

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

Кафедра конструкції авіаційних двигунів (№ 203)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Керівник проектної групи



(підпис)

О. В. Білогуб

(ініціали та прізвище)

«_____» _____ 2019 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА *ВИБІРКОВОЇ* НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

**ПРОЕКТУВАННЯ АВІАЦІЙНИХ СИЛОВИХ УСТАНОВОК
І АГРЕГАТІВ**

(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

Авіаційні двигуни та енергетичні установки

(найменування спеціальності)

Форма навчання

денна

Рівень вищої освіти

перший (бакалаврський)

Харків 2019 рік

Робоча програма Проектування авіаційних силових установок і агрегатів
(назва дисципліни)
для студентів за спеціальністю 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»
освітньою програмою Авіаційні двигуни та енергетичні установки

« 1 » червня 2019 р., 8 с.

Розробник: Білогуб Олександр Віталійович, д.т.н., професор
(прізвище та ініціали, посада, наукова ступінь та вчене звання)



(підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри
конструкції авіаційних двигунів
(назва кафедри)

Протокол № 1 від « 30 » серпня 2019 р.

Завідувач кафедри д.т.н., професор
(наукова ступінь та вчене звання)



(підпис)

С. В. Єніфанов
(ініціали та прізвище)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки (спеціальність, спеціалізація), рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни	
Кількість кредитів – (У ¹), (ІНУМ ²) – 6	Галузь знань: <u>13 «Механічна інженерія»</u> (шифр і назва)	денна форма навчання	
Кількість модулів – 2	Спеціальність <i>134</i> <i>«Авіаційна та ракетно-космічна техніка»</i> (шифр і назва) Освітня програма <i>Авіаційні двигуни та енергетичні установки</i> (шифр і назва)	Цикл професійної підготовки (Дисципліна вільного вибору студента)	
Кількість змістових модулів – 2		Навчальний рік 2018 / 2019	
Індивідуальне завдання		Семестр	
Розрахунково-графічна робота на тему: «Проектування шестерневого насоса у 3Д постановці, розрахунок основних параметрів двоконтурної форсунки» (назва)		7-й	
		група	
	242, 232ст ^(У)	242 ^(ІНУМ)	
Загальна кількість годин – (У ¹), (ІНУМ ²) – 80*/180		Лекції*	
		48 год.	48 год.
		Практичні, семінарські*	
		16 год.	16 год.
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – (У), (ІНУМ) – 5 самостійної роботи студента – (У), (ІНУМ) – 6.25	Рівень вищої освіти <u>перший (бакалаврський)</u>	Лабораторні*	
		16 год.	16 год.
		Самостійна робота	
		100 год.	100 год.
		Вид контролю	
		іспит	іспит

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить:
для денної форми навчання: (У), (ІНУМ) – 80/100

* Аудиторне навантаження може бути зменшене або збільшене на одну годину в залежності від розкладу занять.

1) У – для студентів, що навчаються українською мовою 1,4 роки.

2) ІНУМ – для студентів-іноземців, що навчаються українською мовою.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета вивчення: дати знання необхідні при розробці конструкцій, проектуванні та виготовленні систем і агрегатів, які входять до складу авіаційної силової установки.

Завдання: розробка конструкції паливного насосу і форсунки, що входять до складу авіаційної силової установки.

Результати навчання:

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

знати: методи розрахунків основних систем (паливної, змащувальної, пускової) та агрегатів, що входять до цих систем, зокрема насосів 3-х типів і форсунок;

вміти: проводити розрахунки систем та агрегатів авіаційних двигунів та енергоустановок; розробити конструкцію насоса (зокрема шестеренного) в 3-Д постановці.

Міждисциплінарні зв'язки: інженерне матеріалознавство, нарисна геометрія, інженерна та комп'ютерна графіка, взаємозамінність та стандартизація, деталі машин та основи конструювання, загальний устрій авіаційних двигунів і енергетичних установок, основи конструювання авіаційних двигунів і енергетичних установок

3. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1

Змістовий модуль 1

ТЕМА 1. Паливно- та масло- системи (ПС). Розрахунки витрат рідин. Гідравлічні розрахунки.

ТЕМА 2. Шестеренні насоси (ШН). Визначення подачі, напору та потужності привода насоса. Засоби підвищення антикавітаційних властивостей. Розрахунки міцності та підшипників. Особливості конструкцій паливних та масляних насосів. Матеріали і технології виготовлення.

