

**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**

**ОСНОВИ КОНСТРУЮВАННЯ АВІАЦІЙНИХ ДВИГУНІВ  
І ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК**

(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 Основи конструювання авіаційних двигунів і енергетичних установок  
(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 –<br>222ст – 6,5 ; 232 – 6   | <b>Галузь знань:</b><br>13<br><u>«Механічна інженерія»</u><br>(шифр і назва)   | денна форма навчання  |         |
| Кількість модулів – 2   | <b>Спеціальність:</b><br>134<br><u>«Авіаційна та ракетно-космічна техніка»</u><br>(шифр і назва)<br><b>Освітня програма:</b><br><u>Авіаційні двигуни та енергетичні установки</u><br>(назва) | Цикл професійної підготовки (Дисципліна вільного вибору студента) |         |
| Кількість змістових модулів – 2   |  | <b>Навчальний рік</b><br>2019 / 2020                              |         |
| <b>Індивідуальне завдання</b><br><b>Розрахунково-графічна робота на тему: «Розробка конструктивної схеми газотурбінного двигуна»</b><br>(назва)     |  | <b>Семестр</b>  |         |
| <b>Загальна кількість годин –</b><br>222ст – 72*/123<br>232 – 72*/108   |  | 5-й група   |         |
| <b>Кількість тижневих годин для денної форми навчання:</b><br>аудиторних – 222ст ; 232 – 4<br>самостійної роботи студента – 222ст – 7.7 ; 232 – 6.7 | <b>Рівень вищої освіти</b><br><u>перший (бакалаврський)</u>  | 222ст   | 232     |
|   |  | <b>Лекції *</b>   |         |
|   |  | 32 год.   | 32 год. |
|   |  | <b>Практичні, семінарські *</b>                                   |         |
|   |  | 24 год.   | 24 год. |
|   |  | <b>Лабораторні*</b>   |         |
|   |  | 16 год  | 16 год. |
|   |  | <b>Самостійна робота</b>  |         |
| 123 год.  | 108 год.   |   |         |
| <b>Вид контролю</b>   |  |   |         |
| залік   | іспит  |   |         |

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить:  
для денної форми навчання: 222ст – 72/123 ; 232 – 72/108

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

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

**Мета вивчення:** знання щодо основних принципів та підходів до процесу проектування механічних систем, зокрема конструювання авіаційних двигунів і силових установок на їх основі.

**Завдання:** освоєння принципів сучасних методів проектування механічних конструкцій, зокрема двигунів в цілому.

### Результати навчання:

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

**знати:** методи та засоби проектування двигунів в цілому та їх вузлів і деталей, зокрема, основні конструктивні схеми газотурбінних двигунів, засоби центрування, фіксації деталей, засоби передачі крутного моменту, типові конструкції опор роторів;

**вміти:** зробити ескізне креслення конструктивної схеми газотурбінного двигуна.

**Міждисциплінарні зв'язки:** філософія, вища математика, нарисна геометрія, теоретична механіка, фізика, деталі машин та основи конструювання.

## 3. Програма навчальної дисципліни

### Модуль 1

#### Змістовий модуль 1

**ТЕМА 1.** Предмет вивчення і задачі дисципліни. Методологія проектування АД та ЕУ. Життєвий цикл двигуна, агрегату, деталі. Стадії проектування. Технічні та економічні чинники, що впливають на прийняття конструкторських рішень.

**ТЕМА 2.** Принципи конструювання. Створення конструкцій на базі уніфікації. Зменшення номенклатури об'єктів виробництва. Конструктивна спадкоємність. Вивчення сфери використання двигунів. Вибір конструктивної схеми. Розробка варіантів. Загальні правила конструювання. Конструювання за критеріям надійності.

**ТЕМА 3.** Маса і металоемкість конструкції. Вплив виду навантаження. Досконалість конструктивної схеми. Уточнювання розрахунків напруження. Питомі показники міцності. Жорсткість конструкції. Опір утомленості. Конструювання циклічно навантажених деталей. Контактна міцність. Теплова взаємодія. Легкі сплави і неметалеві матеріали. Конструювання деталей. Конструкції з легких сплавів.

#### Модульний контроль

### Модуль 2

#### Змістовий модуль 2

**ТЕМА 4.** Конструювання елементів деталей і вузлів. Уніфікація конструктивних елементів. Уніфікація деталей. Принципи агрегатності. Раціональність силової схеми. Усування і зменшення напружень. Компактність конструкції. Литі деталі. Підсилення тонких стінок ребрами. Виділення поверхні, що підлягає обробці. Механічно оброблені деталі. Конструювання місць стикування деталей. Спрощення форм деталі. Ув'язка форми деталі з методом її обробки.

