


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

Кафедра Конструкції авіаційних двигунів (№ 203)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Гарант освітньої програми

  
(підпис) Олег КИСЛОВ  
(ім'я та прізвище)

« 30 » 08 2023 р.

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

*Автоматика, регулювання та агрегати газотурбінних установок*  
(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань 14 «Електрична інженерія»  
(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність 142 «Енергетичне машинобудування»  
(код та найменування спеціальності)

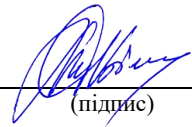
Освітня програма Газотурбінні установки і компресорні станції  
(найменування освітньої програми)

**Форма навчання: денна**

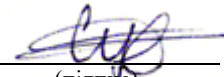
**Рівень вищої освіти:** перший (бакалаврський)

**Харків 2023 рік**

Розробники Олександр БІЛОГУБ, проф. каф. 203, д.т.н., проф.  
(ім'я та прізвище, посада, науковий ступінь і вчене звання)

  
(підпис)

Сергій СУХОВІЙ, доц. каф. 203, к.т.н., доц.  
(ім'я та прізвище, посада, науковий ступінь і вчене звання)

  
(підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри  
Конструкції авіаційних двигунів (№ 203)  
(назва кафедри)

Протокол № 1 від « 28 » серпня 2023 р.

Завідувач каф. 203 д.т.н., професор  
(науковий ступінь і вчене звання)

  
(підпис)

Сергій ЄПІФАНОВ  
(ім'я та прізвище)

## 1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показника	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання)	
Кількість кредитів – 4	<p><b>Галузь знань</b> 14 «Електрична інженерія»</p> <p><b>Спеціальність</b> 142 «Енергетичне машинобудування»</p> <p><b>Освітня програма</b> Газотурбінні установки і компресорні станції</p> <p><b>Рівень вищої освіти:</b> перший (бакалаврський)</p>	Обов'язкова	
Кількість модулів – 2		<b>Навчальний рік</b>	
Кількість змістових модулів – 2		2023 / 2024	
<b>Індивідуальне завдання:</b> <b>Розрахунково-графічна робота на тему:</b> «Комп'ютерні дослідження властивостей САУ обертанням ротора ТРД на ПК VisSim»		<b>Семестр</b>	
(назва)			
<b>Загальна кількість годин –</b> 60*ауд./120 заг. = 0,5		6-й   8-й	
		<b>Група</b>	
		231ст   241	
		<b>Лекції</b> *	
		30 год.	
	<b>Практичні, семінарські</b> *		
	30 год.		
	<b>Лабораторні</b> *		
	–		
	<b>Самостійна робота</b>		
	60 год.		
	<b>Вид контролю</b>		
	модульний контроль, залік		
<b>Кількість тижневих годин для денної форми навчання:</b> аудиторних – 5 самостійної роботи студента – 5			

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить  $60 / 60 = 1,0$ .

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

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

**Мета:** ознайомити студентів з розрахунками, проектуванням, експлуатацією систем і агрегатів ГТД.

**Завдання:** дати знання про принципи роботи систем автоматичного управління ГТД, структуру, устрій та властивості елементів САУ ГТД, а також про устрій систем та агрегатів паливопостачання, змащування.

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

### Загальні компетентності:

ЗК3. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК4. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК7. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

ЗК8. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК9. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК15. Здатність забезпечувати якість виконуваних робіт.

ЗК16. Прагнення до збереження навколишнього середовища.

### Спеціальні (фахові) компетентності:

ФК2. Здатність застосовувати свої знання і розуміння для визначення, формулювання і вирішення інженерних завдань з використанням теоретичних і експериментальних методів дослідження процесів в газотурбінних установках та енергетичному обладнанні компресорних станцій.

ФК3. Здатність аналізувати інформацію з літературних джерел, здійснювати патентний пошук, а також використовувати бази даних та інші джерела інформації для здійснення професійної діяльності.

ФК4. Здатність застосовувати стандартні методи розрахунку при проектуванні деталей і вузлів газотурбінної техніки і енергетичного обладнання компресорних станцій.

ФК8. Здатність визначати режими експлуатації газотурбінних установок та енергетичного обладнання компресорних станцій і застосовувати способи раціонального використання сировинних, енергетичних та інших видів ресурсів.

