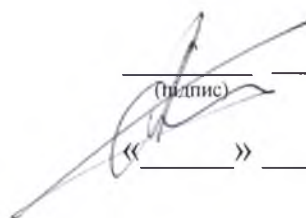


Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра «Теорії авіаційних двигунів» (201)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми

 Л.Г.Бойко
(ініціали та прізвище)
« » 2021 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА ОБОВ'ЯЗКОВОЇ
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Турбодетандери, компресори і обладнання компресорних станцій

(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: другий (магістерський)

Харків 2021 рік

Розробник: Шевченко М.А., асистент каф.201
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь та вчене звання)


(підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри № 201
«Теорії авіаційних двигунів»
(назва кафедри)

Протокол № 1 від «31» серпня 2021 р.

Завідувач кафедри Д.Т.Н., професор
(науковий ступінь та вчене звання)


(підпис)

Л.Г.Бойко
(ініціали та прізвище)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників		Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни. Денна форма навчання	
Кількість кредитів – 5		Галузь знань 14 «Електрична інженерія» (шифр і назва)	Обов’язкова	
Кількість модулів – 2			Навчальний рік:	
Змістових модулів – 3				
Розрахункова робота « <u>Проектування доцентрового турбодетандера УТДУ</u> »		Спеціальність 142 «Енергетичне машинобудування» (шифр і назва)	2020/2021	
			Семестр	
			–	2-й
Загальна кількість годин – 94/150		Освітня програма « <u>ГТУ і компресорні станції</u> »	Лекції	
Тижневих годин для денної форми навчання			–	32 год.
Семестр 2			Практичні	
Аудиторних – 3,5 год.	Самостійної роботи – 5,9 год.	Рівень вищої освіти: другий (магістерський)	–	-
			Лабораторні	
		–	24 год.	
		Самостійна робота		
		–	94 год.	
		Індивідуальна робота		
		–	–	
		Вид контролю		
		–	Модульний контроль, іспит	

Примітка: співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить: для денної форми навчання – 94/150

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета – теоретично і практично підготувати майбутніх фахівців до проектування та експлуатації обладнання компресорних станцій.

Завдання – надання знань про обладнання компресорних станцій, схеми та особливості проектування компресорів татурбодетандерів з урахуванням фізико-хімічних та теплофізичних властивостей робочого тіла - природного газу багатокомпонентного складу. Розширити кругозір фахівця та виховати вміння всебічного аналізу проблем, що виникають при проектуванні обладнання компресорних станцій.

Очікувані результати навчання:

- ЗК1 - здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел;
- ЗК2 - здатність до проведення досліджень;
- ЗК3 - здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями;
- ЗК5 - здатність генерувати нові ідеї (креативність);
- ЗК6 - здатність приймати обґрунтовані рішення;
- ЗК8 - здатність працювати в команді, приймати рішення, у тому числі в екстремальній ситуації, та нести за них відповідальність;
- ЗК9 - здатність робити довгострокове планування та розробляти стратегію професійної діяльності;
- ЗК10 - здатність вести професійну, у тому числі науково-дослідну діяльність у міжнародному середовищі;
- ЗК13 - здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт;
- ЗК14 - прагнення до збереження навколишнього середовища.
- ФК2 – здатність продемонструвати передові знання в газотурбобудуванні; енергозберігаючих технологіях; компресорних технологіях;
- ФК3 – здатність застосовувати свої знання і розуміння для визначення, формулювання і вирішення складних інженерних завдань з використанням спеціальних і загальнонавчаних методів;
- ФК4 – здатність до систематичного вивчення та аналізу науково-технічної інформації, вітчизняного і закордонного досвіду з досягнень в галузі енергетичного машинобудування;
- ФК5 – здатність аналізувати необхідну інформацію, технічні дані, показники та результати роботи, систематизувати їх і узагальнювати з метою покращення характеристик енергетичного і теплотехнологічного обладнання, створення нових технологій і модернізації виробництва;
- ФК6 – здатність розробляти і впроваджувати енергозберігаючі технології та енергоощадні заходи під час проектування та експлуатації енергетичного і теплотехнологічного обладнання;
- ФК7 – здатність організовувати роботи по доведенню й освоєнню технологічних процесів у ході монтажних та пусконаладжувальних робіт основного та допоміжного обладнання, забезпечувати конкурентоздатність продукції в галузі енергетичного машинобудування;
- ФК9 – здатність проводити аналіз конкурентних розробок та здійснювати техніко-економічне обґрунтування, організувати та виконувати наукові дослідження, пов'язані з розробленням та впровадженням інноваційних проектів і програм в галузі енергетичного машинобудування;
- ФК12 – здатність розробляти фізичні й математичні моделі процесів в енергетичному і технологічному обладнанні з аналізом результатів і розробкою методик розрахунку обладнання (шляхом порівняння з результатами експериментальних досліджень).

