

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра Технологій виробництва авіаційних двигунів (№ 204)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми



Сергій НИЖНИК
(ініціали та прізвище)

«__» серпня 2025 р.

**СИЛАБУС ВИБІРКОВОЇ
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

MAJOR. Дисципліна 8.3 «Технологія складання та випробування авіаційних
двигунів та енергетичних установок»
(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: 13 Механічна інженерія
(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка
(код і найменування спеціальності)

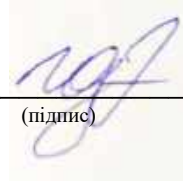
Освітня програма: Авіаційні двигуни та енергетичні установки
(найменування освітньої програми)

Рівень вищої освіти: перший(бакалаврський)

Силабус введено в дію з 01.09.2025

Харків 2025 рік

Розробник: Горбачов О.О., доцент каф. №204, к.т.н., доцент
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь і вчене звання)



(підпис)

Силабус навчальної дисципліни розглянуто на засіданні кафедри №204
«Технологій виробництва авіаційних двигунів»
(назва кафедри)

Протокол № 12 від « 26 » серпня 2025 р.

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



(підпис)

С.М.Нижник
(ініціали та прізвище)

Погоджено з представником здобувачів освіти:

(підпис)

(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

1. Загальна інформація про викладача



ПІБ: Горбачов Олексій Олександрович

Посада: доцент

Науковий ступінь: кандидат технічних наук

Вчене звання: доцент

Перелік дисциплін, які викладає:

Чисельні методи в інженерних розрахунках;

Технологія складання та ремонту АД та ЕУ

Напрями наукових досліджень:

Інтенсифікація плоского глибинного шліфування

Контактна інформація:

e-mail: o.horbachov@khai.edu

2. Опис навчальної дисципліни

Форма здобуття освіти	<i>Денна</i>
Семестр	1-й
Мова викладання	Українська
Тип дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Обсяг дисципліни: кредити ЄКТС/ кількість годин	<i>денна</i> : 5,5 кредитів ЄКТС / 165 годин (81 аудиторних, з яких: лекції – 36, практичні – 43, консультації - 2; СРЗ – 84);
Види навчальної діяльності	Лекції, практичні та самостійна робота
Види контролю	Поточний контроль, модульний контроль, семестровий контроль – іспит
Пререквізити	• взаємозамінність та стандартизація, • деталі машин • теоретична механіка • технологічне оснащення • САПР технологічних процесів • автоматизація виробничих процесів • виробнича практика • технологія двигунобудування • технологія конструкційних матеріалів.
Кореквізити	• перед дипломна практика • технологія виробництва та ремонту АД та ЕУ • системи технологічної підготовки виробництва авіаційної та ракетно космічної техніки • моделювання процесів в АРКТ • проектування комп'ютерно інтегрованих систем.
Постреквізити	<i>Кваліфікаційна робота.</i>

3. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: вивчити теоретичні основи технології складання та випробування авіаційних двигунів, сучасні способи проектування технологічних процесів, методи поєднання основних пар ГТД, вузлового та загального складання.

Завдання: вивчення та засвоєння одного з заключних етапів промислового виробництва АД, навчання методам і прийомам раціонального проектування технологічних процесів складання, підготування студентів до самостійного вирішення питань проектування технологічних процесів складання.

Компетентності, які набуваються:

Інтегральна компетентність:

Здатність розв'язувати складні спеціалізовані та практичні задачі, пов'язані з розробкою, виробництвом та сертифікацією авіаційної та ракетно-космічної техніки, що передбачає застосування теорій та методів фізики, математики та інженерних наук, і характеризується комплексністю та невідомістю умов.

Загальні компетентності (ЗК)

Після закінчення цієї програми здобувач освіти буде здатен:

- ЗК01. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.
- ЗК02. Здатність спілкуватися іноземною мовою.
- ЗК03. Навики здійснення безпечної діяльності, прагнення до збереження навколишнього середовища.
- ЗК04. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.
- ЗК05. Здатність працювати у команді.
- ЗК06. Здатність генерувати нові ідеї (креативність)
- ЗК07. Здатність приймати обґрунтовані рішення.
- ЗК08. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.
- ЗК09. Здатність реалізувати свої права і обов'язки як члена суспільства, усвідомлювати цінності громадянського (вільного демократичного) суспільства та необхідність його сталого розвитку, верховенство права, прав і свобод людини і громадянина і України.
- ЗК10. Здатність зберігати та примножувати моральні, культурні, наукові цінності і досягнення суспільства на основі розуміння історії та закономірностей розвитку предметної області, її місця у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій, використовувати різні види та форми рухової активності для відпочинку та ведення здорового способу життя.
- ЗК11. Здатність ухвалювати рішення та діяти, дотримуючись принципу неприпустимості корупції та будь-яких інших проявів недоброчесності

