

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра технології виробництва авіаційних двигунів (№ 204)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми


С. М. Нижник
(ініціали та прізвище)
«»  2021 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА *ОБОВ'ЯЗКОВОЇ*
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Технологія двигунобудування

(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: Технології виробництва авіаційних двигунів
та енергетичних установок
(найменування освітньої програми)

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Харків 2021 рік

Робоча програма Технології двигунобудування
(назва дисципліни)
для студентів за спеціальністю 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»
освітньою програмою Технології виробництва авіаційних двигунів
та енергетичних установок

«30» червня 2021 р., – 15 с.

Розробник: Шорінов О. В., ст. викладач каф. 204, к. т. н.
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь і вчене звання)

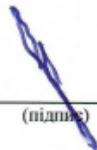


(підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри 204
«Технології виробництва авіаційних двигунів»
(назва кафедри)

Протокол № 10 від « 02» липня 2021 р.

Завідувач кафедри д.т.н., професор
(науковий ступінь і вчене звання)



(підпис)

А. І. Долматов
(ініціали та прізвище)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни
		(денна форма навчання)
Кількість кредитів: 12,5	Галузь знань: 13 “Механічна інженерія”	Вибіркова дисципліна
Екзаменаційних модулів: 2 Змістових модулів: 7		Навчальний рік: 2021 / 2022
Індивідуальне науководослідне завдання (курсний проект): “Конструкторсько-технологічні розрахунки та розроблення маршрутно-операційного технологічного процесу виготовлення деталі авіадвигуна”	Спеціальність: 134 “Авіаційна та ракетно-космічна техніка”	Семестр: 6, 8
		Лекції: 66 годин
	Освітня програма: “Технології виробництва авіаційних двигунів та енергетичних установок”	Практичні заняття: 48 годин
		Лабораторні роботи: 48 годин
Загальна кількість годин: кількість годин аудиторних занять - 162 / загальна кількість годин - 375	Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)	Самостійна робота: 213 годин, у т. ч. курсовий проект
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 13,50 / самостійної роботи студента – 17,75		Індивідуальні заняття (курсний проект): 60 годин
		Види контролю: модульний контроль; іспит; диференційований залік

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: 162 / 213.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

2.1. Мета вивчення: технологічна підготовка спеціалістів у галузі авіаційного двигунобудування з використанням комп’ютерної техніки, оволодіння закономірностями розмірного аналізу, використання сучасних раціональних методів проектування технологічної підготовки виробництва.

2.2. Завдання: придбання фундаментальних знань про формоутворення поверхонь та методи обробки деталей на металорізальних верстатах, про загальний устрій та компоновку верстатів; отримання початкових відомостей про верстати з ЧПК та перспектив розвитку технологічного обладнання; розрахунок маршрутно-операційного технологічного процесу виготовлення деталей авіаційного двигуна.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні досягти таких **компетентностей:**

Інтегральні компетентності:

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 невизначеністю умов.

Загальні компетентності:

ЗК6. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

ЗК7. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

ЗК8. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

Фахові компетентності:

ФК13. Здатність призначити оптимальні матеріали для елементів конструкції авіаційної та ракетно-космічної техніки

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.

2.3. Програмні результати навчання відповідно до освітньої програми:

Згідно з вимогами освітньо-професійних програми студенти повинні:

ПРН5. Пояснювати свої рішення і підґрунтя їх прийняття фахівцям і нефаківцям в ясній і однозначній формі.

ПРН9. Дотримуватися вимог галузевих нормативних документів щодо процедур проектування, виробництва, випробування та (або) сертифікації елементів та об'єктів авіаційної та ракетно-космічної техніки на всіх етапах їх життєвого циклу.

ПРН11. Володіти навичками визначення навантажень на конструктивні елементи авіаційної та ракетно-космічної техніки на всіх етапах їх життєвого циклу.

ПРН13. Описувати будову металів та неметалів та знати методи модифікації їх властивостей. Призначати оптимальні матеріали для елементів та систем авіаційної та ракетно-космічної техніки з урахуванням їх структури, фізичних, механічних, хімічних та експлуатаційних властивостей, а також економічних факторів.

ПРН15. Описувати експериментальні методи дослідження структурних, фізико-механічних і технологічних властивостей матеріалів та конструкцій.

ПРН16. Застосовувати у професійній діяльності сучасні методи проектування, конструювання та виробництва елементів та систем авіаційної та ракетно-космічної техніки.

ПРН18. Розуміти та обґрунтовувати послідовність проектування, виробництва, випробування та (або) сертифікації елементів та систем авіаційної та ракетно-космічної техніки.

ПРН21. Розуміти теоретичні принципи та практичні методи інструментального забезпечення взаємозамінності деталей авіаційної та ракетно-космічної техніки.

ПРН22. Мати навички розробки технологічних процесів, у тому числі з застосуванням автоматизованого комп'ютерного проектування виробництва конструктивних елементів та систем авіаційної та ракетно-космічної техніки.

