

Міністерство освіти і науки України

Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра «Технологій виробництва авіаційних двигунів» № 204

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми

О.А. Цирюк



(підпис)

(ініціали та прізвище)

«_____» _____ 2021 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА ВИБІРКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Технологія складання РД та ЕУ

(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: 13 «Механічна інженерія»

(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»

(код та найменування спеціальності)

Освітня програма: «Ракетні двигуни та енергетичні установки»

(найменування спеціалізації)

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: другий (магістерський)

Харків 2021 рік

Робоча програма вибіркової навчальної дисципліни

«Технологія складання РД та ЕУ»

(назва дисципліни)

для студентів за спеціальністю: 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»
освітньою програмою «Ракетні двигуни та енергетичні установки»

«01» .07.2021 р., - 10 с.

Розробник: Некрасов О.Д., професор кафедри № 204, к.т.н., доцент
(прізвище та ініціали, посада, наукова ступінь та вчене звання)
(підпис)

Робочу програму розглянуто та схвалено на засіданні кафедри № 204 «Технологій виробництва авіаційних двигунів»

(назва кафедри)

Протокол № 10 від « 02» .07.2021 р.

Завідувач кафедри д.т.н., професор _____ А.І.Долматов
(ініціали та прізвище) (наукова ступінь та вчене звання) (підпис)

1. Опис вибіркової навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітня програма	Характеристика навчальної дисципліни
		Денна форма навчання
Кількість кредитів – 4	Галузь знань: 13 «Механічна інженерія»	За вибором
Модулів – 2		Рік підготовки:
Змістових модулів – 6		
Індивідуальне науково-дослідне завдання: 1. «Методи досягнення заданої точності» Технологічна задача.	Спеціальність: 134 <u>«Авіаційна та ракетно-космічна техніка»</u>	2020-2021-й
		Семестр - 1
		Лекції - 32 год.
Загальна кількість годин: денна – 64/120	Освітня програма: <u>«Ракетні двигуни та енергетичні установки»</u> Рівень вищої освіти: другий (магістерський)	Практичні - 16
		Лабораторні - 16
Тижневих годин для денної форми навчання 4/3,5 ауд/самост		Самостійна робота -56 год.
Семестр 1		
Аудиторних- 64 год.		
Самост. роботи – 56 год.		Вид контролю
Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійних та індивідуальних робіт становить: 64/56 – 1,14		
		Модульний контроль, іспит

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета : формування професійних компетенцій, пов'язаних з технологією виробництва елементів конструкції ракетних двигунів та енергетичних установок, зарядів балістичного та сумішевого твердого ракетного палива, з забезпеченням при їх мінімальній вартості та максимальній безпеці виготовлення і експлуатації.

Завдання : надати студентам знання щодо технологічних особливостей застосовуваних металевих та композиційних матеріалів, специфічних технологій формоутворення елементів конструкції ракетних двигунів та енергетичних установок.

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

ЗК1 – здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу.

ЗК3 – здатність до проведення досліджень для розв'язання складних задач у професійній (науково-технічній) діяльності.

ЗК8 – здатність до подальшого автономного та самостійного навчання на основі новітніх науково-технічних досягнень.

ФК2 – здатність кваліфіковано обирати клас матеріалів для елементів конструкцій авіаційної та ракетно-космічної техніки, у тому числі за нечітких умов і вимог.

ФК3 – здатність оцінювати техніко-економічну ефективність проектування, досліджень, технологічних процесів та інноваційних розробок з урахуванням невизначеності умов і вимог.

ФК6 – здатність проводити роботи з підготовки виробництва об'єктів авіаційної та ракетно-космічної техніки з використанням новітніх технологій.

Програмні результати навчання:

ПРН2 – вміння критично осмислювати проблеми авіаційної та/або ракетно-космічної техніки, у тому числі на межі із суміжними галузями, інженерними науками, фізикою, хімією, екологією, економікою.

ПРН12 – вміння обґрунтовано призначати клас матеріалів для елементів та систем авіаційної та ракетно-космічної техніки, мати навички вибору методів модифікації їх властивостей.

ПРН15 – вміння застосовувати вимоги галузевих та міжнародних нормативних документів щодо формулювання та розв'язання науково-технічних задач проектування, виробництва, ремонту, складання, випробування та (або) сертифікації елементів та об'єктів авіаційної та ракетно-космічної техніки на всіх етапах її життєвого циклу.

ПРН18 – вміння застосовувати сучасні методи та засоби конструкторсько-технологічної підготовки виробництва, в тому числі комп'ютеризованого гнучкого виробництва, складання і випробування елементів та систем авіаційної та ракетно-космічної техніки для сучасного обладнання з числовим програмним керуванням.