**ТЕМА 5.** Сварні та паяні деталі і вузли. Місце під сварку і пайку. Деталі і вузли з листових матеріалів. Забезпечення технологічності зборки деталей і вузлів. Збір деталей в визначеному положенні. Забезпечення зборки і розборки вузлів. Застосування компенсаторів. Засоби центрування і фіксування деталей і вузлів; засоби передачі крутних моментів.

#### Модульний контроль

## 4. Структура навчальної дисципліни

| Назви змістових модулів і тем   | Кількість годин |              |           |            |           |            |            |
|---|-----------------|--------------|-----------|------------|-----------|------------|------------|
|   | денна форма     |              |           |            |           |            |            |
|   | усього          | у тому числі |           |            |           |            |            |
|   |                 | л            | п         | лаб        | с.р.      |            |            |
| 222см   | 232             | 222см, 232   | 222см     | 222см, 232 | 222см     | 232        |            |
| 1   | 2               | 3            | 4         | 5          | 7         |            |            |
| <b>Модуль 1</b>   |                 |              |           |            |           |            |            |
| <b>Змістовий модуль 1</b>   |                 |              |           |            |           |            |            |
| <b>ТЕМА 1.</b> Предмет вивчення і задачі дисципліни.  | 18              | 16           | 4         | 2          | 2         | 10         | 8          |
| <b>ТЕМА 2.</b> Принципи конструювання. Створення конструкцій на базі уніфікації.  | 35              | 31           | 7         | 4          | 4         | 20         | 16         |
| <b>ТЕМА 3.</b> Маса і металоємність конструкції. Вплив виду навантаження.   | 29              | 26           | 6         | 6          | 2         | 15         | 12         |
| <b>Модульний контроль</b>   | 1               | 1            | 1         | -          | -         | -          | -          |
| <b>Разом за змістовим модулем 1</b>   | <b>83</b>       | <b>74</b>    | <b>18</b> | <b>12</b>  | <b>8</b>  | <b>45</b>  | <b>36</b>  |
| <b>Модуль 2</b>   |                 |              |           |            |           |            |            |
| <b>Змістовий модуль 2</b>   |                 |              |           |            |           |            |            |
| <b>ТЕМА 4.</b> Конструювання елементів деталей і вузлів.  | 37              | 35           | 7         | 6          | 4         | 20         | 18         |
| <b>ТЕМА 5.</b> Сварні та паяні деталі і вузли.  | 34              | 30           | 6         | 6          | 4         | 18         | 14         |
| <b>Модульний контроль</b>   | 1               | 1            | 1         | -          | -         | -          | -          |
| <b>Разом за змістовим модулем 2</b>   | <b>39</b>       | <b>35</b>    | <b>14</b> | <b>12</b>  | <b>8</b>  | <b>16</b>  | <b>16</b>  |
| <b>Індивідуальне завдання</b><br><b>Розрахунково-графічна робота на тему:</b><br><i>«Розробка конструктивної схеми ГТД»</i> | <b>40</b>       | <b>40</b>    | -         | -          | -         | <b>40</b>  | <b>40</b>  |
| <b>Контрольний захід</b>  |                 |              |           |            |           |            |            |
| <b>Усього годин</b>   | <b>195</b>      | <b>180</b>   | <b>32</b> | <b>24</b>  | <b>16</b> | <b>123</b> | <b>108</b> |

## 5. Теми лабораторних занять

| № з/п | Назва теми  | Кількість годин |           |
|-------|---|-----------------|-----------|
|       |   | 222см           | 232       |
| 1     | Знайомство з авіаційними ГТД ауд., фое мк., 103 мк. | 2               | 2         |
| 2     | Вивчення засобів центрування деталей і вузлів в АД  | 4               | 4         |
| 3     | Вивчення засобів передачі крутильних моментів в АД  | 4               | 4         |
| 4     | Вивчення засобів фіксування деталей і вузлів в АД   | 4               | 4         |
| 5     | Вивчення засобів стикування деталей та вузлів АД    | 2               | 2         |
|       | <b>Разом</b>  | <b>16</b>       | <b>16</b> |

## 6. Теми практичних занять

| № з/п | Назва теми  | Кількість годин |
|-------|---|-----------------|
| 1     | Вивчення термінів і засобів відображення на схемах і кресленнях конструктивних елементів АД | 4               |
| 2     | Вивчення застосування метизної продукції на прикладах існуючих двигунів                     | 4               |
| 2     | На прикладі існуючих конструкцій вивчити уніфікацію вузлів та деталей                       | 6               |

|              |   |           |
|--------------|---|-----------|
| 3            | Вивчення взаєморозташування вузлів та деталей авіаційних ГТД та ДВЗ на прикладі конструкцій, розташованих в аудиторіях 103, 107 та 124 моторного корпусу. | 6         |
| 4            | Розробка спрощених принципів та конструктивних схем двигунів та їх агрегатів.   | 6         |
| <b>Разом</b> |   | <b>24</b> |