ФК10. Здатність забезпечувати моделювання об'єктів і процесів з використанням стандартних і спеціальних пакетів програм та засобів автоматизації інженерних розрахунків, проводити експерименти за заданими методиками з обробкою й аналізом результатів.

### Програмні результати навчання:

ПРН 2. Демонструвати знання і розуміння інженерних наук на рівні, необхідному для досягнення головних результатів освітньої програми, в тому числі певна обізнаність в останніх досягненнях.

ПРН 3. Виявити розуміння широкого міждисциплінарного контексту спеціальності<sup>142</sup> «Енергетичне машинобудування» і освітньої програми «Газотурбінні установки і компресорні станції».

ПРН 4. Застосовувати процеси, системи, обладнання, інженерні технології відповідно до потреб газотурбобудування та машинобудування енергетичного обладнання компресорних станцій; обирати і застосовувати придатні типові розрахункові та експериментальні методи; правильно інтерпретувати результати досліджень.

ПРН 5. Виявляти, формулювати і вирішувати інженерні завдання відповідно до потреб газотурбобудування та машинобудування енергетичного обладнання компресорних станцій; розуміти важливість нетехнічних (суспільство, здоров'я і безпека, навколишнє середовище, економіка і промисловість) обмежень.

ПРН13. Використовувати обладнання, матеріали та інструменти, інженерні технології і процеси при вирішенні професійних завдань в галузі газотурбобудування та машинобудування енергетичного обладнання компресорних станцій з урахуванням наявності обмежень та розумінням їх природи.

ПРН 16. Отримувати й інтерпретувати відповідні дані і аналізувати складності у сфері газотурбобудування та машинобудування енергетичного обладнання компресорних станцій для донесення суджень, які відображають відповідні соціальні та етичні проблеми.

ПРН 21. Виявляти здатність аналізувати розвиток науки і техніки.

**Преквізити:**

Основи конструювання технічних систем; Теоретична механіка та теорія машин і механізмів; Теорія газотурбінних двигунів і установок; Теорія та розрахунок лопатевих машин; Гідрогазодинаміка.

**Кореквізити:** Конструкція та міцність газотурбінних двигунів та установок; Газотурбінні установки, компресорні станції та газотранспортні мережі.

**3. Зміст навчальної дисципліни****Модуль 1****Змістовий модуль 1****АВТОМАТИКА ТА РЕГУЛЮВАННЯ ГТУ***Лекційні заняття*

**ТЕМА 1.** Предмет вивчення та задачі дисципліни. Місце дисципліни в учбовому плані. Рекомендована література. Основні поняття та визначення. ГТУ як об'єкт управління. Контур управління САУ та САР. Структура та програми САР ГТУ. Типовий склад САР. Зворотній зв'язок. Замкнені та розімкнені САР. Основні задачі та вимоги, класифікація САР.

**ТЕМА 2.** Структурна схема та програми регулювання: одновального ТРД з незмінною геометрією. Регулюючі фактори, регульовані параметри, програми регулювання. Структура та програми регулювання ГУ. Обмеження потужності.

**ТЕМА 3.** Фізичні та математичні моделі САУ. Математичні моделі: структурні, у вигляді єдиного рівня, в просторі станів. Математична модель однороторного ТРД з автономним поданням палива. Рівняння динаміки ТРД з ПТН. Властивості однороторного ТРД. Рівняння динаміки турбовальних ГТУ.

**ТЕМА 4.** Типи датчиків САУ ГТУ. Математичні моделі датчиків САУ ГТД. Загальні вимоги до чуйників. Сервомотори (підсилювачі), типи, загальні вимоги, математичні моделі. Властивості.

**ТЕМА 5.** Перехідна характеристика ТРД за подачею палива. Частотні характеристики САР та їх елементів та методи їх побудови. Передавальна функція системи. Динамічні властивості САР та їх елементів.

**ТЕМА 6.** Стійкість лінійних САР ГТУ та методи її дослідження. Метод характеристичного рівняння. Зв'язок його коренів із властивостями САР. Приклади його застосування до САР ГТУ.

**ТЕМА 7.** Основні положення щодо синтезу лінійних САР ГТУ. Закони регулювання. П, І, Д та ПД – регулятори, їх характерні властивості та призначення.

**ТЕМА 8.** Автоматичне забезпечення газодинамічної стійкості компресора. Системи перепуску повітря. Системи повороту лопаток направляючих апаратів (НА). Структура і програми регулювання кутів повороту лопаток НА.

