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

Кафедра Теорії авіаційних двигунів (№ 201)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми

_____ Л.Г.Бойко
(підпис) (ініціали та прізвище)

«____» _____ 2021 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА ВИБІРКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Нагнітачі природнього газу

(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)

(для здобувачів повного та скороченого терміну навчання, а також для здобувачів, які навчаються за програмою FRL)

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Харків 2021 рік

Розробник: Бойко Л.Г. д-р. техн. наук, професор
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь і вчене звання)
(підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри Теорії авіаційних двигунів (201)
(назва кафедри)

Протокол № 1 від «31» серпня 2021 р.

Завідувач кафедри д-р., техн. наук, професор
(науковий ступінь і вчене звання)
(підпис)
Л.Г. Бойко
(ініціали та прізвище)

1. Опис навчальної дисципліни

<table>
<tr><td>Найменування показників</td><td>Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти</td><td>Характеристика навчальної дисципліни. (денна форма навчання)</td></tr>
<tr><td>Кількість кредитів – 5</td><td rowspan="14">Галузь знань
14 «Електрична інженерія»
(шифр та найменування)

Спеціальність
142 «Енергетичне машинобудування»
(код та найменування)

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

Рівень вищої освіти:
перший (бакалаврський)</td><td>Вибіркова</td></tr>
<tr><td>Кількість модулів – 1</td><td>Навчальний рік</td></tr>
<tr><td>Кількість змістовних модулів – 2</td><td>2021/2022</td></tr>
<tr><td>Розрахункова робота «Розрахункове дослідження характеристик нагнітача»</td><td>Семестр</td></tr>
<tr><td>Загальна кількість годин – 150</td><td>8-й</td></tr>
<tr><td rowspan="5">Кількість тижневих годин для денної форми навчання:

аудиторних – 5 год.

самостійної роботи здобувача – 7,5 год.</td><td>Лекції *)</td></tr>
<tr><td>24 год.</td></tr>
<tr><td>Практичні, семінарські *)</td></tr>
<tr><td>36 год.</td></tr>
<tr><td>Лабораторні *)</td></tr>
<tr><td>–</td><td>Самостійна робота</td></tr>
<tr><td>90 год.</td><td>Вид контролю</td></tr>
<tr><td>Модульний контроль, іспит</td></tr>
</table>

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: 60/90 = 0,7

*) 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 проектування та експлуатації нагнітачів природнього газу, що використовуються у газотранспортній галузі.

Завдання: вивчення особливостей робочого процесу та характеристик нагнітачів природнього газу, що використовуються у газотранспортній галузі

Компетентності, які набуваються:

ЗК3. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

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

ЗК8. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

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

ЗК15. Здатність забезпечувати якість виконуваних робіт.

ФК1. Здатність продемонструвати систематичне розуміння ключових аспектів та концепції розвитку газотурбобудування та машинобудування енергетичного обладнання компресорних станцій.

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.

ФК6. Здатність вибирати основні й допоміжні матеріали та способи реалізації основних теплотехнологічних процесів при створенні газотурбінної техніки і енергетичного обладнання компресорних станцій та застосовувати прогресивні методи експлуатації газотурбінної техніки і енергетичного обладнання компресорних станцій для транспортування природнього газу .

ФК7. 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.

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

ФК12. Здатність брати участь у роботі над інноваційними проектами, використовуючи методи дослідницької діяльності.

Очікувані результати навчання:

ПРН 1. Демонструвати знання і розуміння математики, фізики, технічної термодинаміки, гідрогазодинаміки, теорій лопаткових машин, газотурбінних двигунів і тепломасообміну, технічної механіки, конструкційних матеріалів, систем автоматизованого проектування енергетичних машин на рівні, необхідному для досягнення результатів освітньої програми.

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.

ПРН 6. Розробляти і проектувати газотурбінні установки та енергетичне обладнання компресорних станцій, що задовольняють конкретним вимогам, які можуть включати обізнаність про нетехнічні (суспільство, здоров'я і безпека, навколишнє середовище, економіка і промисловість) аспекти; обрання і застосовування адекватної методології проектування.

ПРН 7. Застосувати сучасні комерційні та авторські програмні продукти при проектуванні об'єктів газотурбобудування та енергетичного машинобудування.

ПРН 9. Застосовувати нормативні документи і правила техніки безпеки при вирішенні професійних завдань.

ПРН 11. Виявляти розуміння методик проектування і досліджень в галузі газотурбобудування та машинобудування енергетичного обладнання компресорних станцій, а також їх обмежень.

ПРН 12. Застосовувати практичні навички вирішення завдань, що передбачають реалізацію інженерних проектів і проведення досліджень.

ПРН 13. 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 14. Застосовувати норми інженерної практики у сфері газотурбобудування та машинобудування енергетичного обладнання компресорних станцій.

ПРН 20. Засвоїти розуміння необхідності самостійного навчання протягом життя.

ПРН 21. Виявляти здатність аналізувати розвиток науки і техніки.