Спеціальні компетентності (СК або ФК)

Після закінчення цієї програми здобувач освіти буде здатен:

- ФК11. Здатність використовувати теорії динаміки польоту та керування при проектуванні об'єктів авіаційної та ракетно-космічної техніки.
- ФК12. Здатність використовувати положення гідравліки, аерота газодинаміки для опису взаємодії тіл з газовим і гідравлічним середовищем.
- ФК13. Здатність призначати оптимальні матеріали для елементів конструкції авіаційної та ракетно-космічної техніки.
- ФК14. Здатність здійснювати розрахунки елементів авіаційної та ракетно-космічної техніки на міцність.
- ФК15. Здатність проектувати та здійснювати випробування елементів авіаційної та ракетно-космічної техніки, її обладнання, систем та підсистем.
- ФК16. Здатність розробляти і реалізовувати технологічні процеси виробництва елементів та об'єктів авіаційної та ракетно-космічної техніки.
- ФК17. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій та спеціалізованого програмного забезпечення при навчанні та у професійній діяльності.
- ФК18. Здатність враховувати економічні та управлінські аспекти виробництва елементів та об'єктів авіаційної та ракетно-космічної техніки у професійній діяльності

Програмні результати навчання (ПРН або РН):

- ПР01. Вільно спілкуватися усно і письмово державною та іноземною мовами з професійних питань.
- ПР02. Розуміти екологічно небезпечні та шкідливі фактори професійної діяльності та корегувати її зміст з метою попередження негативного впливу на навколишнє середовище.
- ПР03. Володіти засобами сучасних інформаційних та комунікаційних технологій в обсязі, достатньому для навчання та професійної діяльності.
- ПР04. Пояснювати свої рішення і підґрунтя їх прийняття фахівцям і нефаківцям в ясній і однозначній формі.
- ПР05. Володіти навичками самостійного навчання та автономної роботи для підвищення професійної кваліфікації та вирішення проблем в новому або незнайомому середовищі.
- ПР06. Формувати обґрунтовані оцінки дій державних органів, інших політичних інститутів із позицій загальнолюдських, демократичних цінностей, пріоритету прав і свобод людини та громадянина.
- ПР07. Володіти логікою та методологією наукового пізнання, що ґрунтується на розумінні сучасного стану і методології предметної області.
- ПР08. Дотримуватися вимог галузевих нормативних документів щодо процедур проектування, виробництва, випробування та (або) сертифікації елементів та об'єктів ракетно-космічної техніки на всіх етапах їх життєвого циклу.
- ПР09. Пояснювати вплив конструктивних параметрів елементів ракетно-космічної техніки на її льотно-технічні характеристики. Мати уявлення про методи забезпечення стійкості та керованості ракетно-космічної техніки.
- ПР10. Володіти навичками визначення навантажень на конструктивні елементи ракетно-космічної техніки на усіх етапах її життєвого циклу.

ПР11. Розуміти принципи механіки рідини та газу, зокрема, гідравліки, аеродинаміки (газо-динаміки). ПР12. Описувати будову металів та неметалів та знати методи модифікації їх властивостей. Призначати оптимальні матеріали для елементів та систем ракетно-космічної техніки з урахуванням їх структури, фізичних, механічних, хімічних та експлуатаційних властивостей, а також економічних факторів.

ГГР13. Розуміти особливості робочих процесів у гідравлічних, пневматичних, електричних та електронних системах, що застосовуються в ракетно-космічній техніці.

ПР14. Описувати експериментальні методи дослідження структурних, фізико-механічних і технологічних властивостей матеріалів та конструкцій.

ПР15. Застосовувати у професійній діяльності сучасні методи проектування, конструювання та виробництва елементів та систем ракетно-космічної техніки.

ПР16. Обчислювати напружено-деформований стан, визначати несучу здатність конструктивних елементів та надійність систем ракетно-космічної техніки.

ПР17. Розуміти та обґрунтовувати послідовність проектування, виробництва, випробування та (або) сертифікації елементів та систем ракетно-космічної техніки.