**ТЕМА 9.** Загальна характеристика цифрових САУ ГТУ. Задачі які вирішуються цифровими САУ, головні особливості цифрових САУ. Приклади побудови цифрових САУ ГТД. Перспективи їх розвитку.

**Модульний контроль.****Змістовий модуль 2****СИСТЕМИ ТА АГРЕГАТИ ГТУ***Лекційні заняття*

**ТЕМА 10.** Загальні відомості про склад ГТУ. Основні системи. Вимоги до систем.

**ТЕМА 11.** Паливна система (ПС) ГТУ. Вимоги до паливної системи. Склад ПС. Палива ГТУ.

**ТЕМА 12** Маслосистема (МС) ГТУ. Умови роботи вузлів тертя. Функції МС, її склад. Структурні схеми маслосистем.

**ТЕМА 13.** Агрегати маслосистем.

**ТЕМА 14.** Пускова система (ПС). Запуск ГТУ. Характер зміни моментів рушійних сил. Визначення тривалості запуску та потужності пускового пристрою. Типи стартерів.

**ТЕМА 15.** Насоси систем ГТУ. Основні типи насосів, їх характеристики, області застосування. Визначення необхідної подачі, напору насоса та потужності його приводу.

**ТЕМА 16.** Шестеренні насоси (ШН). Зони застосування шестеренних насосів, принцип роботи, конструктивні схеми. Забезпечення напору ШН.

**ТЕМА 17.** Подача ШН і її залежність від різних чинників. Пульсації подачі рідини ШН. Розрахунки основних параметрів ШН, навантаження на опори. Конструкція ШН і їх матеріали.

**ТЕМА 18.** Плунжерні насоси. Зони застосування плунжерних насосів. Принципи роботи. Побудова. Конструктивні схеми. Забезпечення напору і подачі плунжерного насосу. Пульсації подачі плунжерних насосів. Конструкції елементів насосу. Засоби усунення компресії та кавітації.

**ТЕМА 19.** Відцентрові насоси (ВЦН). Зони застосування. Принцип роботи, їх побудова. Конструктивні схеми. Напірні характеристики ВЦН.

**ТЕМА 20.** Гідравлічний, об'ємний і механічний к.п.д. насоса. Формули подібності ВЦН. Елементи конструкції ВЦН. Засоби підвищення антикавітаційних властивостей ВЦН.

**Модульний контроль.**

#### 4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	денна форма				
	усьо го	у тому числі			
л		лаб	п	с.р.	
1	2	3	4	5	6
<b>Модуль 1</b>					
<b>Змістовий модуль 1 (АВТОМАТИКА ТА РЕГУЛЮВАННЯ ГТУ)</b>					
<b>ТЕМА 1.</b> Вступ до дисципліни. Структура та програми САР АД. Типовий склад САР.	2	1	-	-	1
<b>ТЕМА 2.</b> Структура та програми регулювання ГТУ.	5	1	-	2	2
<b>ТЕМА 3.</b> Математичні моделі САУ: структурні, у вигляді єдиного рівня, в просторі станів.	8	2	-	3	3
<b>ТЕМА 4.</b> Датчики та сервомотори (підсилювачі) САУ ГТУ.	4	2	-	-	2
<b>ТЕМА 5.</b> Динамічні властивості САР та їх елементів.	5	1	-	2	2
<b>ТЕМА 6.</b> Стійкість лінійних САР ГТУ та методи її дослідження.	8	2	-	3	3
<b>ТЕМА 7.</b> Основні положення щодо синтезу лінійних САР ГТУ.	9	2	-	4	3
<b>ТЕМА 8.</b> Автоматичне забезпечення газодинамічної стійкості компресора.	5	1	-	2	2
<b>ТЕМА 9.</b> Загальна характеристика цифрових САУ ГТУ.	4	2	-	-	2
<b>Модульний контроль</b>	1	1	-	-	-
<b>Разом за змістовим модулем 1</b>	<b>51</b>	<b>15</b>	<b>-</b>	<b>16</b>	<b>20</b>
<b>Змістовий модуль 2 (СИСТЕМИ ТА АГРЕГАТИ ГТУ)</b>					
<b>ТЕМА 10.</b> Загальні відомості про склад ГТУ. Основні системи. Вимоги до систем.	2	1	-	-	1
<b>ТЕМА 11.</b> Паливна система (ПС) ГТУ.	5	1	-	2	2
<b>ТЕМА 12.</b> Маслосистема (МС) ГТУ.	5	1	-	2	2
<b>ТЕМА 13.</b> Агрегати маслосистем.	5	2	-	1	2
<b>ТЕМА 14.</b> Пускова система (ПС). Запуск ГТУ.	6	2	-	2	2
<b>ТЕМА 15.</b> Насоси систем ГТУ.	4	1	-	2	1
<b>ТЕМА 16.</b> Шестеренні насоси (ШН).	4	1	-	1	2
<b>ТЕМА 17.</b> Подача ШН і її залежність від різних чинників.	4	1	-	1	2
<b>ТЕМА 18.</b> Плунжерні насоси.	4	1	-	1	2
<b>ТЕМА 19.</b> Відцентрові насоси (ВЦН).	4	1	-	1	2
<b>ТЕМА 20.</b> Гідравлічний, об'ємний і механічний ККД насоса. Засоби підвищення антикавітаційних властивостей ВЦН.	5	2	-	1	2
<b>Модульний контроль</b>	1	1	-	-	-
<b>Разом за змістовим модулем 2</b>	<b>49</b>	<b>15</b>	<b>-</b>	<b>14</b>	<b>20</b>
<b>Індивідуальне завдання</b>					
<b>Розрахункова робота на тему: «Комп'ютерні дослідження властивостей САУ обертанням ротора ТРД на ПК VisSim»</b>	<b>20</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>20</b>
<b>Контрольний захід</b>					
<b>Усього годин</b>	<b>120</b>	<b>30</b>	<b>-</b>	<b>30</b>	<b>60</b>