ТЕМА 3. Плунжерні насоси (ПН). Забезпечення напору і подачі ПН. Кінематика радіальних та аксіальних ПН. Силові навантаження ПН. Розрахунки міцності. Особливості конструкцій, матеріали і технології виготовлення.

Модульний контроль

Модуль 2

Змістовий модуль 2

ТЕМА 4. Відцентрові насоси (ВЦН). Конструктивні схеми. Напірні характеристики ВЦН. Гідравлічний, об'ємний і механічний к.к.д. насоса. Визначення подачі, напору та потужності привода насоса. Елементи конструкції ВЦН. Засоби підвищення антикавітаційних властивостей ВЦН. Особливості конструкцій, матеріали і технології виготовлення.

ТЕМА 5. Паливні форсунки. Типи та області застосування. Розрахунки одно та двоканальних форсунок. Особливості конструкцій, матеріали і технології виготовлення.

Модульний контроль

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	денна форма				
	усього	у тому числі			
л		п	лаб	с.р.	
1	2	3	4	5	7
Модуль 1					
Змістовий модуль 1					
ТЕМА 1. Паливно- та масло-системи (ПС, МС).	15	6	2	2	5
ТЕМА 2. Шестеренні насоси (ШН).	24	11	4	4	5
ТЕМА 3. Плунжерні насоси (ПН).	26	10	2	4	10
Модульний контроль	1	1	-	-	-
Разом за змістовим модулем 1	66	28	8	10	20
Модуль 2					
Змістовий модуль 2					
ТЕМА 4 Відцентрові насоси (ВЦН).	24	8	4	2	10
ТЕМА 5. Паливні форсунки.	29	11	4	4	10
Модульний контроль	1	1	-	-	-
Разом за змістовим модулем 2	54	20	8	6	20
Індивідуальне завдання					
Розрахунково-графічна робота на тему: «Проектування шестеренного насоса у 3D постановці, розрахунок основних параметрів плунжерного насосу, розрахунок основних параметрів двоконтурної форсунки»					
	60	-	-	-	60
Контрольний захід					
Усього годин	180	30	16	16	100

5. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Паливно- та масло- системи (ПС, МЧ). Розрахунки витрат рідин.	2
2	Розрахунки міцності та підшипників ШН.	4
3	Розрахунки міцності ПН.	2
4	Засоби підвищення антикавітаційних властивостей ВЦН.	4
5	Розрахунки одно та двоканальних форсунок.	4
Разом		16

6. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Шестеренні насоси	3
2	Плунжерні насоси	3
3	Відцентрові насоси	2
4	Паливні форсунки	4
5	Особливості конструкцій агрегатів та автоматики систем запуску ГТД.	2
6	Особливості конструкцій, матеріали і технології виготовлення паливних форсунок.	2
Разом		16

7. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Гідравлічні розрахунки паливної системи.	4
2	Визначення подачі, напору та потужності привода ШН.	6
3	Забезпечення напору і подачі ПН.	2
4	Визначення подачі, напору та потужності привода насоса ВЦН.	2
5	Розрахунки двоканальної форсунки.	8
6	Виконання розрахунково-графічної роботи. Конструювання паливного ШН у 3-Д постановці.	60
7	Обчислювання параметрів плунжерного насоса та паливної форсунки.	20
Разом		100

8. Індивідуальне завдання

1. **Розрахунково-графічна робота (РГР) на тему:** «Проектування шестерневого насоса у 3D постановці, розрахунок основних параметрів двоконтурної форсунки»

9. Методи навчання

Основні форми навчання:

- лекційна;
- практичні роботи;
- лабораторні роботи;
- розрахунково-графічна робота;
- самостійна робота студента;
- модульний контроль, екзамен.

На лекціях студентів даються основні поняття, основи теорії, закономірності, необхідні для підготовки до виконання практичних та лабораторних робіт, самостійної роботи, а також виконання індивідуального завдання.

Проведення лабораторних робіт базується на описах об'єкта (системи літака і двигуна), фізичних макетах двигунів і агрегатів (розрізні макети), а також й на їх відображенні за допомогою спеціальних дидактичних матеріалів (плакати та ін.). Під час проведення лабораторних робіт використовується бригадний характер праці студентів.

Проведення практичних робіт базується на виконанні студентами розрахунків параметрів робочого процесу систем і агрегатів, кінематики та динаміки, складного напруженого стану деталей насосів і форсунок.