Очікувані результати навчання:

ПРН1 – знання і розуміння спеціальних розділів термодинаміки, теорії тепломасообміну, гідрогазодинаміки, трансформації (перетворення) енергії, технічної механіки,

що лежать в основі освітньої програми «Газотурбінні установки і компресорні станції», на рівні, необхідному для досягнення результатів освітньо-професійної програми;

ПРН2 – знання і розуміння інженерних дисциплін, що лежать в основі освітньої програми «Газотурбінні установки і компресорні станції», на рівні, необхідному для досягнення результатів освітньо-професійної програми, в тому числі обізнаність в останніх досягненнях науки і техніки в галузі;

ПРН3 – здатність критично осмислювати проблеми газотурбобудування і компресорних станцій, у тому числі на межі з іншими галузями, зокрема з інженерними науками, фізикою, хімією, екологією, економікою;

ПРН4 – здатність розуміти, аналізувати і використовувати у професійній діяльності інженерні технології, процеси, системи і обладнання відповідно до освітньої програми «Газотурбінні установки і компресорні станції»; обирати і застосовувати аналітичні, розрахункові та експериментальні методи; інтерпретувати і впроваджувати результати таких досліджень;

ПРН5 – здатність розв'язувати складні інженерні завдання і проблеми газотурбобудування і компресорних станцій, що потребує оновлення та інтеграції знань, у тому числі в умовах неповної / недостатньої інформації та суперечливих вимог;

ПРН6 – здатність приймати рішення з інженерних питань газотурбобудування і компресорних станцій у складних і непередбачуваних умовах, у тому числі із застосуванням прогнозування та сучасних засобів підтримки прийняття рішень;

ПРН7 – здатність застосовувати свої знання і розуміння при розробці проектів згідно з визначеними та описаними вимогами;

ПРН8 – здатність розраховувати і проектувати вироби в галузі газотурбобудування і компресорних станцій, процеси і системи, що задовольняють встановленим вимогам, які включають обізнаність про нетехнічні (суснільство, здоров'я і безпека, навколишнє середовище, економіка і промисловість) аспекти; обрання і застосовування адекватної методології проектування;

ПРН10 – здатність провадити дослідницьку та/або інноваційну діяльність в сфері газотурбобудування і компресорних станцій;

ПРН13 – здатність використовувати сучасний інструментарій (створення, вибір і застосування відповідних технологій, ресурсів і інженерних методик, включаючи прогнозування й моделювання) для проведення комплексної інженерної діяльності за освітньою програмою «Газотурбінні установки і компресорні станції»;

ПРН14 – уміння поєднувати теорію і практику для вирішення інженерних завдань газотурбобудування і компресорних станцій;

ПРН16 – здатність зрозуміло і недвозначно доносити власні висновки з проблем газотурбобудування і компресорних станцій, а також знання та пояснення, що їх обґрунтовують, до фахівців і нефаківців, зокрема до осіб, які навчаються;

ПРН 23– здатність до розуміння необхідності самостійного навчання протягом життя.

Пререквізити: «Вища математика», «Фізика», «Хімія та основи екології», «Технічна термодинаміка», «Гідрогазодинаміка», «Теорія газотурбінних двигунів і установок», «Теорія та розрахунок лопатевих машин», «Теплообмінне обладнання в енергетиці та газовій галузі».