2.4 Міждисциплінарні зв'язки:

Структурно-логічні міждисциплінарні зв'язки базуються на всіх навчальних дисциплінах попередніх семестрів, але в найбільшій мірі на професійно-орієнтованих з попередніх семестрів. **Пререквізити:** "Методи і параметри формоутворення поверхонь", "Технології конструкційних матеріалів", "Інформаційні технології проектування", "Технології виробництва авіаційних двигунів та енергетичних установок", "САПР технологічних процесів", "Проектування операцій на верстатах з ЧПК", **кореквізити:** "Автоматизація виробничих процесів", "Конструкція АД".

3. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1.

Змістовий модуль 1: Оптимізація точності та технологічні розмірні розрахунки у технологічних операціях формоутворення поверхонь деталей АД

Тема 1. Класифікація, характеристики та елементи технологічних процесів і типів виробництва авіаційних двигунів. Терміни, визначення та приклади. Фактори, що впливають на дійсну похибку розмірів і форми при формоутворенні поверхонь деталей двигунів, їх класифікація та аналіз. Характеристики та категорії точності формоутворення поверхонь деталей авіадвигунів. Методи дослідження факторів, що впливають на дійсну похибку першої та другої характеристик точності формоутворення поверхонь деталей. Технологічна спадкоємність. Принципи визначення очікуваної точності при автоматичному забезпеченні операційного розміру. Підсумовування складових очікуваної похибки. Розмірний аналіз точності формоутворення торцевих поверхонь та визначення технологічних розмірів-координат.

Тема 2. Методи розрахунково-технологічного визначення параметрів точності формоутворення поверхонь і браку деталей. Визначення вірогідності браку у формоутворюючих операціях, що виконуються в умовах несуміщення баз. Перерахунки і оптимізації операційних розмірів для забезпечення 100 %-ної придатності деталей, що оброблюються в умовах несуміщення конструкторських і технологічних баз.

Тема 3. Особливості, розроблення та аналіз конструкторсько-технологічних розмірних зв'язків торцевих поверхонь у формоутворюючих операціях деталей АД. Розроблення та аналіз розмірних схем формування розмірів-координат плоских торцевих поверхонь деталей АД та відповідних конструкторсько-технологічних ланцюгів. Перевірка конструкторсько-технологічних розмірних ланцюгів на відповідності основному рівнянню розмірного аналізу, максимальному і мінімальному значенням замикаючої ланки, правилу “короткого розмірного ланцюга” та правилу вибору замикаючого ланцюга для всіх операцій формоутворення торців деталі АД. Методика визначення та обґрунтування припусків на формоутворення та операційних розмірів-координат і допусків на них для плоских торцевих поверхонь деталей АД з використанням теорії та методик конструкторсько-технологічних розмірних ланцюгів.

Тема 4. Основні положення та правила практичного використання прикладної теорії графів у розмірному аналізі конструкторської і технологічної автоматизованої комп'ютеризованої підготовки сучасного виробництва авіаційних двигунів. Загальні правила, методика побудови і аналізу початкових, похідних та сумішених графів розмірних конструкторсько-технологічних ланцюгів формоутворення плоских торцевих поверхонь деталей АД. Зміст та послідовність визначення і оптимізації операційних розмірів та допусків на них для плоских торцевих поверхонь деталей АД з використанням прикладної теорії графів.

Модульний контроль

Змістовий модуль 2: Прикладна теорія базування деталей у двигунобудуванні

Тема 5. Загальні положення прикладної теорії базування – основні поняття, терміни, визначення. Способи розподілу похибок взаємного розташування двох взаємозв'язаних установочних баз. Геометрична інтерпретація та сутність принципу сумісності баз (ПСБ). ПСБ та раціональна послідовність операцій формоутворення поверхонь деталей АД. ПСБ при проектуванні технологічних операцій формоутворення поверхонь та контролю деталей.

Тема 6. Загальні правила, вибір та обґрунтування установочних баз. Вибір та обґрунтування установочних баз в умовах несумісності баз: правило першочерговості, умова найменшої похибки, правило єдиної установочної бази і принцип постійності установочних баз. Вибір та обґрунтування початкових координуючих баз. Перерахування розмірів при виборі координуючої бази. Розподіл похибок взаємного положення двох установочних баз. Розповинювання похибки, зв'язаної з установленням деталі. Оптимізація технологічних розмірів-координат для мінімізації браку деталей за креслярськими розмірами в умовах несуміщення конструкторських і технологічних баз при дотриманні правила єдиної установочної бази. Оптимізація технологічних розмірів-координат для мінімізації браку деталей за креслярськими розмірами в умовах несуміщення конструкторських і технологічних баз при порушенні умови

найменшої похибки та правила єдиної установочної бази. Розрахунки та оптимізація точності технологічних розмірів з урахуванням варіантів розподілу похибок взаємного положення двох установочних баз в умовах серійного виробництва деталей партіями на заздалегідь налагодженому устаткуванні. Приклади та аналіз установлення та базування деталей.

Тема 7. Загальна структура первинних похибок геометричних параметрів. Визначення похибок, які виникли в результаті базування, дії сил різання, сил закріплення, зношення, кінематики, пружних та температурних деформацій елементів технологічних систем. Способи підвищення жорсткості технологічних систем. Вплив динаміки технологічних систем на похибку форми і хвилястість поверхні. Вплив вібрацій динамічної системи на точність поверхонь деталей у формоутворюючих операціях. Оптимізація технологічних параметрів операцій з використанням ЕОМ.

