

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)

« 29 » 08 2025 р.

**СИЛАБУС 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)

Силабус введено в дію з 01.09.2025 року

Харків 2025 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)

Сілабус навчальної дисципліни розглянуто на засіданні кафедри
Конструкції авіаційних двигунів (№ 203)
(назва кафедри)

Протокол № 1 від « 28 » серпня 2025 р.

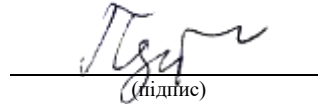
Завідувач каф. 203 д.т.н., професор
(науковий ступінь і вчене звання)


(підпис)

Сергій ЄПІФАНОВ
(ім'я та прізвище)

Погоджено

Представник здобувачів освіти «Авіаційні двигуни та енергетичні установки»


(підпис)

Роман Петров
(ім'я та прізвище)

1 Загальна інформація про викладачів



Білогуб Олександр Віталійович, д-р техн. наук, професор, професор кафедри конструкції авіаційних двигунів. Викладає в університеті наступні дисципліни:

- комп'ютерні технології проектування;
- авіаційні поршневі двигуни;
- проектування авіаційних силових установок і агрегатів.
- автоматика, регулювання та агрегати газотурбінних установок

Напрями наукових досліджень: методи та засоби оптимізації конструкцій поршневих двигунів; робочі процеси в агрегатах авіаційних двигунів.



Суховій Сергій Іванович, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри конструкції авіаційних двигунів. Викладає в університеті наступні дисципліни:

- конструкція та міцність газотурбінних двигунів та установок;
- віброакустика АД і ЕУ;
- системи автоматичного управління АД и ЕУ;
- діагностика та системи контролю технічного стану повітряних суден та авіадвигунів;
- автоматика, регулювання та агрегати газотурбінних установок

Напрями наукових досліджень: розробка та дослідження систем керування ГТД

2 Опис навчальної дисципліни

Форми здобуття освіти	<i>Денна</i>
Семестр, в якому викладається дисципліна	<i>8(6) семестр</i>
Мова викладання	<i>українська</i>
Тип дисципліни	<i>Обов'язкова</i>
Обсяг дисципліни:	<i>4 кредити ЄКТС / 120 годин</i>
Кредити ЄКТС/кількість годин	<i>(60 аудиторних, з яких : лекції – 30, практичні – 30, СРЗ – 60)</i>
Види навчальної діяльності	<i>лекції, лабораторні та практичні роботи, самостійна робота здобувача</i>
Види контролю	<i>поточний, модульний та підсумковий (семестровий) контроль (іспит)</i>
Пререквізити	<i>Основи конструювання технічних систем; Теоретична механіка та теорія машин і механізмів; Теорія газотурбінних двигунів і установок; Теорія та розрахунок лопатевих машин; Гідрогазодинаміка.</i>
Кореквізити	<i>немає</i>

3 Мета та завдання навчальної дисципліни

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

Завдання: придбання знань щодо:

- принципів роботи систем автоматичного управління ГТД та ГТУ;
- структури, устрою та властивостей елементів САУ ГТД;
- устрою систем та агрегатів паливостачання, змащування, охолодження;

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

- здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.
- навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.
- здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.
- здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.
- здатність забезпечувати якість виконуваних робіт.
- прагнення до збереження навколишнього середовища.
- 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.
- здатність аналізувати інформацію з літературних джерел, здійснювати патентний пошук, а також використовувати бази даних та інші джерела інформації для здійснення професійної діяльності.
- здатність застосовувати стандартні методи розрахунку при проектуванні деталей і вузлів газотурбінної техніки і енергетичного обладнання компресорних станцій.
- здатність визначати режими експлуатації газотурбінних установок та енергетичного обладнання компресорних станцій і застосовувати способи раціонального використання сировинних, енергетичних та інших видів ресурсів.
- 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.

