

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

Кафедра конструкції авіаційних двигунів (№ 203)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми
 Людмила БОЙКО
(підпис) (ініціали та прізвище)

«31» 08 2021 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА ВИБІРКОВОЇ
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 і найменування спеціальності)

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

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти:
перший (бакалаврський)

Харків 2021 рік

Розробник: Олександр БІЛОГУБ, професор, д.т.н., професор
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь і вчене звання)


(підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри
конструкції авіаційних двигунів (203)
(назва кафедри)

Протокол № 1 від « 30 » серпня 2021 р.

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


(підпис)

Сергій ЄПІФАНОВ
(ініціали 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	Галузь знань: <u>14 «Електрична інженерія»</u> (шифр і назва)	<i>Вибіркова</i>
Кількість модулів – 2	Спеціальність: 142 «Енергетичне машинобудування» (шифр і назва)	Навчальний рік 2021 / 2022
Кількість змістових модулів – 2		Семестр
Індивідуальне завдання: Розрахунково-графічна робота на тему: «Комп'ютерні дослідження властивостей САУ обертанням ротора ТРД на ПК VisSim» (назва)	Освітня програма: <i>Газотурбінні установки і компресорні станції</i> (назва)	
Загальна кількість годин – 120 кількість годин аудиторних/ загальна 60/120 = 0,5		
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3,75 самостійної роботи студента – 3,75	Рівень вищої освіти: <u>перший (бакалаврський)</u>	Лекції *
		30 год.
		Практичні, семінарські *
		30 год.
		Лабораторні ¹⁾
		Самостійна робота
		60 год.
		Вид контролю <i>іспит</i>

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: теоретично і практично підготувати майбутніх фахівців до випробувань та експлуатації ГТД та їх систем.

Завдання: дати знання про принципи роботи систем автоматичного управління ГТД, структуру, устрій та властивості елементів САУ ГТД, а також про устрій систем паливopостачання, маcлосистем та їх елементів.

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

Загальні компетентності:

Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

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

Здатність працювати в команді.

Навички міжособистісної взаємодії.

Здатність забезпечувати якість виконуваних робіт.

Спеціальні (фахові) компетентності:

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

Здатність брати участь у роботах з розробки і впровадження теплотехнологічних процесів при проектуванні газотурбінної техніки та енергетичного обладнання компресорних станцій, перевіряти якість монтажу й налагодження при випробуваннях і здачі в експлуатацію нових газотурбінних установок та 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.

Програмні результати навчання:

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

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.

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.

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.

Засвоїти розуміння необхідності самостійного навчання протягом життя.

Пререквізити:

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 газо транспортні мережі.

3. Програма 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 чуйників САУ ГТУ. Математичні моделі чуйників 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 ПІД – 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

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. Основи гідравлічних розрахунків. 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 рулійних 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				
	усього	у тому числі			
	го	л	лаб	п	с.р.
1	2	4	5	6	7
Модуль 1					
Змістовий модуль 1 (АВТОМАТИКА ТА РЕГУЛЮВАННЯ ГТУ)					
ТЕМА 1. Вступ до дисципліни. Структура та програми САР АД. Типовий склад САР.	2	1	-	-	1
ТЕМА 2. Структура та програми регулювання ГТУ.	6	1	-	2	2
ТЕМА 3. Математичні моделі САУ: структурні, у вигляді єдиного рівня, в просторі станів.	7	2	-	3	3
ТЕМА 4. Чуйники та сервомотори (підсилювачі) САУ ГТУ.	5	2	-	-	2
ТЕМА 5. Динамічні властивості САР та їх елементів.	4	1	-	2	2
ТЕМА 6. Стійкість лінійних САР ГТУ та методи її дослідження.	3	2	-	3	3
ТЕМА 7. Основні положення щодо синтезу лінійних САР ГТУ.	3	2	-	4	3
ТЕМА 8. Автоматичне забезпечення газодинамічної стійкості компресора.	4	1	-	2	2
ТЕМА 9. Загальна характеристика цифрових САУ ГТУ.	7	2	-	-	2
Модульний контроль	1	1	-	-	-
Разом за змістовим модулем 1	51	15	-	16	20
Змістовий модуль 2 (АГРЕГАТИ ГТУ)					
ТЕМА 10. Загальні відомості про склад ГТУ. Основні системи. Вимоги до систем.	3	1	-	-	2
ТЕМА 11. Паливна система (ПС) ГТУ.	5	1	-	2	2
ТЕМА 12. Маслосистема (МС) ГТУ.	5	1	-	2	2
ТЕМА 13. Агрегати маслосистем.	7	2	-	1	4
ТЕМА 14. Пускова система (ПС). Запуск ГТУ.	6	2	-	2	4
ТЕМА 15. Насоси систем ГТУ.	6	1	-	2	3
ТЕМА 16. Шестеренні насоси (ШН).	6	1	-	1	4
ТЕМА 17. Подача ШН і її залежність від різних чинників.	5	1	-	1	3
ТЕМА 18. Плунжерні насоси.	5	1	-	1	3
ТЕМА 19. Відцентрові насоси (ВЦН).	6	1	-	1	4
ТЕМА 20. Гідравлічний, об'ємний і механічний к.п.д. насоса. Засоби підвищення антикавітаційних властивостей ВЦН.	7	2	-	1	4
Модульний контроль	1	1	-	-	-
Разом за змістовим модулем 2	49	15	-	14	20