Модульний контроль

Модуль 2

Індивідуальне науково-дослідне завдання: (курсний проект – самостійна робота поза розкладом занять). Диференційований залік.

3. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	Денна форма				
	Усь- ого	у тому числі:			
Л		ПЗ	ЛР	С.р.	
Модуль 1					
Змістовий модуль 1: Оптимізація точності та технологічні розмірні розрахунки у технологічних операціях формоутворення поверхонь деталей АД					
Тема 1. Класифікація, характеристики та елементи технологічних процесів і типів виробництва авіаційних двигунів. Терміни, визначення та приклади. Фактори, що впливають на дійсну похибку розмірів і форми при формоутворенні поверхонь деталей двигунів, їх класифікація та аналіз. Характеристики та категорії точності формоутворення поверхонь деталей авіадвигунів. Методи дослідження факторів, що впливають на дійсну похибку першої та другої характеристик точності формоутворення поверхонь деталей. Технологічна спадкоємність. Принципи визначення очікуваної точності при автоматичному забезпеченні операційних розмірів на заздалегідь налагодженому обладнанні. Підсумовування складових очікуваної похибки. Розмірний аналіз точності формоутворення торцевих поверхонь та визначення технологічних розмірів-координат.	37	10	4	8	15
Тема 2. Методи розрахунково-технологічного визначення параметрів точності формоутворення поверхонь і браку деталей. Визначення вірогідності браку у формоутворюючих операціях, що виконуються в умовах несуміщення баз. Перерахунки і оптимізації операційних розмірів для забезпечення 100 %-ної придатності деталей, що оброблюються в умовах несуміщення конструкторських і технологічних баз.	35	6	6	8	15
Тема 3. Особливості, розроблення та аналіз конструкторсько-технологічних розмірних зв'язків торцевих поверхонь у формоутворюючих операціях деталей АД. Розроблення та аналіз розмірних схем формування розмірів-координат плоских торцевих поверхонь деталей та відповідних конструкторсько-технологічних розмірних ланцюгів та їх перевірка на відповідності основному рівнянню розмірного аналізу, максимальному і мініимальному значенням замикаючої ланки, правилу “короткого розмірного ланцюга” та правилу вибору замикаючого ланцюга для всіх операцій формоутворення торців. Методика визначення та обґрунтування	46	10	8	8	20

припусків на формоутворення та операційних розмірів-координат і допусків на них для плоских торцевих поверхонь деталей з використанням теорії та методик конструкторсько-технологічних розмірних ланцюгів.					
Тема 4. Основні положення та правила практичного використання прикладної теорії графів у розмірному аналізі конструкторської і технологічної автоматизованої комп'ютеризованої підготовки сучасного виробництва авіаційних двигунів. Загальні правила, методика побудови і аналізу початкових, похідних та суміщених графів розмірних конструкторсько-технологічних ланцюгів формоутворення плоских торцевих поверхонь деталей. Зміст та послідовність визначення і оптимізації операційних розмірів та допусків на них для плоских торцевих поверхонь деталей з використанням прикладної теорії графів.	42	10	6	6	20
Разом за змістовим модулем 1	160	36	24	30	70
Змістовий модуль 2: Прикладна теорія базування деталей у двигунобудуванні					
Тема 5. Загальні положення прикладної теорії базування – основні поняття, терміни, визначення. Способи розподілу похибок взаємного розташування двох взаємозв'язаних установочних баз. Геометрична інтерпретація та сутність принципу сумісності баз (ПСБ). ПСБ та раціональна послідовність операцій формоутворення поверхонь деталей. ПСБ при проектуванні технологічних операцій формоутворення поверхонь та контролю деталей.	58	12	10	6	30
Тема 6. Загальні правила, вибір та обґрунтування установочних баз. Вибір та обґрунтування установочних баз в умовах несумісності баз: правило першочерговості, умова найменшої похибки, правило єдиної установочної бази і принцип постійності установочних баз. Вибір та обґрунтування початкових координуючих баз. Перерахування розмірів при виборі координуючої бази. Розподіл похибок взаємного положення двох установочних баз. Розполовинювання похибки, зв'язаної з установленням деталі. Оптимізація технологічних розмірів-координат для мінімізації браку деталей за креслярськими розмірами в умовах несуміщення конструкторських і технологічних баз при дотриманні правила єдиної установочної бази. Оптимізація технологічних розмірів-координат для мінімізації браку деталей за креслярськими розмірами в умовах несуміщення конструкторських і технологічних баз при порушенні умови найменшої похибки та правила єдиної установочної бази. Розрахунки та оптимізація точності технологічних розмірів з урахуванням варіантів розподілу похибок взаємного положення двох установочних баз в умовах серійного виробництва деталей партіями на заздалегідь налагодженому устаткуванні. Приклади та аналіз установлення та базування деталей.	60	12	12	6	30
Тема 7. Загальна структура первинних похибок геометричних параметрів. Визначення похибок, які виникли в результаті базування, дії сил різання, сил закріплення, зношення, кінематики, пружних та температурних деформацій елементів технологічних систем. Способи підвищення жорсткості технологічних систем. Вплив динаміки технологічних систем на похибку форми і хвилястість поверхні. Вплив вібрацій динамічної системи на точність поверхонь деталей у формоутворюючих операціях. Оптимізація технологічних параметрів операцій з використанням ЕОМ.	37	6	2	6	23
Разом за змістовим модулем 2	155	30	24	18	83