ПРН19 – вміння обчислювати напружено-деформований стан, визначати несійну здатність конструктивних елементів та надійність систем авіаційної та ракетно-космічної техніки та засобів промислового виробництва з використанням новітнього програмного забезпечення, яке використовується в галузі.

ПРН20 – вміння використовувати на практиці сучасні методи, способи та засоби проектування, виробництва, ремонту, складання, випробування та (або) сертифікації елементів та систем авіаційної та ракетно-космічної техніки для різних типів промислового виробництва.

ПРН21 – обізнаність з питань теоретичного та інструментального забезпечення взаємозамінності деталей авіаційної та ракетно-космічної техніки на основі сучасних міжнародних стандартів та використання новітнього метрологічного забезпечення.

Міждисциплінарні зв'язки:

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 ВУ системи технологічної підготовки виробництва авіаційної та ракетно космічної техніки моделювання процесів в АРКТ проектування комп'ютерно інтегрованих систем.

3. Програма 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 РД та ЕУ.

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 двигунів.

Тема 12. Складання компресорів та турбін. Основні вимоги при складанні компресорів. Складання компресорів диски, яких з'єднуються радіальним штифтом. Особливості складан-

Тема 13. Складання камер згоряння та загальне складання РД та ЕУ. Основні вимоги при складанні камер згоряння. Розробка графічних схем складання. Основні вимоги загального складання РД та ЕУ.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	денна форма					
	усього	у тому числі				
		л	П	лаб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7
Модуль 1						
Змістовий модуль 1. Головні поняття технологічного процесу складання. Технологічність конструкції						
Тема 1. Вступ до дисципліни. Головні поняття та визначення технологічного процесу складання.	6	2				4
Тема 2. Технологічність конструкції	6	2				4
Разом за змістовим модулем 1	12	4				8
Змістовий модуль 2. Точність складання						
Тема 3. Розрахунки точності складальних розмірних ланцюгів.	10	2	4			4
Тема 4. Методи досягнення заданої точності.	28	4	12	4		8
Разом за змістовим модулем 2	38	6	16	4		12
Змістовий модуль 3. Контроль складального процесу						
Тема 5. Контроль технологічного процесу складання і складальних параметрів.	6	2				4
Тема 6. Балансування роторів.	10	2		4		4
Разом за змістовим модулем 3	16	4		4		8
Змістовий модуль 4. Проектування технологічних процесів складання						
Тема 7.Етапи проектування	6	2				4
Тема 8. Техніко-економічна ефективність технологічних процесів складання	6	2				4
Разом за змістовим модулем 4	12	4				8
Модуль 2						
Змістовий модуль 5. Складання головних пар						

Тема 9. Різьбові з'єднання	6	2				4
Тема 10. Зубчасті з'єднання. Підшипники.	8	4				4
Тема 11. Пресові та нероз'ємні з'єднання	8	4				4
Разом за змістовим модулем 5	22	10				12
Змістовий модуль 6. Вузлове та загальне складання двигунів.						
Тема 12. Складання компресорів та турбін	14	2		4		8
Тема 13. Складання камер згоряння та загальне складання двигунів	18	2		8		8
Разом за змістовим модулем 6	32	4		12		16
Всього	120	32	16	16		56

5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1		
2		

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	2	3
1	Розробка графічної схеми маршрутної технології складального виробу	4
2	Методи неповної взаємозаміни	4
3	Метод групової взаємозаміни	4
4	Методи призначення допусків	4
	Разом	16

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Складання редуктора	4
2	Складання задньої опори двигуна	4
3	Складання вузла обмежувачів	4
4	Балансування роторів	4
	Разом	16

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість
-------	------------	-----------

		годин
1	Головні поняття та визначення тех. процесу складання	4
2	Технологічність конструкції (Тема 2)	4
3	Точність складання (Тема 3)	4
4	Методи які забезпечують задану точність (Тема 4)	8
5	Види технічного контролю (Тема 5)	4
6	Дисбаланс роторів (Тема 6)	4
7	Етапи проектування	4
8	Техніко-економічна ефективність та документація технологічного процесу складання (Тема 8)	4
9	Різьбові з'єднання (Тема 9)	4
10	Зубчасті з'єднання. Підшипники (Тема 10)	4
11	Пресові та нероз'ємні з'єднання (Тема 11)	4
12	Складання компресорів та турбін (Тема 12)	4
13	Складання камер згоряння та загальне складання двигунів (Тема 13)	4
	Разом.	56