Кореквізити: «Дипломний проект», «Переддипломна практика».

3. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1.

Змістовий модуль 1. Фізико-хімічні властивості природного газу та головні рівняння математичних моделей

Вступ до дисципліни «Турбодетандери, компресори і обладнання компресорних станцій».

Предмет вивчення і задачі дисципліни. Місце дисципліни в навчальному плані. Головні складові промислу природного газу як єдиної енерготехнологічної системи. Родовищ природного газу. Засоби охолодження природних газів, переваги та недоліки відомих засобів.

Тема 1. Фізико-хімічні властивості природного газу та головні рівняння математичних моделей

Природний газ, його хімічний склад (головні групи речовин, їх властивості та вплив на параметри якості суміші) та застосування у промисловості. Основні характеристики природного газу. Рівняння стану ідеальних та реальних газів. Визначення параметрів багатокомпонентної суміші. Критичні параметри газової суміші. Калоричні характеристики вуглеводнів. Види шкідливих та небезпечних домішок природного газу.

Змістовий модуль 2. Турбодетандер як частина промислових установок

Тема 2. Турбодетандер як частина промислових установок

Детандери, їх призначення та галузь застосування. Типи детандерів. Переваги та недоліки поршневих детандерів та турбодетандерів. Різновиди навантажувальних приладів турбодетандерів (ТД). Класифікація ТД за різними параметрами. Конструкція ТД, основні елементи та їх призначення. ТД в установках комплексної підготовки газу (УКПГ). Низькотемпературна сепарація. Умови роботи промислових ТД. Особливості розрахунку ТД агрегату. Регулювання турбодетандерів та головні регулюючі параметри. Рівняння витрати для ТД, що працює на реальному газі. Спільна робота турбодетандера і компресора (характеристика та вплив регулюючих параметрів). Типові принципові схеми турбоохолодильних установок (ТХУ). Поняття ексергії. Ексергетичний ККД. Види втрат у турбодетандері. I-s діаграма процесів в ТХУ. Коефіцієнти, що характеризують якість теплообміну. Сепаратори та їх призначення. Головні типи сепараторів, їх особливості. Основні характеристики сепараторів. Розподіл фаз у сепараторі. Енергоутилізаційні турбодетандерні установки, їх призначення. Основні типи утилізаційних турбодетандерних установок. Параметри робочого циклу турбодетандерів у складі установки. Алгоритм проектувального та перевірного розрахунку доцентрового турбодетандеру.

Модульний контроль

Змістовий модуль 3. Компресорне обладнання промислових станцій та транзитних ланок

Тема 3. Компресорне обладнання промислових станцій та транзитних ланок

Газоперекачувальні агрегати та нагнітачі природного газу. Відцентрові нагнітачі та їх типи. Особливості конструкції та робочих процесів у відцентрових нагнітачах. Геометричні параметри нагнітачів. Кінематичні та газодинамічні параметри нагнітачів. Вхідні пристрої нагнітачів, їх переваги та недоліки. Характеристики нагнітачів. Газопроводи, їх компоновка та методики регулювання. Автоматика газонаповнювачів компресорних станцій.

Модульний контроль

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	с.р.		л	п	лаб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Модуль 1 (блок змістовних модулів)												
Змістовий модуль 1. Фізико-хімічні властивості природного газу та головні рівняння математичних моделей												
Вступ до навчальної дисципліни	8	2	–	–	–	6	–	–	–	–	–	–
Тема 1. Фізико-хімічні властивості природного газу та головні рівняння математичних моделей	30	6	–	4	–	20	–	–	–	–	–	–
Разом за змістовим модулем 1	38	8	–	4	–	26	–	–	–	–	–	–
Змістовий модуль 2. Турбодетандер як частина промислових установок												
Тема 2. Турбодетандер як частина промислових установок	56	12	–	16	–	28	–	–	–	–	–	–
Разом за змістовим модулем 2	56	12	–	16	–	28	–	–	–	–	–	–
Модуль 2 (блок змістовних модулів)												
Змістовий модуль 3. Компресорне обладнання промислових станцій та транзитних ланок												
Тема 3. Компресорне обладнання промислових станцій та транзитних ланок	56	12	–	4	–	40	–	–	–	–	–	–
Разом за змістовим модулем 3	56	12	–	4	–	40	–	–	–	–	–	–
Усього годин	150	32	–	24	–	94	–	–	–	–	–	–