### 7. Самостійна робота

| № з/п        | Назва теми  | Кількість годин |            |
|--------------|---|-----------------|------------|
|              |   | 222см           | 232        |
| 1            | Життєвий цикл двигуна, агрегата, деталі.                  | 20              | 14         |
| 2            | Уніфікація, стандартизація, агрегування в машинобудуванні | 25              | 20         |
| 3            | Теплова взаємодія.  | 12              | 12         |
| 4            | Легкі сплави. Конструкції з легких сплавів.               | 10              | 10         |
| 5            | Забезпечення зборки і розборки вузлів                     | 10              | 10         |
| 6            | Застосування компенсаторів.                               | 6               | 2          |
| 7            | Розрахунково-графічна робота                              | 40              | 40         |
| <b>Разом</b> |   | <b>123</b>      | <b>108</b> |

### 8. Індивідуальна робота

1. **Розрахунково-графічна робота на тему:** «Розробка конструктивної схеми газотурбінного двигуна»

### 9. Методи навчання

*Основні форми навчання:*

- лекційна;
- практичні роботи;
- лабораторні роботи;
- розрахунково-графічна робота;
- самостійна робота студента;
- модульний контроль, іспит (232) залік (222см).

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'єктів – двигунів, що розташовані в навчальних аудиторіях, фізичних макетах двигунів і систем (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 вивченні та аналізі конструкцій існуючих двигунів, нотуванні особливостей та створенні конструктивної схеми двигуна за особистим завданням.

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

## Питання для самостійної роботи студентів

### Модуль 1 Змістовий модуль 1

1. Життєвий цикл виробів.
2. Маршрутизація визначають етапів життєвого циклу.
3. Проектування. Труднощі проектування. Методи пошуку рішень.
4. Економічні основи проектування.
5. Завдання конструювання.
6. Компенсація зносу.
7. Експлуатаційна надійність. Відмови. Шляхи підвищення надійності.
8. Уніфікація і нормалізація.
9. Секціонування.
10. Агрегатування.
11. Методика конструювання.
12. Метод інверсії.
13. Компонування.
14. Оцінка маси і металоємності.
15. Раціональні перетину.
16. Рівномірність вузлів і деталей.
17. Міцність і жорсткість профілів.
18. Полегшення деталей.
19. Раціональний вибір параметрів машин.

### Модуль 2 Змістовий модуль 2

1. Розрахунок на міцність при розтягуванні, вигині, крученні, зрізі і зминанні.
2. Способи центрування деталей в конструкціях, зокрема в ГТД.
3. Схематичне зображення вузлів і деталей ГТД.
4. Зображення вузлів і деталей, пов'язаних з компресором.
5. Зображення вузлів і деталей, пов'язаних з турбіною.
6. Зображення вузлів і деталей, пов'язаних з опорами.
7. Зображення вузлів і деталей, пов'язаних з валом ротора.
8. Зображення корпусів, камер згоряння, форсунок.
9. Зображення з'єднань вузлів і деталей
10. Центрування по циліндричних поверхнях.
11. Центрування по конічних поверхнях.
12. Центрування по шліцах.
13. Центрування по радіальних (торцевих) шліцам.
14. Способи передачі крутного моменту в ГТД.
15. Передача крутного моменту за допомогою шліцьових з'єднань.
16. Передача крутного моменту за допомогою прізмонніе болтів і втулок.
17. Передача крутного моменту за допомогою штифтів.
18. Передача крутного моменту за допомогою тертя.
19. Передача крутного моменту за допомогою фасонного профілю.
20. Способи фіксації різьбових деталей в ГТД.
21. Способи фіксації деталей від осьового зсуву.
22. Способи ущільнення порожнин машин (зокрема ГТД)

### 10. Методи контролю

Матеріал дисципліни розбито на два змістових модулі:

1. Принципи конструювання машин, зокрема авіаційних ГТД. Конструктивні, економічні та інші вимоги до проектування в цілому і конструювання зокрема.

2. Конкретні прийоми конструювання машин, агрегатів і деталей..