### 5. Теми семінарських занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1		
	<b>Разом</b>	<b>0</b>

### 6. Теми практичних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Система автоматичного управління двигуном газоперекачувального агрегата	6
2	Система автоматичного управління і захисту стаціонарної газотурбінної установки з пневмомеханічними елементами	6
3	Дослідження стійкості та моделювання САУ ГТУ та їх динамічних елементів у VisSim	4
4	Системи паливостачання	4
5	Маслосистема ГТУ	4
6	Пускова система	2
7	Насоси ГТУ	4
	<b>Разом</b>	<b>30</b>

### 7. Теми лабораторних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1		
	<b>Разом</b>	<b>0</b>

### 8. Самостійна робота

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Структура та програми САР ГТУ. Типовий склад САР.	1
2	Структура та програми регулювання ГТУ.	2
3	Математичні моделі САУ: структурні, у вигляді єдиного рівня, в просторі станів.	3
4	Сенсори та сервомотори САУ ГТУ.	2
5	Динамічні властивості САР та їх елементів.	2
6	Стійкість лінійних САР ГТУ та методи її дослідження.	3
7	Основні положення щодо синтезу лінійних САР ГТУ.	3
8	Автоматичне забезпечення газодинамічної стійкості компресора.	2
9	Загальна характеристика цифрових САУ ГТУ.	2
10	Загальні відомості про склад ГТУ. Основні системи. Вимоги до систем.	1
11	Паливна система (ПС) ГТУ.	2
12	Маслосистема (МС) ГТУ.	2
13	Агрегати маслосистем.	2
14	Пускова система (ПС). Запуск ГТУ.	2
15	Насоси систем ГТУ.	1
16	Шестеренні насоси (ШН).	2
17	Подача ШН і її залежність від різних чинників.	2
18	Плунжерні насоси.	2
19	Відцентрові насоси (ВЦН)	2
20	Гідравлічний, об'ємний і механічний к.п.д. насоса. Засоби підвищення антикавітаційних властивостей ВЦН.	2
21	Виконання розрахункової роботи	20
	<b>Разом</b>	<b>60</b>

## 9. Індивідуальне завдання

1. Розрахунково-графічна робота на тему: «Комп'ютерні дослідження властивостей САУ обертанням ротора ТРД на ПК VisSim».

Розділи роботи:

1. Складання передаточної функції сполучень та системи .
2. Побудова математичної моделі системи.
3. Визначення стійкості САР.
4. Виконання моделювання перехідних режимів.
5. Визначення властивості САР.

## 10. Методи навчання

Основні форми навчання:

- лекційна;
- практичні роботи;
- розрахункова робота;
- самостійна робота студента;
- залік.

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.

Лекція, розв'язує тільки одну дидактичну задачу – дає первісне знайомство з темою, організовує первісне сприйняття матеріалу, формулює основні проблеми.