Пререквізити: «Гідрогазодинаміка», «Термодинаміка», «Теорія лопаткових машин».

Кореквізити: «Робочі процеси в газотурбінних двигунах та їх елементах», «Газотурбінні установки, компресорні станції та газотранспортні мережі» та випускний проект бакалавра.

3. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1. *Газотермодинамічні процеси в нагнітачах.*

Змістовий модуль 1. *Загальні питання теорії відцентрових нагнітачів.*

Тема 1. *Газодинамічні властивості природнього газу. Основні рівняння.*

Класифікація відцентрових нагнітачів та області їх використання, вимоги до них. Основні термогазодинамічні властивості природнього газу. Рівняння, що використовують при проектуванні та розрахунку параметрів відцентрових нагнітачів. Зв'язок с загальною теорією лопаткових машин.

Тема 2. *Ступінь відцентрового нагнітача.*

Типи відцентрових нагнітачів та робочих коліс, що застосовуються. Геометричні параметри нагнітачів. Основні термогазодинамічні параметри, що характеризують їх роботу. Основні конструктивні елементи проточної частини: робоче колесо, дифузори, поворотне коліно, зворотній направляючий апарат. Термогазодинамічні процеси, що в них мають місце. Особливості обтікання робочих коліс та дифузорів. Переваги та недоліки викоритсання лопаткового та безлопаткового диффузорів у порівнянні. Види втрат енергії в різних елементах проточної частини, шляхи їх зменшення.

Модульний контроль

Модуль 2. *Експлуатаційні характеристики нагнітачів.*

Змістовий модуль 2. *Сумарні характеристики та регулювання нагнітачів.*

Тема 3. *Сумарні характеристики відцентрових нагнітачів.*

Побудова сумарних характеристик нагнітачів з урахуванням всіх видів втрат. Безрозмірні параметри, що використовуються для визначення характеристик. Параметри подібності відцентрових нагнітачів. Методи проектування нагнітачів на підставі теорії подібності. Вплив відхилення параметрів подібності на характеристики нагнітачів.

Тема 4. *Регулювання роботи нагнітачів.*

Особливості роботи нагнітача на режимах, що відхилюються від розрахункового. Виникнення та наслідки нестійких режимів роботи. Причини появи обертового зриву та помпажу. Вплив змін умов експлуатації на параметри нагнітача. Взаємодія нагнітача та транспортної мережі. Засоби регулювання газодинамічних параметрів нагнітача шляхом дроселювання на вході або виході встановлення поворотного направляючого апарату. Використання змінних проточних частин.

Модульний контроль

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	Усього	У тому числі			
		л	п	лаб.	с. р.
1	2	3	4	5	6
Модуль 1. *Газотермодинамічні процеси в нагнітачах*					
Змістовий модуль 1. *Загальні питання теорії відцентрових нагнітачів.*					
Тема 1. *Газодинамічні властивості природнього газу. Основні рівняння.*	32	4	8	–	20
Тема 2. *Ступінь відцентрового нагнітача.*	34	6	8	–	20
Модульний контроль				–	
Разом за модулем 1	**66**	**10**	**16**	**–**	**40**
Модуль 2. *Експлуатаційні характеристики нагнітачів*					
Змістовий модуль 2. *Сумарні характеристики та регулювання нагнітачів.*					
Тема 3. *Сумарні характеристики відцентрових нагнітачів.*	42	8	10	–	24
Тема 4. *Регулювання роботи нагнітачів.*	42	6	10	–	26
Модульний контроль				–	
Індивідуальне завдання					
Разом за модулем 2	**84**	**14**	**20**	**–**	**50**
Усього годин	**150**	**24**	**36**	**–**	**90**

5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
Семінарські заняття не передбачені навчальним планом		

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Ознайомлення з методом перевірочного розрахунку нагнітача з урахуванням властивостей природнього газу. Дослідження сумарної характеристики нагнітача з лопатковим та безлопатковим дифузорами	10
2	Розрахункове дослідження впливу змін геометричних параметрів на характеристики нагнітача	8
3	Узгодження режимів роботи нагнітача та мережі	8
4	Розрахунок газодинамічних параметрів проточної частини нагнітача на підставі основних рівнянь	8
	Разом	**36**

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
Лабораторні заняття не передбачені навчальним планом		

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Аналіз застосування рівнянь газо- і термодинаміки в розрахунках елементів конструкції нагнітача (Тема 1)	20
2	Особливості проектування робочих коліс та дифузорів. Побудова планів швидкостей у ступенях нагнітача (Тема 2)	26
3	Вплив форми лопатки відцентрового ступеня компресора на його експлуатаційні характеристики (Тема 3)	12
4	Засоби регулювання нагнітачів та їх вплив на сумарні характеристики (Тема 4)	32
	Разом	**90**

9. Індивідуальні завдання

№ з/п	Назва теми
1	Виконання розрахункової роботи на тему «Розрахункове дослідження характеристик нагнітача»

10. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, практичних занять, індивідуальні консультації, самостійна робота здобувачів.