Основною формою навчання є самостійна робота. До неї не можна приступати без певного багажу знань, які даються на лекції. Під час самостійної роботи студенті поглиблено вивчають лекційний матеріал, готуються до проведення лабораторних робіт, виконують індивідуальне завдання (розрахунково-графічну роботу).

Питання для самостійної роботи студентів

Модуль 1

Змістовий модуль 1

1. Призначення і типи насосів стосовно до авіадвигунів.
2. Характеристики об'ємного і лопаточного насосів. Фізичні причини, які обумовлюють вид характеристик.

3. Потрібна витрата палива через насос системи паливостачання.
4. Потрібна витрата масла через насос системи змащування.
5. Явища кавітації стосовно насосів.
6. Нагнітаючі і відкачуючі насоси. Схеми систем перепуску і запірною пристрою. Необхідність застосування.
7. Схема і принцип дії шестеренного насоса. Продуктивність шестеренного насоса.
8. Вплив зазорів на продуктивність шестерневого насоса. Напрямок витоків і способи їх мінімізації.
9. Об'ємний ККД насоса. Характер залежностей об'ємного ККД від величини тиску і зазорів.
10. Поділ насосів на групи по створюваному тиску. Шляхи зменшення витоків через зазори для різних груп насосів.
11. Продуктивність ідеального і реального насосів. Характер залежностей об'ємного ККД від окружної швидкості і тиску в порожнині входу.
12. Вплив відцентрових сил на заповнення впадини насоса.
13. Потужність споживана насосом і крутний момент на його валу.
14. Рівномірність подачі і способи згладжування пульсацій.
15. Причини виникнення гідроударів в шестеренних насосах і способи їх усунення.
16. Переваги та недоліки систем вал-шестерня і окремо вал - окремо шестерня. Способи фіксації шестерень на валах шестеренних насосів.
17. Конструкції корпусів і кришок підшипників шестеренних насосів. Особливості ущільнень і розвантаження шпильок (болтів).
18. Особливості центрування і складання підшипників шестеренних насосів.
19. Навантаження, які діють в підшипників насосів. Розрахунки на міцність елементів вузлів і деталей. Способи зменшення тертя в підшипників насосів.
20. Алгоритм розрахунку основних параметрів насоса.
21. Застосовувані матеріали і технології при виготовленні ШН.
22. Принципові схеми плунжерних насосів і типи вузлів, що качають.
23. Плунжерний насос з керуванням продуктивністю за допомогою повороту плунжера.
24. Плунжерний насос з керуванням продуктивністю за допомогою зміни ходу плунжера.
25. Кінематика плунжерного насоса з паралельним розташуванням плунжерів.
26. Кінематика плунжерного насоса з похилим розташуванням плунжерів.
27. Алгоритм розрахунку основних параметрів аксіального плунжерного насоса з паралельно розташованими плунжерами
28. Сили і моменти, що діють в плунжерному насосі.
29. Розрахунок плунжера плунжерного насоса на міцність. Розрахунок пружини плунжера.
30. Пристрій і розрахунок гідростатичної опори плунжера.
31. Пристрій торцевого золотника плунжерного насоса.

Модуль 2

Змістовий модуль 2

1. Принцип дії відцентрового насоса, характеристики відцентрових насосів.
2. Швидкохідність і типи відцентрових коліс.
3. Алгоритм розрахунку робочого колеса відцентрового насоса.
4. Відводять пристрою відцентрових насосів.
5. Осьові і радіальні зусилля на робочому колесі відцентрового насоса.
6. Об'ємні втрати в відцентровому насосі. Ущільнення робочих коліс.
7. Системи регулювання продуктивності відцентрових насосів.
8. Технології виготовлення відцентрових насосів та їх деталей.
9. Матеріали та технології, що застосовуються для виготовлення відцентрових насосів.
10. Класифікація форсунок подачі рідкого палива.
11. Алгоритм і основні формули для розрахунку відцентрової форсунки.
12. Характеристика і конструкція одно контурної відцентрової форсунки.

13. Характеристики та конструкції двоконтурних однокамерної і двокамерної відцентрових форсунок.

14. Характеристика і принципова схема перепускної форсунки.

10. Методи контролю

Матеріал дисципліни розбито на два змістових модулі:

1. Системи, шестеренний та плунжерний насоси.
2. Відцентровий насос та форсунки.

Складання модуля 1 – на 9-му тижні (один раз), складання модуля 2 – на 15-му тижні (один раз).

До складання модулів студент допускається за умови виконання всіх видів обов'язкових робіт, передбачених у модулях.