Усього годин	315	66	48	48	153
Модуль 2					
Індивідуальне науково-дослідне завдання (диференційований залік): (курсний проект – самостійна робота поза розкладом занять)					60
Усього годин за 8-й семестр	375	66	48	48	213

5. Теми лабораторних занять

№	Назви тем	Годин
1	Розподіл і розрахунки похибок взаємного розміщення двох установочних баз при точному встановленню деталі по першій з двох взаємозв'язаних баз.	10
2	Розподіл і розрахунки похибок взаємного розміщення двох установочних баз при точному встановленню деталі по другій з двох взаємозв'язаних баз.	8
3	Розподіл та розрахунки похибок взаємного розміщення двох установочних баз при точному встановленню деталі одночасно точно по двох взаємозв'язаних базах.	10
4	Розподіл та розрахунки похибок взаємного розміщення двох установочних баз при точному встановленню деталі з постійними похибками відносно до найбільш точної зовнішньої бази.	10
5	Розподіл та розрахунки похибок взаємного розміщення двох установочних баз при точному встановленню деталі з постійними похибками відносно до найбільш неточної зовнішньої бази.	10
	Разом	48

6. Теми практичних занять (Контрольні питання)

№	Назви тем	Годин
1	Класифікація, характеристики та елементи технологічних процесів і типів виробництва АД. Терміни, визначення та приклади. Фактори, що впливають на дійсну похибку розмірів і форми при формуванні поверхонь деталей двигунів, їх класифікація та аналіз. Характеристики та категорії точності формування поверхонь деталей авіадвигунів. Методи дослідження факторів, що впливають на дійсну похибку першої та другої характеристик точності формування поверхонь деталей. Технологічна спадкоємність. Принципи визначення очікуваної точності при автоматичному забезпеченні операційних розмірів на задалегідь налагодженому обладнанні. Підсумовування складових очікуваної похибки. Розмірний аналіз точності формування торцевих поверхонь та визначення технологічних розмірів-координат.	4
2	Методи розрахунково-технологічного визначення параметрів точності формування поверхонь і браку деталей. Визначення вірогідності браку у формуюючих операціях, що виконуються в умовах несуміщення баз. Перерахунки і оптимізації операційних розмірів для забезпечення 100 %-ної придатності деталей, що оброблюються в умовах несуміщення конструкторських і технологічних баз.	6
3	Особливості, розроблення та аналіз конструкторсько-технологічних розмірних зв'язків торцевих поверхонь у формуюючих операціях деталей АД. Розроблення та аналіз розмірних схем формування розмірів-координат плоских торцевих поверхонь деталей і відповідних конструкторсько-технологічних розмірних ланцюгів та їх перевірка на відповідності основному рівнянню розмірного аналізу, максимальному і мінімальному значенням замикаючої ланки, правилу “короткого розмірного ланцюга” та правилу вибору замикаючого ланцюга для всіх операцій формування торців. Методика визначення та обґрунтування припусків на формування та операційних розмірів-координат	8

	і допусків на них для плоских торцевих поверхонь деталей з використанням теорії та методик конструкторсько-технологічних розмірних ланцюгів.	
4	Основні положення та правила практичного використання прикладної теорії графів у розмірному аналізі конструкторської і технологічної автоматизованої комп'ютеризованої підготовки сучасного виробництва авіаційних двигунів. Загальні правила, методика побудови і аналізу початкових, похідних та суміщених графів розмірних конструкторсько-технологічних ланцюгів формоутворення плоских торцевих поверхонь деталей. Зміст та послідовність визначення і оптимізація операційних розмірів та допусків на них для плоских торцевих поверхонь деталей з використанням прикладної теорії графів.	6
5	Загальні положення прикладної теорії базування – основні поняття, терміни, визначення. Способи розподілу похибок взаємного розташування двох взаємозв'язаних установочних баз. Геометрична інтерпретація та сутність принципу сумісності баз (ПСБ). ПСБ та раціональна послідовність операцій формоутворення поверхонь деталей. ПСБ при проектуванні технологічних операцій формоутворення поверхонь та контролю деталей.	10
6	Загальні правила, вибір та обґрунтування установочних баз. Вибір та обґрунтування установочних баз в умовах несумісності баз: правило першочерговості, умова найменшої похибки, правило єдиної установочної бази і принцип постійності установочних баз. Вибір та обґрунтування початкових координуючих баз. Перерахування розмірів при виборі координуючої бази. Розподіл похибок взаємного положення двох установочних баз. Розполовинювання похибки, зв'язаної з установленням деталі. Оптимізація технологічних розмірів-координат для мінімізації браку деталей за креслярськими розмірами в умовах несуміщення конструкторських і технологічних баз при дотриманні правила єдиної установочної бази. Оптимізація технологічних розмірів-координат для мінімізації браку деталей за креслярськими розмірами в умовах несуміщення конструкторських і технологічних баз при порушенні умови найменшої похибки та правила єдиної установочної бази. Розрахунки та оптимізація точності технологічних розмірів з урахуванням варіантів розподілу похибок взаємного положення двох установочних баз в умовах серійного виробництва деталей партіями на задалегідь налагодженому устаткуванні. Приклади та аналіз установлення та базування деталей.	12
7	7. Загальна структура первинних похибок геометричних параметрів. Визначення похибок, які виникли в результаті базування, дії сил різання, сил закріплення, зношення, кінематики, пружних та температурних деформацій елементів технологічних систем. Способи підвищення жорсткості технологічних систем. Вплив динаміки технологічних систем на похибку форми і хвилястість поверхні. Вплив вібрацій динамічної системи на точність поверхонь деталей у формоутворюючих операціях. Оптимізація технологічних параметрів операцій з використанням ЕОМ.	2
Разом		48

7. Самостійна робота.