Проведення лабораторних робіт базується на словесному (аналітичному) описанні САУ, а також й на матеріальному відображенні за допомогою спеціальних дидактичних матеріалів (розрізні макети, плакати та ін.). Під час проведення лабораторних робіт використовується бригадний характер праці студентів.

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 домашню розрахунково-графічну роботу.

### Питання для самостійної роботи студентів

#### Модуль 1

1. Основні задачі та вимоги, класифікація САР. АГТД як об'єкт управління.
2. Контур управління САУ та САР. Структура та програми САР АД.
3. Типовий склад САР. Зворотній зв'язок. Замкнені та розімкнені САР.
4. Структурна схема та програми регулювання одновального ТРД з незмінною геометрією.
5. Регулюючі фактори, регульовані параметри, програми регулювання. 9. Варіанти структури САУ.
6. Структура та програми регулювання ГТУ. Обмеження потужності.
7. Рівняння однороторного ТРД з автономним поданням палива.
8. Динамічні параметри ТРД. Визначення динамічних параметрів ТРД.
9. Рівняння динаміки ТРД з ПТН.
10. Властивості однороторного ТРД.
11. Рівняння динаміки турбовальної ГТУ.
12. Типи чуйників САУ ГТУ. Загальні вимоги до чуйників.
13. Чуйники температури. Загальні вимоги. Термопара – рівняння та динамічні властивості.
14. Сервомотори (підсилювачі), типи, загальні вимоги.
15. Модель системи у вигляді передавальної функції. Зв'язок передавальної функції з диференціальним рівнянням динаміки системи.
16. Характеристичне рівняння. Зв'язок характеристичного рівняння з функцією передачі.
17. Частотні характеристики системи. Зв'язок АЧХ з передавальної функцією.



18. Поняття «стійка система», «нестійка система», «система на межі стійкості».
19. Критерій стійкості Ляпунова.
20. Поняття «модель системи в просторі станів».
21. Рівняння динаміки і спостереження моделі системи в просторі станів.
22. Поняття «керована система». Критерій керованості системи.
23. Поняття «спостережувана система». Критерій спостережливості.
24. Основні властивості САУ з регулятором прямої дії.
25. Схеми і математичні моделі П, І, Д та ПІД – регуляторів, їх характерні властивості та призначення.

## Модуль 2

1. Вимоги до паливної системи. Основні функції.
1. Схема паливної системи ЛА Основні конструкції вхідних вузлів та елементів.
2. Вимоги до маслосистеми. Основні функції.
3. Вимоги до мастил для змащування вузлів ВМД. Основні властивості олій.
4. Принцип влаштування та схеми маслосистем. Нормальнозамкнені та короткозамкнені циркуляційні маслосистеми.
5. Агрегати, що нагнітають і відкачують, маслосистеми.
6. Система повітровиділення та суфлювання.
7. Розрахунок потрібної прокачування масла через двигун.
8. Конструкції нагнітальних та відкачувальних маслонасосів. Продуктивність шестеренних насосів.
9. Конструкції елементів шестеренних маслонасосів.
10. Відцентрово-шестеренні, пластинчасті, ежекторні та черпакові маслонасоси.
11. Продуктивність пластинчастого насоса.
12. Переваги та недоліки насосів різних схем.
13. Конструкції редуційних клапанів.
14. Масляні фільтри, призначення та конструкції.
15. Влаштування суфлерів та масловідділювачів.
16. Радіатори. Конструктивні особливості.
17. Причини відмов маслосистем та засоби контролю технічного стану.
18. Основні вимоги до системи запуску. Чинники визначають параметри пускової системи.
19. Основні системи та агрегати, що забезпечують запуск ВМД.
20. Класифікація пускових систем.
21. Класифікація пускових пристроїв.
22. Етапи запуску. Рівняння, що описують процес запуску.
23. Моменти, що діють на ротор на 1 етапі запуску.
24. Моменти, що діють на ротор на 2 етапі запуску.
25. Моменти, що діють на ротор на 3 етапі запуску.
26. Крутний момент стартера.
27. Енергосистеми, що застосовуються в системах запуску.
28. Електричні пускові пристрої. Структурна схема електричних пускових систем.
29. Джерела живлення електричних пускових систем. Основні типи акумуляторів і хімічні реакції розряду-заряду.
30. Конструктивна схема турбостартера із вільною турбіною.
31. Система повітряного запуску. Конструкція повітряної турбіни з регулятором тиску та системи захисту.
32. Принцип дії та конструктивна схема шестеренного насоса з компенсацією зносу торцевих поверхонь.
33. Принцип дії та конструктивні схеми аксіальних насосів.
34. Принцип дії та конструктивні схеми поршневих насосів (моторів).
35. Принцип дії та конструктивні схеми форсунок.

