Введення в мікросистемну техніку та технології: підручн. Харків: ТОВ «Компанія СМІТ», 2011. – 416 с.
3. ДСТУ 3008:2015. Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлення. Замість ДСТУ 3008-95; Введ. 01.07.2017. Київ.: ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 26 с.

4. Воробйов Ю. А., Сисоєв Ю. О. Правила оформлення навчальних і науково-дослідних документів : навч. посіб. 4-е вид. випр. і доп. Харків : Нац. аерокосм. ун-т «Харків. авіац. ін.-т», 2019. 88 с.

Допоміжна

1. Гераїмчук М.Д., Гераїмчук І.М. Нано- і мікротехнології в приладобудуванні : монографія ; Нац. техн. ун-т України "Київ. політехн. ін-т". Київ : ЕКМО, 2008. – 90 с.

12. Інформаційні ресурси

1. Інформаційний портал кафедри 303: <https://k303.khai.edu/>
2. Науково-технічна бібліотека Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського «ХАІ» URL: <http://library.khai.edu>