(Контрольні питання, в т. ч. курсовий проект – поза розкладом)

№	Назви тем	Годин
1	Класифікація, характеристики та елементи технологічних процесів і типів виробництва авіаційних двигунів. Терміни, визначення та приклади. Фактори, що впливають на дійсну похибку розмірів і форми при формоутворенні поверхонь деталей двигунів, їх класифікація та аналіз. Характеристики та категорії точності формоутворення поверхонь деталей авіадвигунів. Методи дослідження факторів, що впливають на дійсну похибку першої та другої характеристик точності формоутворення поверхонь деталей. Технологічна спадкоємність. Принципи	15

	визначення очікуваної точності при автоматичному забезпеченні операційних розмірів на заздалегідь налагодженому обладнанні. Підсумовування складових очікуваної похибки. Розмірний аналіз точності формоутворення торцевих поверхонь та визначення технологічних розмірів-координат.	
2	Методи розрахунково-технологічного визначення параметрів точності формоутворення поверхонь і браку деталей. Визначення вірогідності браку у формоутворюючих операціях, що виконуються в умовах не суміщення баз. Перерахунки і оптимізації операційних розмірів для забезпечення 100 %-ї придатності деталей, що оброблюються в умовах несуміщення конструкторських і технологічних баз.	15
3	Особливості, розроблення та аналіз конструкторсько-технологічних розмірних зв'язків торцевих поверхонь у формоутворюючих операціях деталей АД. Розроблення та аналіз розмірних схем формування розмірів-координат плоских торцевих поверхонь деталей та відповідних конструкторсько-технологічних розмірних ланцюгів та їх перевірка на відповідності основному рівнянню розмірного аналізу, максимальному і мінімальному значенням замикаючої ланки, правилу “короткого розмірного ланцюга” та правилу вибору замикаючого ланцюга для всіх операцій формоутворення торців. Методика визначення та обґрунтування припусків на формоутворення та операційних розмірів-координат і допусків на них для плоских торцевих поверхонь деталей з використанням теорії та методик конструкторсько-технологічних розмірних ланцюгів.	20
4	Основні положення та правила практичного використання прикладної теорії графів у розмірному аналізі конструкторської і технологічної автоматизованої комп'ютеризованої підготовки сучасного виробництва авіаційних двигунів. Загальні правила, методика побудови і аналізу початкових, похідних та суміщених графів розмірних конструкторсько-технологічних ланцюгів формоутворення плоских торцевих поверхонь деталей. Зміст та послідовність визначення і оптимізація операційних розмірів та допусків на них для плоских торцевих поверхонь деталей з використанням прикладної теорії графів.	20
5	Загальні положення прикладної теорії базування – основні поняття, терміни, визначення. Способи розподілу похибок взаємного розташування двох взаємозв'язаних установочних баз. Геометрична інтерпретація та сутність принципу сумісності баз (ПСБ). ПСБ та раціональна послідовність операцій формоутворення поверхонь деталей. ПСБ при проектуванні технологічних операцій формоутворення поверхонь та контролю деталей.	30
6	Загальні правила, вибір та обґрунтування установочних баз. Вибір та обґрунтування установочних баз в умовах несумісності баз: правило першочерговості, умова найменшої похибки, правило єдиної установочної бази і принцип постійності установочних баз. Вибір та обґрунтування початкових координуючих баз. Перерахування розмірів при виборі координуючої бази. Розподіл похибок взаємного положення двох установочних баз. Розполовинювання похибки, зв'язаної з установленням деталі. Оптимізація технологічних розмірів-координат для мінімізації браку деталей за креслярськими розмірами в умовах не суміщення конструкторських і технологічних баз при дотриманні правила єдиної установочної бази. Оптимізація технологічних розмірів-координат для мінімізації браку деталей за креслярськими розмірами в умовах несуміщення конструкторських і технологічних баз при порушенні умови найменшої похибки та правила єдиної установочної бази. Розрахунки та оптимізація точності технологічних розмірів з урахуванням варіантів розподілу похибок взаємного положення двох установочних баз в умовах серійного виробництва деталей партіями на заздалегідь налагодженому устаткуванні. Приклади та аналіз установлення та базування деталей.	30
7	7. Загальна структура первинних похибок геометричних параметрів. Визначення похибок, які виникли в результаті базування, дії сил різання, сил закріплення, зношення, кінематики, пружних та температурних деформацій елементів технологічних систем. Способи підвищення жорсткості технологічних систем. Вплив динаміки технологічних систем на похибку форми і хвилястість поверхонь.	23