Оформлення лабораторних робіт – *письмово*, захист – *усно*.

Строк захисту індивідуального завдання – 15-й тиждень. Затримка захисту індивідуального завдання на тиждень – мінус 2 бали, на 2 тижні – мінус 4 бали.

Семестр 7 – *іспит*.

11. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

11.1 Розподіл балів, які отримують студенти (кількісні критерії оцінювання)

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Модуль 1			
Змістовний модуль 1			
Робота на лекціях	0...0,5	14	0...3,6
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	0,5...0,8	9	4,5...7,2
Модульний контроль	22...30	1	22...30
Модуль 2			
Змістовний модуль 2			
Робота на лекціях	0...0,5	10	0...5
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	0,5...0,8	7	3,5...5,6
Модульний контроль	10...20	1	10...20
Виконання і захист РГР	20...30	1	20...30
Усього за семестр			60...100

Семестровий контроль (іспит) проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування й за наявності допуску до іспиту. Допуск до іспиту надається за умов відпрацювання та здачі усіх лабораторних робіт, а також виконання та успішного захисту домашнього завдання.

Під час складання семестрового іспиту студент має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для іспиту складається з трьох теоретичних запитань та одного практичного завдання. Теоретичні запитання розподілено таким чином:

Перше запитання - змістовий модуль 1;

Друге запитання – змістовий модуль 2;

Третє запитання – тематика розрахунково-графічної роботи.

Практичне завдання (вирішення задачі) стосується розрахунку основних геометричних параметрів шестеренного, або плунжерного насоса.

Максимальна кількість балів за кожне запитання – 25.

11.2 Якісні критерії оцінювання

Для одержання позитивної оцінки студент повинен

знати:

- принципів та конструктивні схеми систем паливо- та маслопостачання;
- призначення і принцип дії насосів, що мають застосування в авіації;
- класифікацію та витратні характеристики насосів;
- що є кавітація і шляхи боротьби з цим явищем;
- розрахунок продуктивності насосів, теоретична і реальна продуктивність;
- конструктивні засоби управління продуктивністю насосів;
- навантаження, що виникають в насосах, сили і моменти, що діють на їх деталі;
- об'ємні і механічні втрати, ККД насосів;
- принцип дії і конструктивні схеми форсунок, що впорскують паливо до камери згоряння;

вміти:

- виконувати розрахунки основних геометричних параметрів шестеренного, плунжерного і відцентрового насосів;
- розробити конструкцію паливного шестеренного (високого тиску) насоса;
- виконувати розрахунки основних геометричних параметрів відцентрової форсунки.

11.3 Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

Задовільно (60-74). Мати необхідний мінімум знань та умінь. Відпрацювати та захистити всі лабораторні та практичні роботи. Виконати та захистити індивідуальне завдання (розрахунково-графічну роботу). Здати модульне тестування з позитивною оцінкою. Знати принципів та конструктивні схеми систем паливо- та маслопостачання; призначення і принцип дії насосів, що мають застосування в авіації; класифікацію та витратні характеристики насосів; розрахунок продуктивності насосів, теоретична і реальна продуктивність; конструктивні засоби управління продуктивністю насосів; навантаження, що виникають в насосах, сили і моменти, що діють на їх деталі; об'ємні і механічні втрати, ККД насосів; принцип дії і конструктивні схеми форсунок, що впорскують паливо до камери згоряння.

Добре (75-89). Окрім переліченого в пункті «Задовільно (60-74)» – твердо опанувати мінімум знань та умінь. Знати: продуктивність ідеального і реального насосів. Характер залежностей об'ємного ККД від окружної швидкості і тиску в порожнині входу; потужність споживана насосом і крутний момент на його валу; причини виникнення гідроударів в шестеренних насосах і способи їх усунення; переваги та недоліки систем вал-шестерня і окремо вал - окремо шестерня; способи фіксації шестерень на валах шестеренних насосів; алгоритм розрахунку основних параметрів насоса; кінематику плунжерного насоса з паралельним розташуванням плунжерів; розрахунок плунжера плунжерного насоса на міцність; розрахунок пружини плунжера; алгоритм розрахунку робочого колеса відцентрового насоса; класифікацію форсунок подачі рідкого палива; алгоритм і основні формули для розрахунку відцентрової форсунки.