## 11. Методи контролю

Матеріал дисципліни розбито на два змістових модулі:

1. Автоматика та регулювання ГТУ.
2. Системи та агрегати ГТУ.

**Складання модуля 1 – на 9-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 8(6) – *залік*.

## 12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачі

### 12.1. Розподіл балів, які отримують здобувачі (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	7	0...3,5
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	0...2,5	4	0...10
Модульний контроль	0...25	1	0...25
<b>Змістовний модуль 2</b>			
Робота на лекціях	0...0,5	7	0...3,5
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	0...2,5	4	0...10
Модульний контроль	0...25	1	0...25
Виконання і захист РГР	0...23	1	0...23
<b>Усього за семестр</b>			<b>0...100</b>

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 стосується розробки математичної моделі ГТД, визначення стійкості та властивості ГТД.

Максимальна кількість балів за кожне запитання – 25.

### 12.2. Якісні критерії оцінювання

Для одержання позитивної оцінки студент повинен

**знати:**

- головні чинники, що обумовлюють необхідність управління газотурбінними двигунами;
- основні елементи САУ АД;
- типові схеми САУ ГТД;
- програми автоматичного управління різних типів ГТД;
- умови функціонування деталей та вузлів САУ АД;

- послідовність проектування систем автоматичного управління ГТД;
- структури та особливості реалізації гідромеханічних та цифрових САУ різних типів ГТД;
- методи аналізу стійкості САУ АД;
- методи якості та моделювання САУ АД;
- призначення і функції основних систем ГТУ;
- конструкцію та принцип дії основних агрегатів ГТУ;

**вміти:**

- визначити передаточні функції елементів та САУ за заданими математичними співвідношеннями;
- виконувати розрахунки стійкості САУ із використанням відповідних програмних засобів;
- виконувати порівняльну оцінку існуючих конструкцій, пропонувати шляхи їх вдосконалення за результатами виконаних розрахунків;
- складати схеми основних систем двигуна;
- складати схеми основних типів насосів ГТУ.

**12.3. 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 схеми САУ різних типів ГТД. Уміти визначити стійкість ГТД за заданими передаточними функціями та структурною схемою. Пояснювати особливості П-, ПИ- та ПИД регуляторів. Знати основні типи чуйників САУ АГТД та загальні вимоги до чуйників. Пояснювати основні особливості цифрових САУ. Знати склад і функції основних систем ГТУ.

**Добре (75-89).** Твердо опанувати мінімум знань та вмінь. Відпрацювати та захистити всі лабораторні та практичні роботи. Виконати та добре захистити індивідуальне завдання. Здати модульне тестування з позитивною оцінкою. Знати тенденції розвитку ГТД та внесок у цей процес розвитку систем автоматичного управління. Знати типові схеми САУ різних ГТД. Вміти визначити якість САУ ГТД за заданими математичними співвідношеннями та схемою САУ. Знати основні етапи розрахунку систем автоматичного управління ГТД. Вміти визначити стійкість САУ ГТД за допомогою різних критеріїв. Знати особливості П-, ПИ- та ПИД регуляторів. Знати принцип дії основних чуйників САУ ГТД. Визначити передаточні функції елементів та САУ за заданими математичними співвідношеннями. Знати склад, функції основних систем ГТУ. Знати функції та принцип дії агрегатів, що входять до складу систем паливопостачання, змащування і запуску.

**Відмінно (90-100).** Відпрацювати та захистити всі лабораторні та практичні роботи. Виконати та 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. Пояснювати вплив автоматичного управління на ефективність праці двигуна. Знати структури та особливості реалізації гідромеханічних та цифрових САУ різних типів ГТД. Знати програми автоматичного управління ГТУ. Виконувати аналіз переваг та недоліків усіх схем САУ ГТУ. Виконувати розрахунки властивостей САУ аналітичними і частотними методами. Володіти основами аналізу та синтезу САУ. Знати склад, функції основних систем ГТУ. Знати функції та принцип дії агрегатів, що входять до складу систем паливопостачання, змащування і запуску. Знати особливості конструкцій агрегатів систем ГТУ і вади, що їм притаманні.