	Вплив вібрацій динамічної системи на точність поверхонь деталей у формоутворюючих операціях. Оптимізація технологічних параметрів операцій з використанням ЕОМ.	
	Індивідуальне науково-дослідне завдання (курсний проект)	60
	Разом	213

8. Теми семінарських занять

№	Назва теми	Годин
1	–	–

9. Модуль 2: Індивідуальні науково-дослідні завдання (курсний проект – поза розкладом):

План-графік завдання на курсний проект з навчальної дисципліни “Технології двигунобудування”: “Розрахунки та розроблення маршрутно-операційного технологічного процесу виготовлення деталі авіаційного двигуна”

№	Завдання та найменування розділів	Годин
0	Титульний лист.* Завдання.* Анотація.* Зміст. Вступ.	2
1	Розроблення, оформлення та аналіз розмірної схеми формоутворення чотирьох плоских поверхонь-представників і схем конструкторсько-технологічних розмірних ланцюгів плоских торцевих поверхонь деталі АД.	8
2	Розрахунки, аналіз та оптимізація припусків на оброблення та 3 операційних розмірів-координат плоских торцевих поверхонь деталі з використанням прикладної теорії графів розмірних ланцюгів.	8
3	Проектування та оформлення трьох формоутворюючих операцій-представників.	20
4	Розроблення та оформлення комплекту технологічної документації маршрутно-операційного технологічного процесу виготовлення деталі АД [зброшурувати окремо: титульний лист, маршрутна карта, 3 операційних карти і 3 карти ескізів формоутворюючих операцій, використовуючи РГР дисциплін 4...7 семестрів “Методи і параметри формоутворення”, “Технології двигунобудування”, “Технологічне оснащення двигунобудування”, “САПР ТП”, “Технології виробництва авіаційних двигунів та енергетичних установок”, “Проектування операцій на верстатах з ЧПК” тощо].	20
	Заключення. Література. Додатки.* Відомість документації.* Дооформлення пояснювальної записки, підготовка та захист проекту.	2
	Всього:	60

* – у заліковий обсяг не входять, нумеруються за відповідними правилами.

– текст у квадратних дужках виконувати, але не включати у розділи “Завдання” і “Зміст”.

Приклад оцінювання складових курсового проекту (балів)

Пояснювальна записка та комплект технологічної документації проекту	Графічна частина	Захист проекту	Сума
до 58	до 32	до 10	до 100

10. Методи навчання

Проведення аудиторних лекційних і практичних занять, лабораторних робіт, індивідуальних та групових консультацій поза розкладом, самостійна робота студентів з науково-технічною інформацією, медіа-засобами та методичними посібниками кафедри тощо.

11. Методи контролю якості навчання

Проведення поточного контролю за контрольними питаннями на практичних заняттях, лабораторних роботах та консультаціях поза розкладом, при захисті курсового проекту, письмових модульних іспитах, підсумковому контролю у вигляді письмового іспиту.

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти (іспит)

12.1. Розподіл балів, які отримують студенти за елементами освітнього процесу (кількісні критерії оцінювання)

Складові навчальної роботи	Бали за одне завдання	Кількість завдань	Сума балів
Модуль 1: Змістовий модуль 1			
Складання модульного контролю	0 ... 30	1	0 ... 30
Робота на лекціях	0 ... 1	6	0 ... 6
Виконання та захист лабораторних робіт	0 ... 5	2	0 ... 10
Робота на практичних заняттях	0 ... 3	2	0 ... 6
Модуль 1: Змістовий модуль 2			
Складання модульного контролю	0 ... 28	1	0 ... 26
Робота на лекціях	0 ... 1	6	0 ... 6
Виконання та захист лабораторних робіт	0 ... 5	2	0 ... 10
Робота на практичних заняттях	0 ... 3	2	0 ... 6
Усього за семестр			0 ... 100

Поточне тестування, самостійна робота та модульні іспити			Підсумковий іспит у випадку відмови від балів поточного тестування та наявності допуску до іспиту (балів) *
Змістовий модуль 1	Змістовий модуль 2	Сума балів	
T1, T2, T3, T4	T5, T6, T7	до 100	до 100
до 50	до 50		

T1, T2, ... T7 – теми змістових модулів

* Білети для обох екзаменаційних змістових модулів включають по 2...3 запитання (залежно від обсягу та складності матеріалу) при максимальній сумарній кількості балів до 50 кожний, а підсумковий іспит у випадку відмови від балів поточного тестування складається із трьох запитань при сумарній кількості балів до 100.

12.2. Якісні критерії оцінювання знань, умінь та професійних навичок і компетенцій:

Необхідний обсяг **знань** для одержання позитивної оцінки:

- способи перевірки правильності і оптимальності структури та складових розмірної схеми формоутворення торцевих поверхонь деталей двигунів;
- загальні правила побудови, перевірки та аналізу графів розмірних конструкторсько-технологічних розмірних ланцюгів;
- сутність та особливості факторів, що впливають на дійсну похибку конструкторсько-технологічних характеристик деталей двигунів;
- характеристики та категорії точності формоутворення поверхонь деталей двигунів;
- загальну структуру первинних похибок геометричних параметрів формоутворення поверхонь деталей двигунів;

- способи оптимізації припусків на обробку та операційних розмірів-координат торцевих поверхонь деталей двигунів;
- способи підвищення точності та жорсткості технологічної системи.