Очікується, що після опанування дисципліни здобувач будуть досягнуті наступні **результати навчання** і він буде:

знати:

- основні поняття та визначення ГТУ як об'єкту управління;
- типовий склад САУ;
- основні задачі та вимоги, класифікація САУ;

- *структуру та програми регулювання ГУ. Обмеження потужності;*
- *фізичні та математичні моделі САУ;*
- *перехідну характеристику ТРД за подачею палива. Частотні характеристики САР;*
- *стійкість лінійних САР ГТУ та методи її дослідження;*
- *закони регулювання. П, І, Д та ПІД – регуляторів;*
- *автоматичне забезпечення газодинамічної стійкості компресора;*
- *прикладні побудови цифрових САУ ГТД. Перспективи їх розвитку;*
- *основні системи ГТД і ГТУ. Вимоги до систем;*
- *паливна система ГТУ;*
- *маслосистема ГТУ;*
- *структурні схеми маслосистем;*
- *агрегати маслосистем;*
- *пускова система;*
- *насоси систем ГТУ;*
- *шестеренні насоси;*
- *плунжерні насоси;*
- *відцентрові насоси (ВЦН);*
- *гідравлічний, об'ємний і механічний ККД насоса;*
- *засоби підвищення антикавітаційних властивостей насосів.*

вміти:

- *визначати 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;*
- *дослідити властивості системи автоматичного управління обертанням ротора ГТД (ТРД) за допомогою пакету «VisSim»*
- *складати схеми основних систем двигуна;*
- *складати схеми основних типів насосів ГТУ;*
- *розраховувати потужність системи запуску ГТД.*

4 Зміст навчальної дисципліни

МОДУЛЬ 1

Змістовий модуль 1

АВТОМАТИКА ТА РЕГУЛЮВАННЯ ГТУ

ТЕМА 1. Предмет вивчення та задачі дисципліни, Структурна схема та програми регулювання

- *Форма занять: лекція, самостійна робота.*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

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

ТЕМА 2. Фізичні та математичні моделі САУ. Типи датчиків САУ ГТУ.

- *Форма занять: лекція, практичні (лабораторні) заняття, самостійна робота.*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

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. Математичні моделі датчиків САУ ГТД. Загальні вимоги до чуйників. Сервомотори (підсилювачі), типи, загальні вимоги, математичні моделі. Властивості.

ТЕМА 3. Характеристики ТРД. Стійкість САР ГТУ. Синтез САР ГТУ.

- *Форма занять: лекція, практичні (лабораторні) заняття, самостійна робота.*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Перехідні характеристики ТРД за подачею палива. Частотні характеристики САР та їх елементів та методи їх побудови. Передавальна функція системи. Динамічні властивості САР та їх елементів. Стійкість лінійних САР ГТУ та методи її дослідження. Метод характеристичного рівняння. Зв'язок його коренів із властивостями САР. Приклади його застосування до САР ГТУ. Основні положення щодо синтезу лінійних САР ГТУ. Закони регулювання. П, І, Д та ПІД – регулятори, їх характерні властивості та призначення.

ТЕМА 4. Забезпечення стійкості компресора. Характеристика цифрових САУ.

- *Форма занять: лекція, практичні (лабораторні) заняття, самостійна робота.*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Автоматичне забезпечення газодинамічної стійкості компресора. Системи перепуску повітря. Системи повороту лопаток направляючих апаратів (НА). Структура і програми регулювання кутів повороту лопаток НА. Загальна характеристика цифрових САУ ГТУ. Задачі які вирішуються цифровими САУ, головні особливості цифрових САУ. Приклади побудови цифрових САУ ГТД. Перспективи їх розвитку.

Модульний контроль.

- *Форма занять: написання модульної роботи в аудиторії (за рішенням лектора допускається проведення у дистанційній формі).*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів – за необхідністю.*

Модуль 2

Змістовий модуль 2

СИСТЕМИ ТА АГРЕГАТИ ГТУ

ТЕМА 5. Основні системи ГТУ.

- *Форма занять: лекція, практичні (лабораторні) заняття, самостійна робота.*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): макети агрегатів, плакати.*

Загальні відомості про системи ГТД та ГТУ, їх склад. Вимоги до систем. Паливна система (ПС) ГТУ. Вимоги до паливної системи. Склад ПС. Палива, що застосовуються в ГТУ, їх склад і властивості. Маслосистема (МС) ГТУ. Умови роботи вузлів тертя. Функції МС, її склад. Структурні схеми маслосистем. Агрегати маслосистем.

ТЕМА 6. Пускова система (ПС).