9. Індивідуальні завдання

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Виконання розрахункової роботи на тему: «Методи досягнення заданої точності». Зворотна – технологічна задача.	12
	Разом	12

10. Методи навчання

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

11. Методи контролю

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

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

12.1. 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...1	8	0...8
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	2...3	4	8...12
Модульний контроль	18...20	1	18...20
модуль 2			
Робота на лекціях	0...1	8	0...8
Виконання і захист лабораторних (практичних)	2...3	4	8...12

них) робіт			
Модульний контроль	18...20	1	18...20
Виконання і захист РГР	8...20	1	8...20
Усього за семестр			60...100

Семестровий контроль іспит проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування й за наявності допуску до іспиту. Під час складання семестрового іспиту 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.

12.2. Якісні критерії оцінювання

В результаті засвоєння курсу студент повинен знати:

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

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.

12.3 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 РД та ЕУ. Знати послідовність проектування ТП складання. Вміти розробляти графічні схеми складання.

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

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 РД та ЕУ, перспективи розвитку технології складання.

Розподіл балів, які отримують студенти за виконання курсової роботи (проекту)

Пояснювальна записка	Ілюстративна частина	Захист роботи	Сума
до ____	до ____	до ____	100

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

Методичне забезпечення:

1. Некрасов А.Д. Размерный анализ сборочных конструкций в авиадвигателестроении // Учеб. пособие/ А.Д.Некрасов. - Х.: Нац. аэрокосм. ун-т им. Н.Е.Жуковского "ХАИ", 2012. - 41с.
2. Долматов А.И., Некрасов А.Д. Обеспечение заданной точности методом неполной взаимозаменяемости. // Метод. рекомендации по лаб. работе. - Х.: Нац. аэрокосм. ун-т им. Н.Е.Жуковского "ХАИ", 2004. - 12 с.
3. Некрасов А.Д., Лесничий В.А. Сборка задней опоры двухконтурного двигателя. // Метод. рекомендации по лаб. работе. - Х.: "ХАИ", 1990. - 12 с.
4. Некрасов А.Д., Мунгиев А.М. Сборка узла ограничителя ГТД. // Метод. рекомендации по лаб. работе. - Х.: "ХАИ", 1994. - 10 с.
5. Глебов Т.И., Сотников В.Д. Сборка редуктора ТВД. // Метод. рекомендации по лаб. работе. - Х.: "ХАИ", 1981. - 12 с.

Основна література:

1. Богуслаев В.О., Качан О. Я., Долматов А.И., Кореневський Є.Я., Мозговой В.Ф., «Технологія виробництва авіаційних двигунів». М.Січ, Запоріжжя, Частина IV 2011 р. 328 с.
2. Курбатов В.П. Сборка авиационных двигателей и энергетических установок. Электронный курс лекцій 2011 Самара.
3. Никитин А. И. Технология сборки двигателей летательных аппаратов М., Машиностроение, 1981 – 270 ст., - Б 84.
4. Гарькавый А.А. Сборка авиационных двигателей, М., Машиностроение, 1982 –188 ст., - Б 10.
5. Новиков М. П. Основы технологии сборки машин и механизмов. М.: Машиностроение, 1980, 532с.
6. Дунаев П. Ф. Размерные цепи. М.: Машгиз, 1963, 308с.
7. Богуслаев В.А., Качан А.Я., Долматов А.И., Мозговой В.Ф., Кореневский Е.Я. Технология производства авиационных двигателей. Издание 2-е дополненное. ОАО «Мотор-Сич», Запорожье. 2007. 556с.
8. Базаров Б. М. Основы технологии машиностроения. М, 2005.
9. Захаров В.А. Пути достижения заданного качества при сборке ГТД. Мотор Сич Запорожье 1988 г. 150 ст.

Додаткова література:

1. Сборка и монтаж изделий в машиностроении. М., Машиностроение, Справочник в 2-х томах, - 726 ст.,- Б-6.
2. Справочник технолога – машиностроителя. Под ред. Косиловой А. Г., т. т. 1,2., 1975г. Б-100.
3. Государственный стандарт ГОСТ 16319-80 "Цепи размерные. Методы расчета плоских цепей". М.: Изд-во стандартов, 1980, 20с.
4. Маталин А.А. Технология машиностроения-М. Машиностроение, 1985, 510стр.
5. Богуслаев В.А., Муравченко Ф.М., Жеманюк П.Д., 2003 - Технологическое обеспечение эксплуатационных характеристик ГТД. В 2 т.

14. Інформаційний ресурс

Сайт кафедры: [http:// k204.khai, edu/ru/](http://k204.khai.edu/ru/)