Відмінно (90-100). Окрім переліченого в пункті «Добре (75-89)» добре або відмінно захистити індивідуальне завдання. Здати модульне тестування з відмінною оцінкою (припускається здати один з двох модулів з оцінкою «добре» і кількістю балів не менше 80). Повно знати основний та додатковий матеріал. Знати фактори, що впливають на ті, чи інші показники роботи насосів і форсунок, як в цілому, так і щодо окремих процесів; пояснювати фізичні основи процесів і явищ стосовно роботи насосів і форсунок; пояснювати конструктивні особливості насосів різних схем і застосувань.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка за національною шкалою	
	Для іспиту	Для заліку
90-100	Відмінно	Зараховано
75-89	Добре	
60-74	Задовільно	
01-59	Незадовільно	Не зараховано

12. Методичне забезпечення

(методкабінет кафедри та сайт бібліотеки кафедри <http://k203.khai.edu/>)

1. Безуглый, С. В. Шестеренные насосы. Конструкция и проектирование: учеб. пособие / С. В. Безуглый, А. И. Гаркуша, В. С. Чигрин. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2009. – 48 с.
2. Безуглый, С. В. Плунжерные насосы. Конструкция и проектирование : учеб. пособие / С. В. Безуглый, А. И. Скрипка. - Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2010. – 80 с.
3. Безуглый, С. В. Конструкция топливных форсунок авиационных двигателей: учеб. пособие / С. В. Безуглый, В. Е. Костюк, И. Ф. Кравченко. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2008. - 49 с.
4. Костюк, В. Е. Расчет центробежных форсунок: учеб. пособие. / В. Е. Костюк, В. Н. Гусев. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2006. – 14 с.
5. Системы авиационных двигателей : учеб. пособие / С. В. Безуглый, С. В. Епифанов, А. И. Скрипка и др. – Х. : Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2008. – 74 с.
6. Агрегаты систем авиационных двигателей: учеб. пособие / С. В. Безуглый, А. И. Скрипка, Б. Г. Нехорошев и др. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2007. - 90 с.
7. Безуглый, С. В. Центробежные насосы авиационных двигателей: учеб. пособие / С. В. Безуглый. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2006. - 27 с.
8. Лобода, И. И. Обеспечение бескавитационной работы топливных и масляных систем ГТД: учеб. пособие / И. И. Лобода, Б. Я. Хмелик. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т "Харьк. авиац. ин-т", 2000. - 20 с.
9. Методичні посібники для проведення лабораторних та практичних занять;

13. Рекомендована література

Базова

1. Авиационные силовые установки / Н. Т. Домотенко, А. С. Кравец, Г. А. Никитин и др. – М. : Транспорт, 1976. - 312 с.
2. Раздолин, М. В. Агрегаты воздушно-реактивных двигателей / М. В. Раздолин, Д. Н. Сурнов. – М.: Машиностроение, 1973. - 352 с.
3. Башта, Т. М. Гидравлические приводы летательных аппаратов / Т. М. Башта. – М.: Машиностроение. – 1967. - 495 с.
4. Кац, Б. М. Пусковые системы авиационных ГТД / Б. М. Кац, Э. С. Жаров, В. К. Винокуров. – М.: Машиностроение. – 1976. - 220 с.
5. Системы авиационных двигателей / С. В. Безуглый, С. В. Епифанов, А. И. Скрипка и др. – Х.: ХАИ, 2008. - 74 с.
6. Агрегаты систем авиационных двигателей / С. В. Безуглый, А. И. Скрипка, Б. Г. Нехорошев и др. – Х.: ХАИ. – 2007. - 90 с.

Допоміжна

1. Башта, Т. М. Объемные насосы и гидродвигатели гидросистем / Т. М. Башта. – М., Машиностроение. – 1976. - 606 с.
2. Лещинер, Л. Б. Проектирование топливных систем самолетов / Л. Б. Лещинер, И. Е. Ульянов. – М.: Машиностроение. – 1975. - 394 с.
3. Авиационные центробежные насосные агрегаты / Л. С. Аринушкин, Р. Б. Абрамович, А. Ф. Поликовский, и др. – М. : Машиностроение. – 1967. - 255 с.
4. Хмелик Б. Я. Авиационные силовые установки / Б. Я. Хмелик. – Х., ХАИ. – 1977. - 67 с.
5. Хмелик, Б. Я. Агрегаты авиационных силовых установок / Б. Я. Хмелик, Б. Г. Нехорошев. – Х., ХАИ. – 1979. - 69 с.

13. Інформаційні ресурси

Електронні посібники по системах та агрегатах авіаційних силових установок та агрегатів (сайт бібліотеки кафедри <http://k203.khai.edu/>).