На лекціях здобувачі отримують теоретичні знання стосовно устрою, принципу дії, особливостей робочого процесу в нагнітачах природнього газу та їх проектування. Ці знання є основою для виконання лабораторних та розрахункової робіт.

Лабораторні роботи дають змогу навчитися застосуванню теоретичних положень на практиці, закріпити за допомогою комп'ютерних розрахунків свої уявлення про експлуатаційні характеристики нагнітачів, методи їх побудови, впливу зміни геометричних параметрів та складу природнього газу, а також застосування регулювання.

Самостійній роботі відведена важлива роль, тому що саме вона дозволяє здобувачу закріпити та розширити отриманий рівень знань, систематизувати їх сукупність у повному обсязі.

11. Методи контролю

Проведення поточного контролю, письмового модульного контролю, виконання і захист лабораторних та розрахункової робіт, фінального контролю у вигляді іспиту.

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачі

Складові навчальної роботи	**Бали за одне заняття (завдання)**	**Кількість занять (завдань)**	**Сумарна кількість балів**
Робота на лекційних та лабораторних заняттях	0 – 7		0 – 7
Виконання лабораторних робіт	0 – 3	3	0 – 9
Захист лабораторних робіт	0 – 3	3	0 – 9
Виконання РГР, зміст, результати, оформлення	0 – 25		0 – 25
Захист РГР	0 – 10		0 – 10
Складання модульного контролю	0 – 40		0 – 40
Разом			**0…100**

Білет для іспиту складається з 3 питань (2 теоретичних і одно практичне) Кожне теоретичне питання оцінюється від 0 до 40 балів, практичне від 0 до 20 балів.

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

Критерії оцінювання роботи здобувача протягом семестру

Задовільно (60-74). Показати мінімум знань та умінь з дисципліни, виконати всі лабораторні та розрахункову роботи. Знати схему та принцип дії нагнітача, основні геометричні параметри, особливості робочого процесу та протікання експлуатаційних характеристик.

Добре (75-89). Твердо знати основні теми курсу лекцій, виконати і захистити всі лабораторні та розрахункову роботи, вміти пояснити причино-наслідкові зв'язки впливу геометричних та режимних параметрів на параметри нагнітача та його характеристики, особливості різних засобів регулювання.

Відмінно (90-100). Повно і досконало знати лекційний матеріал, вміти його логічно викласти, мати системний погляд на сукупність отриманих знань, виконати і захистити всі лабораторні та розрахункову роботи на «відмінно».

Шкала оцінювання: бальна і традиційна

Сума балів	Оціика 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

Базові підручники та наукові видання надані в п. 14 Рекомендована література. Описання лабораторних робіт надаються кожному здобувачу під час занять. Програмний комплекс для виконання лабораторних і розрахункової роботи знаходиться у навчальному комп'ютерному класі кафедри 201.

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

•https://library.khai.edu/catalog?clear_all_params=0&mode=BookList&lang=ukr&caller_mode=Disciplines&disciplinesearch=yes&combiningAND=1&theme_cond=all_theme&is_ttp=0&search_fld=&discipline_list=3200&speciality_list=385&course_list=0&recommend_select=0&action=subscribe&list_id=1&email=

•Сторінка дисципліни знаходиться за посиланням: https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=1108

14. Рекомендована література

Базова

1. Селезнев К.П. Центробежные компрессоры / К.П. Селезнев, Ю.Б Галеркин. – Л.: Машиностроение, 1982. – 271 с.
2. Рис В.Ф. Центробежные компрессорные машины / В.Ф. Рис. – Л.: Машиностроение, 1981. – 351 с.
3. Ден Г.Н. Механика потока в центробежных компрессорах / Г.Н. Ден. – Л.: Машиностроение, 1973. – 272 с.
4. Холщевников К.В., Емин О.Н., Митрохин В.Т. Теория и расчет авиационных лопаточных машин / К.В. Холщевников, О.Н. Емин, В.Т. Митрохин.– М.: Машиностроение, 1986.– 432 с.
5. Ревзин Б.С., Ларионов И.Д. Газотурбинные установки с нагнетателями для транспорта газа // Б.С. Ревзин, И.Д. Ларионов. – М.: Недра, 1991. – 302 с.
6. Эксплуатационнику магистральных газопроводов / В.А. Громов, Н.Е. Гузанов, Л.А. Хачикян. – М.: Недра, 1987. – 176 с.
7. Современные центробежные компрессоры. Вопросы оптимального применения в различных отраслях промышленности : Сб. статей / Под общ. ред. А.В. Веронецкого. – М.: «Премиум инжиниринг», 2007. – 156 с.

Допоміжна

1. Галиуллин З.Т., Леонтьев Е.В. Интенсификация магистрального транспорта газа. – М.: Недра, 1991. – 272 с.

15. Інформаційні ресурси

Сайт кафедри http:\\k201.khai.edu.