**Складання модуля 1 – на 8-му тижні (один раз), складання модуля 2 – на 16-му тижні (один раз).**

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

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

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

Семестр 5 – іспит для гр. 222ст, залік – для групи 232;

## 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 |
|--|---------------------------------|----------------------------|-------------------------|
| <b>Змістовний модуль 1</b>                         |                                 |                            |                         |
| Робота на лекціях                                  | 0...0,5                         | 9                          | 0...4,5                 |
| Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт | 0,5...0,8                       | 10                         | 5...8                   |
| Модульний контроль                                 | 22...30                         | 1                          | 22...30                 |
| <b>Змістовний модуль 2</b>                         |                                 |                            |                         |
| Робота на лекціях                                  | 0...0,5                         | 7                          | 0...3,5                 |
| Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт | 0,5...0,8                       | 10                         | 5...8                   |
| Модульний контроль                                 | 10...20                         | 1                          | 10...20                 |
| Виконання і захист РГР                             | 20...30                         | 1                          | 20...30                 |
| <b>Усього за семестр</b>                           |                                 |                            | <b>60...100</b>         |

Семестровий контроль (іспит, залік) 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 стосується розробки ескізу елементарного вузла ГТД.

Максимальна кількість балів за кожне запитання – 25.

### 11.2 Якісні критерії оцінювання

Для одержання позитивної оцінки студент повинен

**знати:**

- життєвий цикл виробів (двигуна, агрегата, деталі);
- основні етапи проектування та конструювання;
- труднощі, що виникають при проектуванні;
- методи пошуку рішень при проектуванні;
- загальні задачі конструювання;
- уніфікація, нормалізація та стандартизація при конструюванні;
- агрегування та секціювання в конструкціях;



- рівномірність перетинів і машин в цілому;
- схематичні зображення вузлів, деталей та сполучень в ГТД
- основні положення щодо центрування деталей двигунів;
- основні положення щодо передачі крутного моменту;
- основні положення щодо фіксацій різьбових з'єднань;

**вміти:**

- розробити ескізну конструктивну схему існуючого ГТД за кресленням або макетом.
- виконувати порівняльну оцінку існуючих конструкцій.

### 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 життєвий цикл виробів (двигуна, агрегата, деталі), основні етапи проектування та конструювання, труднощі, що виникають при проектуванні, методи пошуку рішень при проектуванні, загальні задачі конструювання, основні положення щодо центрування деталей двигунів, основні положення щодо передачі крутного моменту, основні положення щодо фіксацій різьбових з'єднань.

**Добре (75-89).** Окрім переліченого в пункті «Задовільно (60-74)» – твердо опанувати мінімум знань та умінь. Знати: агрегування та секціонування в конструкціях; рівномірність перетинів і машин в цілому; схематичні зображення вузлів, деталей та сполучень в ГТД.

**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: метод інверсії; оцінку маси і металоємності; засоби полегшення деталей; раціональний вибір параметрів машин; розрахунок на міцність при розтягуванні, вигині, крученні, зрізі; способи фіксації деталей від осевого зсуву; способи ущільнення порожнин машин (зокрема ГТД) .

### 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 та рекомендована література

### Базова

1. Орлов, П. И. Основы конструирования: справочно-методическое пособие. В 2-х кн. Кн. 1; под ред. П. Н. Учаева. – М.: Машиностроение, 1988. – 560 с.
2. Орлов, П. И. Основы конструирования: справочно-методическое пособие. В 2-х кн. Кн. 2; под ред. П. Н. Учаева. – М.: Машиностроение, 1988. – 544 с.
3. Дж. К. Джонс Методы проектирования / Дж. К. Джонс ; перевод с англ. Т. П. Бурмистровой, И. Ф. Фриденбурга ; под ред. д-ра психол. наук, к.т.н. В. Ф. Венди, канд. психол. наук В. М. Мунипова. – М.: Мир.
4. Никитин, Ю. М. Конструирование элементов деталей и узлов авиадвигателей / Ю. М. Никитин; под ред. д-ра техн. наук, проф. Т. С. Скубачевского. – М.: Машиностроение, 1968. – 324 с.
5. Конструкция и проектирование авиационных газотурбинных двигателей: учебник для студентов вузов по специальности «Авиационные двигатели и энергетические установки» /

С. А. Вьюнов, Ю. И. Гусев, А. В. Карпов и др.; под ред. Д. В. Хронина. – М.: Машиностроение, 1989. – 368 с.; ил.

#### **Допоміжна**

1. Скубачевский, Г. С. Авиационные газотурбинные двигатели. Конструкция и расчет деталей / Г. С. Скубачевский. – М.: Машиностроение, 1981. – 550 с.
2. Биргер, И. А. Расчет на прочность деталей машин: справочник / И. А. Биргер, Б. Ф. Шорр, Т. В. Иоселевич. – М.: Машиностроение, 1979. – 702 с.

### **13. Інформаційні ресурси**

Електронні посібники по розрахункам на міцність та лабораторним заняттям деталей ГТД, а також креслення поздовжніх розрізів ГТД.