**Шкала оцінювання: бальна і традиційна**

Сума балів за всі види навчальної діяльності	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

1. Дидактичні матеріали (наочні посібники, плакати, ТЗН).
2. Розрізні макети газотурбінних двигунів в аудиторіях 103 та 124.
3. Методичні навчальні посібники за темами та розділами курсу.
4. Розрахункові та контрольні програми ПЕОМ.
5. Методичні розробки каф. 203 з методиками розрахунків та варіантами завдань.

### 14. Рекомендована література

#### Базова

1. Березльов, В. П. Системи автоматичного керування газотурбінних установок і компресорів : навч. посібн. / В. П. Березльов, І. І. Гвоздецький, К. І. Капітанчук [та ін.]. — К. : Вид-во Нац. авіац. ун-ту «НАУ-друк», 2010. — 164 с.
2. Кулик, М.С. Системи автоматичного керування газотурбінних двигунів : навч. посіб. / [М.С. Кулик, І.І. Гвоздецький, Є.М. Карпов та ін.]. — К. : КМУЦА, 2000. — 140 с.
3. Єпіфанов С.В. Авіаційні паливні системи. / С.В. Єпіфанов, О.І. Риженко, Р.Ю. Цуканов. – Х. Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського "Харків. авіац. ін-т", 2021 – 544 с.
4. Маркианов Л. И. Автоматика авиационных газотурбинных двигателей. – Харьков : изд-во ХВВАИУ. 1984. – 370 с.
5. Епифанов С. В. и др. Моделирование САУ ГТД и их функциональных элементов : учеб. пособие по лаб. практикуму. / С. В. Епифанов, Д. Ф. Симбирский, Р. Л. Зеленский.– Харьков : Нац. аэрокосмический ун-т «ХАИ». 2006. – 65 с.
6. Єпіфанов С.В. Система автоматического управления и защиты стационарной ГТУ с пневматическими элементами. / С.В. Епифанов, Р.Л. Зеленский, А.И. Скрипка. – Харьков : Нац. аэрокосмический ун-т «ХАИ». 2006. – 22 с.
7. Єпіфанов С.В. Автоматика и регулирование авиационных ГТД / С.В. Єпіфанов, Д.Ф. Симбирский. – Х.: Харьк. авіац. ін-т, 1986. – 94с.
8. Білогуб, О. В. Допоміжні силові установки і пускові системи газотурбінних двигунів [Текст] : навч. посіб. до лаб. практикуму / О. В. Білогуб, С. В. Безуглий, В. С. Чигрин. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2018. – 92 с.
9. Лобода И.И. Обеспечение бескавитационной работы топливных и масляных систем ГТД / И.И. Лобода, Б.Я. Хмелик. – Х. : ХАИ, 2000. – 20 с.
10. Скрипка А. И., Епифанов С. В. Система топливопитания вертолетных ГТД : Учебное пособие. Харьков : Нац. аэрокосмический ун-т «ХАИ», кафедра 203. 1992. – 40 с.

#### Допоміжна

1. Безуглый С.В. Плунжерные насосы. Конструкция и проектирование: учеб. пособие / С.В. Безуглый, А.И. Скрипка. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авіац. ін-т», 2010. – 80 с.
2. 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. авіац. ін-т», 2009. – 48 с.
3. Системы авиационных двигателей / С. В. Безуглый, С. В. Епифанов, А. И. Скрипка и др. – Х. : ХАИ, 2008. – 74 с.
4. Агрегаты систем авиационных двигателей / С. В. Безуглый, А. И. Скрипка, Б. Г. Нехорошев и др. – Х. : ХАИ, 2007. – 90 с.
5. Безуглый С.В. Центробежные насосы авиационных двигателей / С.В. Безуглый. – Учеб. пособие. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авіац. ін-т», 2006. – 27 с.
6. Жданов А.А. Гидравлический привод электрогенераторов / А.А. Жданов, В.В. Попов, А.И. Скрипка, С.И. Суховей. – Х. : Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского "Харьк.
7. Хмелик, Б. Я. Агрегаты авиационных силовых установок / Б. Я. Хмелик, Б. Г. Нехорошев. – Х. : ХАИ, 1979. – 69 с.

### 15. Інформаційні ресурси

Сайт бібліотеки ХАИ <http://library.khai.edu>