Модуль 2					
Індивідуальне завдання					
Розрахункова робота на тему: «Комп'ютерні дослідження властивостей САУ обертанням ротора ТРД на ПК VisSim»		20	-	-	20
Контрольний захід					
Усього годин		120	30	-	30
				30	60

5. Теми практичних занять

№ з/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
	Разом	30

6. Самостійна робота

№ з/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	Чуйники 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.	2
11	Паливна система (ПС) ГТУ.	2
12	Маслосистема (МС) ГТУ.	2
13	Агрегати маслосистем.	4
14	Пускова система (ПС). Запуск ГТУ.	4
15	Насоси систем ГТУ.	3
16	Шестеренні насоси (ШН).	4
17	Подача ШН і її залежність від різних чинників.	3
18	Плунжерні насоси.	3
19	Відцентрові насоси (ВЦН)	4
20	Гідравлічний, об'ємний і механічний к.п.д. насоса. Засоби підвищення антикавітаційних властивостей ВЦН.	4
21	Виконання розрахунково-графічної роботи	20
	Разом	60

7. 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.

8. Методи навчання

Основні форми навчання:

- лекційна;
- лабораторні роботи;
- розрахунково-графічна робота;
- самостійна робота студента;
- іспит.

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. Автоматика та регулювання ГТУ

9. Методи контролю

Матеріал дисципліни розбито на два змістових модулі:

1. Автоматика та регулювання ГТУ.
2. 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) – *іспит*.

10. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

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

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 1			
Робота на лекціях	0...0,5	10	0...5
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	2...4	3	8...12
Модульний контроль	14...23	1	14...23
Змістовний модуль 2			
Робота на лекціях	0...0,5	6	0...3
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	2...4	3	8...12
Модульний контроль	14...23	1	14...23
Виконання і захист РГР	16...22	1	16...22
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 стосується розробки математичної моделі ГТД, визначення стійкості та властивості ГТД.

Максимальна кількість балів за кожне запитання – 25.

10.2 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:

- 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;
- складати схеми основних систем двигуна;
- складати схеми основних типів насосів ГТУ.

10.3 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.

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 визначати стійкість САУ ГТД за допомогою різних критеріїв. Знати особливості П-, ПИ- та ПИД регуляторів. Знати принцип дії основних чуйників САУ ГТД. Визначати передаточні функції елементів та САУ за заданими математичними співвідношеннями.

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.

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

11. 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.

12. Рекомендована література

Базова

1. Михальцов, О. М. Панков, В. Д. Юношев. Регулирование и вспомогательные системы газотурбинных и комбинированных установок. – М.: Машиностроение, 1982. – 255 с.
2. Han, J.C. Gas turbine heat transfer and cooling technology. 2-nd edition [Text] / J.C. Han, S. Dutta, S. Ekkad. – CRC Press, Boca Raton, London, New York, 2013. – 843 p.
3. Тельнов К. А., Файнштейн А. А., Шабанов С. З. и др. Автоматизация газоперекачивающих агрегатов с газотурбинным приводом. Недра, 1983. – 280 с.
4. Арсеньев Л. В., Тыришкин В. Г., Богов И. А. и др. Стационарные газотурбинные установки. Л.: Машиностроение. 1989. – 543 с.
5. Черкасов В. А. Автоматика и регулирование воздушно-реактивных двигателей. – М.: Машиностроение. 1988. – 360 с.
6. Маркианов Л. И. Автоматика авиационных газотурбинных двигателей. – Харьков : изд-во ХВВАИУ. 1984. – 370 с.
7. Шевяков А. А. Автоматика авиационных и ракетных силовых установок – 308 с.
8. Скрипка А. И., Епифанов С. В. Система топливопитания вертолетных ГТД : Учебное пособие. Харьков : Нац. аэрокосмический ун-т «ХАИ», кафедра 203. 1992. – 40 с.
9. 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.

Допоміжна

1. Гаевский С. А. и др. Автоматика газотурбинных установок / С. А. Гаевский, Ф. И. Морозов, Ю. П. Тихомиров – М. : Минобороны. 1980. – 340 с. А. И. Гитальмон. Динамика и управление судовых газотурбинных установок. – Л. Судостроение. 1974. – 320 с.
2. В. А. Иванов. Регулирование энергоблоков. – Л. : Машиностроение. 1982. – 310 с.
3. Кац Б. М., Жаров Э. С., Винокуров В. К. Пусковые системы авиационных ГТД. – М. : Машиностроение. 1976. – 219 с.
4. Потяев В. А. Автоматика судовых газотурбинных установок. – Л. Судостроение. 1972. – 325 с.
5. Шабанов С. З., Файнштейн А. А. Регулирование газотурбинных агрегатов. – Л. Недра. 1978. – 200 с.