ПР18. Розуміти структуру та принципи дії бортового обладнання ракетно-космічної техніки.

ПР19. Розуміти та обґрунтовувати особливості конструкції та основні аспекти робочих процесів в системах та елементах ракетно-космічної техніки.

ПР20. Розуміти теоретичні принципи та практичні методи інструментального забезпечення взаємозамінності деталей ракетно-космічної техніки.

ПР21. Мати навички розробки технологічних процесів, в тому числі з застосуванням автоматизованого комп'ютерного проектування виробництва конструктивних елементів та систем ракетно-космічної техніки.

ПР22. Оцінювати економічну ефективність виробництва елементів та систем ракетно-космічної техніки.

4. Зміст навчальної дисципліни

Модуль I

Змістовний модуль 1. Головні поняття технологічного процесу складання. Технологічність конструкції.

Тема 1. Вступ до дисципліни. Головні поняття та визначення технологічного процесу складання, специфічність технологічних процесів складання, типи поєднань. Виріб, складальна одиниця, вузол, агрегат, операція, перехід, бази, базові поверхні.

Тема 2. Технологічність конструкції. Якісна та кількісна оцінка технологічності. Технологічність конструкції в зв'язку з процесом складання. Коефіцієнт уніфікації, стандартизації. Шляхи підвищення технологічності.

Змістовний модуль 2. Точність складання.

Тема 3. Точність складання. Фактори які впливають на точність. Складальні розмірні ланцюги. Методи розрахунку точності замикаючої ланки (метод max-min, вірогідносний). Площинні розмірні ланцюги.

Тема 4. Методи, які забезпечують задану точність. Методи повної взаємозаміни та метод неповної взаємозаміни. Метод групової взаємозаміни, метод регулювання (компенсаторів) та метод припасування. Вибір методу які забезпечують задану точність.

Змістовний модуль 3. Контроль технологічних процесів складання.

Тема 5. Види технічного контролю. Контроль технологічних процесів. Контроль головних геометричних параметрів, зазорів і биття. Контроль співвісності жорсткими калібрами, оптичним методом за допомогою пристроїв та пневматичним методом.

Тема 6. Дисбаланс роторів. Неврівноваженість та її види, причини неуврівноваженості. Міра неуврівноваженості. Технологічний процес балансування роторів. Статичне балансування та його недоліки. Динамічне балансування. Машини для статичного та динамічного балансування.

Змістовний модуль 4. Проектування технологічних процесів складання.

Тема 7. Етапи проектування. Технологічний контроль складальних креслень. Відпрацювання конструкції на технологічність. Вибір базової деталі. Розробка графічної схеми технологічного процесу. Нормування та проектування складальних пристроїв.

Тема 8. Техніко-економічна ефективність та документація технологічного процесу складання. Технічний та економічний принцип побудови технологічного процесу складання. Критерії оцінки ефективності проектування технологічного процесу складання. Документація. Маршрутна карта, операційна карта, карта ескізів. Інструкція по виконанню складних операцій. Відомість технологічної документації.

Модуль II

Змістовний модуль 5. Складання основних пар ГТД.

Тема 9. Різьбові з'єднання. Основні вимоги при складанні різьбових з'єднань. Попереднє зусилля затяжки. Методи контролю зусилля затяжки: по обертальному моменту, по куту повороту гайки, по подовженню болта, відносно контрольного штифта, по зминанню тарованої шайби одноразового застосування. Порядок затяжки болтів.

Тема 10. Зубчасті з'єднання. Підшипники. Основні вимоги при складанні зубчатих сполучень. Боковий зазор, його призначення та методи його контролю. Якісна та інтегральна оцінка складання зубчастих з'єднань. Класи точності підшипників. Початковий попередній зазор та методи його контролю.

Тема 11. Пресові та нероз'ємні з'єднання. Повздовжньо-пресові та поперечно-пресові з'єднання. Область раціонального застосування кожного із видів з'єднань. Зварювальні з'єднання, технологічність зварних з'єднань, паяні та клейові та механічні з'єднання.

Змістовний модуль 6. Вузлове та загальне складання ГТД.

Тема 12. Складання компресорів та турбін. Основні вимоги при складанні компресорів. Складання компресорів диски, яких з'єднуються радіальним штифтом. Особливості складання компресорів диски, яких з'єднуються стяжною штангою. Складання роторів турбін. Складання соплових апаратів. Контроль прохідних перерізів.