- *Форма занять: лекція, практичні (лабораторні) заняття, самостійна робота.*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): макети стартерів та ДСУ, плакати.*

Запуск ГТД та ГТУ. Етапи запуску. Характер зміни моментів спротиву і рушійних сил. Визначення тривалості запуску та потужності пускового пристрою. Типи стартерів, їх схеми та конструкції.

ТЕМА 7. Насоси, що входять до систем ГТУ.

- *Форма занять: лекції, практичні (лабораторні) заняття, самостійна робота.*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): макети насосів, плакати.*

Основні типи насосів, їх характеристики, області застосування. Визначення необхідної подачі, напору насоса та потужності його приводу. Шестеренні насоси (ШН). Зони застосування шестеренних насосів, принцип роботи, конструктивні схеми. Забезпечення напору ШН. Подача ШН і її залежність від різних чинників. Пульсації подачі рідини ШН. Розрахунки основних параметрів ШН, навантаження на опори. Конструкція ШН і їх матеріали. 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. Відцентрові насоси (ВЦН). Зони застосування. Принцип роботи, їх побудова. Елементи конструкції ВЦН. Напірні характеристики ВЦН.

ТЕМА 8. ККД насосів. Кавітаційні обмеження.

- *Форма занять: лекції, практичні (лабораторні) заняття, самостійна робота.*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): макети насосів, плакати.*

Гідравлічний, об'ємний і механічний ККД насоса. Формули подібності ВЦН. Засоби підвищення антикавітаційних властивостей насосів.

Модульний контроль.

- *Форма занять: написання модульної роботи в аудиторії (за рішенням лектора допускається проведення у дистанційній формі).*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*
- *Обсяг самостійної роботи здобувачів – за необхідністю.*

5 Індивідуальні завдання

Немає.

6 Методи навчання

Словесні, наочні, практичні.

7 Методи контролю

Поточний контроль (теоретичне опитування й розв'язання практичних завдань), модульний контроль (тестування за розділами курсу) та підсумковий (семестровий) контроль (іспит).

8 Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачі

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 1			
Робота на лекціях	0...0,35	8	0...2,8
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	0...0,32	7	0...2,2
Модульний контроль	0...45	1	0...45
Змістовний модуль 2			
Робота на лекціях	0...0,35	7	0...2,4
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	0...0,32	8	0...2,5
Модульний контроль	0...45	1	0...45
Усього за семестр			0...100

Прийнята шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка для екзамену, курсового проекту (роботи), практики
90-100	відмінно
75-89	добре
60-74	задовільно
01-59	незадовільно з можливістю повторного складання

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 (практичних) 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 двох теоретичних запитань та двох тестових завдань. Теоретичні запитання розподілено таким чином:

Перше запитання - змістовий модуль 1;

Друге запитання – змістовий модуль 2;

Перше тестове завдання містить 18 тестових запитань за тематикою модуля 1, вірні (повні і неповні) відповіді на які треба обрати з тих, що пропонуються.

Друге тестове завдання містить 18 тестових запитань за тематикою модуля 2, вірні відповіді (повні і неповні) на які треба обрати з тих, що пропонуються.

Максимальна кількість балів за кожне запитання – 2. Неповна відповідь – 1.

9 Політика навчального курсу

Відпрацювання пропущених занять відбувається відповідно до розкладу консультацій, за попереднім погодженням з викладачем. Питання, що стосуються академічної доброчесності, розглядає викладач або за процедурою, визначеною у Положенні про академічну доброчесність.

10 Методичне забезпечення та інформаційні ресурси

Підручники, навчальні посібники, навчально-методичні посібники, конспекти лекцій, методичні рекомендації з проведення лабораторних робіт тощо, які видані в Університеті знаходяться за посиланням:

– <http://library.khai.edu/catalog?>

– Сторінка дисципліни знаходиться за посиланням: <https://mentor.khai.edu/course/view>.

11 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. Єпифанов 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. Єпифанов С.В. Автоматика и регулирование авиационных ГТД / С.В. Єпифанов, Д.Ф. Симбирский. – Х.: Харьк. авиац. ин-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. авиац. ин-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. авиац. ин-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. авиац. ин-т», 2006. – 27 с.
6. Жданов А.А. Гидравлический привод электрогенераторов / А.А. Жданов, В.В. Попов, А.И. Скрипка, С.И. Суховой. – 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.