Необхідний обсяг **вмінь** для одержання позитивної оцінки:

- цілеспрямовано і професійно виконувати конструкторсько-технологічний аналіз номенклатури деталей підприємства для технологічної підготовки виробництва;
- компетентно використовувати методики прикладної теорії базування для проектування технологічної підготовки виробництва складних наукоємних технічних об'єктів високих параметрів точності та шорсткості поверхонь;
- обґрунтовано використовувати методики розрахунків припусків на обробку, операційних розмірів та допусків на них для поверхонь деталей двигунів з використанням теорії та методик конструкторсько-технологічних розмірних ланцюгів та прикладної теорії графів;
- обґрунтовано визначати похибки, які виникають в результаті базування, дій сил різання, сил закріплення, кінематики, зношення, пружних та температурних деформацій елементів технологічної системи і раціонально зменшувати їх негативний вплив;
- професійно створювати розмірну схему формоутворення плоских торцевих поверхонь тіл обертання;
- оптимізувати результати конструкторсько-технологічних розрахунків та розмірного аналізу технологічних процесів двигунобудування;
- кваліфіковано використовувати методики прикладної теорії графів розмірних ланцюгів для конструкторсько-технологічного аналізу та оптимізації технологічних процесів двигунобудування з формуванням відповідних сучасних компетенцій;
- компетентно оформляти комплекти технологічної документації операційних технологічних процесів для серійного, дрібносерійного та одиничного типів виробництва.

Необхідний обсяг професійних **навичок і компетенцій** для одержання позитивної оцінки:

Мати навички та компетенції професійного проектування та впровадження у виробництво сучасних технологічних процесів і операцій двигунобудування.

12.3 Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру:

Приклад

Задовільно (60 ... 74 бали). Оволодіти і практично підтвердити мінімум програмних знань та умінь. Відпрацювати та задовільно захистити всі лабораторні роботи та практичні завдання, дати стабільні і умотивовані задовільні відповіді на контрольні питання до практичних занять і самостійної роботи, з використанням сучасних методичних алгоритмів, з використанням сучасних інформаційних технологій і промислового обладнання для двигунобудування, в т. ч. до всіх розділів курсового проекту під час захисту на 60...74 бали.

Добре (75 ... 89 балів). Оволодіти і вільно та професійно підтвердити програмні знання, уміння, професійні навички і компетенції. Відпрацювати та вмотивовано і якісно захистити всі лабораторні роботи та практичні завдання в обумовлені строки графіка освітнього процесу з обґрунтуванням рішень, з використанням сучасних методичних алгоритмів, з використанням сучасних інформаційних технологій і промислового обладнання для двигунобудування, які запропоновано у роботах, дати стабільні і компетентно умотивовані відповіді на контрольні питання до практичних занять і самостійної роботи, в т. ч. до всіх розділів курсового проекту під час захисту на 75...89 балів.

Відмінно (90 ... 100 балів). Оволодіти і вільно та професійно підтвердити програмні знання, уміння, професійні навички і компетенції. Відпрацювати та вмотивовано і професійно компетентно захистити всі лабораторні роботи та практичні завдання в обумовлені строки графіка освітнього процесу з обґрунтуванням рішень, використанням сучасних науково-методичних алгоритмів, з використанням сучасних інформаційних технологій і промислового обладнання для двигунобудування, дати стабільні і компетентно умотивовані відповіді на

контрольні питання до практичних занять і самостійної роботи, в т. ч. до всіх розділів курсового проекту під час захисту на 90...100 балів.

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

13. Методичне забезпечення (видане в Університеті)

1. Методические указания к курсовому проекту по технологии производства авиационных двигателей. (Разр.: Лелета А.А., Сотников В.Д., Долматов А.И., Бастеев В.И.). Харьков, ХАИ, 1981. – 96 с.
2. Расчёт припусков и режимов резания при точении, сверлении, зенкерования и развертывании. Учеб. пособие / А.П. Барсуков, В.Д. Сотников, А.И. Долматов, А.А. Лелета, А.Д. Некрасов. – Харьков: Харьк. авиац. ин-т, 1986. – 39 с.
3. Сотников В.Д. и др. Разработка маршрутных технологических процессов изготовления деталей авиадвигателей. Харьков, ХАИ, 1989. – 40 с.
4. Сотников В.Д. и др. Расчет режимов резания труднообрабатываемых материалов. Харьков, ХАИ, 1989. – 58 с.
5. Гранин В.Ю., Долматов А.И. и др. Определение припусков на механическую обработку и технологические размерные расчеты. Харьков, ХАИ, 1993 – 118 с.
6. Сотников В.Д. Розрахунки розмірних ланцюгів з використанням графів. Харків, ХАІ, 1994. – 24 с.
7. Конструкторско-технологические размерные расчеты в авиадвигателестроении / В.Д. Сотников.– Учеб. пос. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. ав. ин-т», 2007. – 57 с.
8. Долматов А.И., Белоконь Б.С., Князев М.К., Гранин В.Ю., Курин М.А. Проектирование технологических процессов механической обработки. Расчеты припусков и операционных размеров. Харьков: Харьк. авиац. ин-т, 2014. 176 с.
9. Точність формоутворення поверхонь і базування деталей [Електронний ресурс]: навч. посібник / В. Д. Сотников, Ю. О. Невешкін, С. В. Худяков, В. В. Третьяк; за заг. редакцією В. Д. Сотникова. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін.-т», 2018. – 206 с.
10. Конспект лекцій: Технологія двигунобудування [Електронний ресурс] / В. Д. Сотников. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін.-т», 2020. – 218 с.
11. Проектування технологічних процесів в САПР ТП. [Текст] / В. В. Третьяк, В. Д. Сотников, С. В. Худяков, І. В. Скорченко. Навчальний посібник до дипломного проектування. Харків: Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського. Харків. авіац. ін-т», 2020, с. 80.