Тема 13. Складання камер згоряння та загальне складання ГТД. Основні вимоги при складанні камер згоряння. Особливості складання камер згоряння трубчатого, кільцевого та трубчато-кільцевого типу. Розробка графічних схем складання камер згоряння. Основні вимоги загального складального АД. Вибір схеми складання та базової деталі. Забезпечення осьових та радіальних зазорів. Дисбаланс.

Змістовний модуль 7. Випробування АД.

Тема 14. Види випробувань. Дослідницькі випробування. Назначення та види дослідницьких випробувань. Модельні, натурні. Режими випробування. Експериментальні випробування. Доводка вузлів, двигуна взагалі. Державні тривалі на ресурс, в ТБК, льотні.

Тема 15. Серійні випробування. Короткочасні, здаточні та контрольні. Довготривалі, місячні та квартальні. До повного руйнування.

Тема 16. Випробувальні станції. Структура та обладнання випробувальних станцій. Устаткування випробувальних боксів. Силомірні пристрої. Призначення, конструкція, принцип роботи. Системи випробувальних станцій. Основні етапи випробувань.

5. Індивідуальні завдання

1. Виконання розрахункової роботи на тему: «Методи досягнення заданої точності». Пряма – конструкторська задача.

2. Виконання розрахункової роботи на тему: «Методи досягнення заданої точності». Зворотня – технологічна задача.

6. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, практичних занять, лабораторних робіт, індивідуальних завдань і консультацій, самостійна робота студентів.

7. Методи контролю

Проведення поточного контролю, письмового модульного контролю, фінальний контроль у вигляді іспитів.

8. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

8.1. Розподіл балів, які отримують студенти (кількісні критерії оцінювання)

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
модуль 1			
Робота на лекціях	0...0,5	12	0...6
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	2...3	2	4...6
Модульний контроль	18...28	1	18...28
модуль 2			
Робота на лекціях	0...0,5	12	0...6
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	2...3	2	4...6
Модульний контроль	18...28	1	18...28
Виконання і захист РГР (РР, РК)	8...10	2	16...20
Усього за семестр			60...100

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

Білет для іспиту/заліку складається з ... двох запитань, наприклад: 1. Площинні розмірні ланцюги. 2. Статичне балансування.

Максимальне кількість балів за кожне питання - 50.

8.2. Якісні критерії оцінювання

В результаті засвоєння курсу студент повинен знати:

- Особливості технологічного процесу складання та випробування АД;
- Методи розрахунків точності замикаючої ланки;
- Основи забезпечення технологічності конструкції АД;
- послідовність етапів проектування технологічного процесу складання;
- методи досягнення заданої точності складальних параметрів;
- особливості складання головних пар вузлового та загального складання АД;

В результаті засвоєння курсу студент повинен вміти:

- критично оцінювати технологічність виробу у зв'язку з процесом складання;
- розраховувати очікувану точність складання;
- правильно вибирати методи, які забезпечують задану точність складальних параметрів;
- розробляти графічні схеми ТП складання.

8.3 Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

Задовільно (60-74). Мати мінімум знань та умінь. Відпрацювати та захистити всі практичні заняття домашні завдання. Вміти самостійно оцінювати технологічність конструкції. Знати особливості технології складання та випробування АД. Знати послідовність проектування ТП складання. Вміти розробляти графічні схеми складання.

Добре (75 - 89). Твердо знати мінімум знань, виконати усі завдання. Вміти самостійно давати критичну оцінки технологічності. Розраховувати очікувану точність та вибирати ті методи складання, які забезпечують необхідну точність. Мати уявлення про складання вузлів та загального складання АД.

Відмінно (90 - 100). Повно знати основний та додатковий матеріал. Знати усі теми. Орієнтуватися у підручниках та посібниках. Знати шляхи підвищення технологічності, технічні та економічні принципи побудови тех. процесів складання. Вміти оцінювати техніко-економічну ефективність тех. процесів складання. Мати уявлення про сучасні передові методи складання АД, перспективи розвитку технології складання.

Шкала оцінювання: бальна і традиційна

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

9. Політика навчального курсу

Політика курсу базується на гуманістичній освітній парадигмі, суть якої полягає у повазі до особистості здобувача, у праві й можливості майбутнього фахівця самостійно обирати спосіб засвоєння навчального матеріалу, у навчанні у співробітництві, тобто спільній із викладачем діяльності; у розвитку критичного мислення здобувачів. Здобувачі освіти, які за певних обставин не можуть відвідувати практичні заняття регулярно, повинні протягом тижня узгодити із викладачем графік індивідуального відпрацювання пропущених занять. Окремі пропущені заняття мають бути відпрацьовані на найближчій консультації протягом тижня після їх пропуску.