14. Рекомендована література

Базова (видані в Університеті за останні 5-10 років)

1. Точність формоутворення поверхонь і базування деталей [Електронний ресурс]: навч. посібник / В. Д. Сотников, Ю. О. Невешкін, С. В. Худяков, В. В. Третьяк; за заг. редакцією В. Д. Сотникова. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін.-т», 2018. – 206 с.
2. Конспект лекцій: Технологія двигунобудування [Електронний ресурс] / В. Д. Сотников. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін.-т», 2020. – 218 с.

3. Проектування технологічних процесів в САПР ТП. [Текст] / В.В. Третьак, В. Д. Сотников, С.В. Худяков, І.В. Скорченко. Навчальний посібник до дипломного проектування. Харків: Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського. Харків. авіац. ін-т», 2020, с. 80.

Допоміжна

1. Богуслаев В.А., Качан А.Я., Долматов А.И., Мозговой В.Ф., Кореневский Е.Я. Технология производства авиационных двигателей. Ч.1. Основы технологии. – Запорожье, изд. ОАО «Мотор – Сич», 2007 г. – 518 с.
2. Богуслаев В.А., Качан А.Я., Долматов А.И., Мозговой В.Ф., Кореневский Е.Я. Технология производства авиационных двигателей. Ч.2. Основы проектирования технологических процессов изготовления деталей авиационных двигателей и технологическая подготовка производства. – Запорожье, изд. ОАО «Мотор – Сич», 2007 г. – 557 с.
3. Богуслаев В.А., Качан А.Я., Яценко В.К., Долматов А.И., Богуслаев А.В., Мозговой В.Ф., Кореневский Е.Я., Титов В.А. Ч.3. Методы обработки деталей авиационных двигателей – Запорожье, изд. ОАО «Мотор – Сич», 2008 г. – 638 с.
4. Фираго В.П. Основы проектирования технологических процессов и приспособлений. Методы обработки поверхностей. / М., Машиностроение, 1973, – 468 с.
5. Иващенко И.А. Проектирование технологических процессов производства двигателей летательных аппаратов. М.: Машиностроение, 1981, – 224 с.
6. Косилова А. Г. и Мещерякова. Р. К. «Справочник технолога-машиностроителя». Том 1-М.: Машиностроение, 1985 – 655 с.
7. «Справочник технолога-машиностроителя» под ред. Косиловой А. Г., Мещерякова Р. К. и др. Том 2 -М.: Машиностроение, 1985 – 496 с.
8. Косилова А. Г., Мещеряков Р. К., Калинин М. А. Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении. М. -1976.
9. Колкер, Я. Д., Руднев О. Н. Базирование и базы в машиностроении. [Текст]: Учеб. пособие. – К.: Выща шк., 1991.–100 с.
10. Якімов, О.В. і ін. Технологія машино- та двигунобудування [Текст]: Підручник / Якімов О.В. інш. – Одеса, ОНПУ, 2005. – 720 с.
11. Конструкторско-технологические размерные расчеты в авиадвигателестроении / В.Д. Сотников.– Учеб. пос. – Харьков: Нац. аерокосм. ун-т «Харьк. ав. ин-т», 2007. – 57 с.
12. Руденко, П. О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні [Текст]: Навч. посібник.– К.: Вища шк., 1993.– 414 с.
13. Производство зубчатых колес [Текст]: справочник / С. Н. Калашников и др.; под общ. ред. Б. А. Тайца. – М.: Машиностроение, 1990. – 464 с.
14. Изготовление основных деталей авиадвигателей [Текст] / М.И. Евстигнеев, И.А. Морозов, А.В. Подзей и др.; под общ. ред. А. В. Подзея. – М.: Машиностроение, 1972. – 448 с.
15. Зуев, В. М. Термическая обработка металлов / В.М. Зуев. - М.: Высш. шк., 1986. - 288 с.

15. Інформаційні електронні ресурси

1. Точність формоутворення поверхонь і базування деталей [Електронний ресурс]: навч. посібник / В. Д. Сотников, Ю. О. Невешкін, С. В. Худяков, В. В. Третьак; за заг. редакцією В. Д. Сотникова. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін.-т», 2018. – 206 с.
2. Конспект лекцій: Технологія двигунобудування [Електронний ресурс] / В. Д. Сотников. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін.-т», 2020. – 218 с.

Електронний ресурс НМКД:

http://library.khai.edu/library/fulltexts/doc/_02_Tehnologiya_Virobnictva.pdf