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>). Будь-які форми порушення академічної доброчесності не толеруються. Виявлення ознак академічної недоброчесності в письмовій роботі здобувача освіти є підставою для її незарахування викладачем незалежно від масштабів плагіату чи обману.

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

Вказати електронний ресурс, на якому розміщено навчально-методичний комплекс дисципліни, який включає в себе:

Обов'язкові складові:

- робоча програма дисципліни;
 - конспект лекцій, підручники (навчальні посібники), в тому числі в електронному вигляді, які за змістом повністю відповідають робочій програмі дисципліни;
 - методичні вказівки та рекомендації для виконання курсових робіт та проектів, розрахункових та розрахунково-графічних робіт, лабораторних та практичних робіт, а також рекомендації для самостійної підготовки;
 - тематики індивідуальних завдань;
 - приклади розв'язування типових задач чи виконання типових завдань;
 - питання, тести для контрольних заходів;
 - каталоги інформаційних ресурсів;
- Додаткові складові НМКД (за необхідністю):
- збірники ситуативних завдань (кейсів);
 - комп'ютерні презентації;
 - ілюстративні матеріали (плакати, таблиці тощо).

14. Рекомендована література

Базова

1. Avallone, E. A. & T. Baumeister III, Marks Standard Handbook for Mechanical
2. Engineers, 9th Edition, McGraw Hill Book Company, NY, 1987.

3. American Society for Testing and Materials, Annual Book of ASTM Standards, Section
4. 3: Metals Test Methods and Analytical Procedures, Vol. 03.01-Metals-Mechanical
5. Testing; Elevated and Low-Temperature Tests, ASTM, Philadelphia, 1986, pp. 836-848.
6. Bannantine, J. A., J. J. Comer and J. L. Handrock, Fundamentals of Metal Fatigue
7. Analysis, Prentice Hall Inc, New Jersey, 1990.
8. Bickford, J. H., An Introduction to the Design and Behavior of Bolted Joints, Second
9. Edition, Marcel Dekker, NY, 1990.
10. Bickford, J. H. and S. Nassar, Editors, Handbook of Bolts and Bolted Joints, Marcel
11. Dekker, NY, 1998.
12. Durbin, Samuel, Charles Morrow, and Jason Petti, "Review of Bolted Joints near
13. Material Edges", Internal Sandia Memo, 2007.
14. Lindeburg, M. R., Mechanical Engineering Reference Manuals for the PE Exam, 11th
15. Edition, Professional Publications, Belmont, CA, 2001.
16. Miller, Keith, private conversations, 2007.
17. Morrow, Charles and Samuel Durbin, "Review of the Scale Factor, Q, Approach to
18. Bolted Joint Design", Internal Sandia Memo, 2007.

Допоміжня

1. Musto, J. C. and N. R. Konkle, "Computation of Member Stiffness in the Design of
2. Bolted Joints", ASME J. Mech. Des., November, 2006, 127, pp. 1357-1360.
3. National Aeronautics and Space Administration, "Space Shuttle: Criteria for Preloaded
4. Bolts", NSTS 080307 Revision A, July 6, 1998.
5. Oberg, E., F. D. Jones, L. H. Holbrook, and H. H. Ryffel, Machinery's Handbook, 27th
6. Edition, Industrial Press Inc, NY, 2004
7. Pulling, E. M., S. Brooks, C. Fulcher, K. Miller, Guideline for Bolt Failure Margins of
8. Safety Calculations, Internal Sandia Report, December 7, 2005.
9. Roach, R. A, Working Draft of "Design & Analysis Guidelines for Satellite Fasteners &
10. Flexures", 2007.
11. Shigley, J. E., C. R. Mischke, and T. H. Brown, Jr., Standard Handbook of Machine
12. Design, 7th Edition, McGraw-Hill Book Company, NY, 2004.
13. Shigley, J. E., C. R. Mischke, and R. G. Budynas, Mechanical Engineering Design, 7th
14. Ed., McGraw-Hill Book Company, NY, 2004.
15. Wileman, J., M. Choudhury, and I. Green, "Computation of Member Stiffness in Bolted
16. Connections," ASME J. Mech Des., December, 1991, 113, pp. 432-437.

14. Інформаційний ресурс

1. <http://k204.khai.edu>
2. www.youtube.com