5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кільк. год.
Семінарські заняття не передбачені навчальним планом		

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кільк. год.
Практичні заняття не передбачені навчальним планом		

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кільк. год.
1	Визначення основних теплофізичних і фізико-хімічних параметрів газової суміші	4
2	Проектувальний розрахунок ступеня доцентрового турбодетандеру	12
3	Проектування турбіни утилізаційного турбодетандера осьового типу	4
4	Розрахункове дослідження впливу термодинамічних властивостей реального газу на характеристики відцентрового компресору	4
	Разом	24

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кільк. год.
1	2	3
1	Вступ. Тенденція розвитку газотранспортної промисловості.	6
2	Фізико-хімічні властивості природного газу та головні рівняння математичних моделей (Тема 1)	20
3	Турбодетандер як частина промислових установок (Тема 2)	28
4	Компресорне обладнання промислових станцій та транзитних ланок (Тема 3)	40
	Разом	94

9. Індивідуальні завдання

№ з/п	Назва теми	Кільк. год.
Індивідуальні завдання не передбачені навчальним планом		

10. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, лабораторних занять, індивідуальні консультації (при необхідності), самостійна робота здобувачів за матеріалами, опублікованими кафедрою (методичні посібники).

11. Методи контролю

Проведення поточного контролю, розрахункової роботи, захист звітів з лабораторних робіт, модульних контролів, фінального контролю у вигляді іспиту.

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачі

№	Елемент модуля	бали	Кількість занять	Сумарна кількість балів
Модуль 1				
1	робота на лекційних заняттях			0 – 3
2	виконання практичної роботи №1	0 – 5	1	0 – 5
3	виконання практичної роботи №2	0 – 7	1	0 – 7
4	виконання практичної роботи №3	0 – 5	1	0 – 5
5	захист лабораторної роботи	0 – 4	3	0 – 12
6	складання модульного контролю	0 – 22	1	0 – 22

Разом за модуль 1				0 – 54
Модуль 2				
1	конспект лекцій	0 – 3	1	0 – 3
2	виконання практичної роботи №4	0 – 3	1	0 – 3
3	захист лабораторної роботи	0 – 4	1	0 – 4
4	виконання розрахункової роботи	0 – 10	1	0 – 10
5	захист розрахункової роботи	0 – 8	1	0 – 8
6	складання модульного контролю	0 – 18	1	0 – 18
Разом за модуль 2				0 – 46
Разом з дисципліни				0 – 100

Семестровий контроль (іспит) проводиться у разі відмови здобувача від балів поточного тестування й за наявності допуску до іспиту. Під час складання семестрового іспиту здобувач має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для іспиту складається з двох питань, одне з яких відноситься до першого модуля, а інше – до другого. Кожне питання оцінюється 0...50 балів.

Задовільно (60-74). Показати мінімум знань та умінь. Захистити всі індивідуальні завдання та лабораторні роботи. Знати основні положення дисципліни при недостатньо глибокому засвоєнні логічних зв'язків між частинами, що складають єдину систему. Уміти використовувати програми розрахунку для одержання параметрів та характеристик турбодетандерів, компресорів та обладнання компресорних станцій.

Добре (75-89). Володіти основними знаннями та вміннями, що передбачені програмою дисципліни. Захистити всі індивідуальні завдання та лабораторні роботи. Знати основні положення дисципліни при достатньо глибокому засвоєнні логічних зв'язків між частинами, що складають єдину систему; достатньо вільно використовувати знання для аналізу типових задач. Уміти використовувати програми розрахунку для одержання параметрів та характеристик турбодетандерів, компресорів та обладнання компресорних станцій, аналізувати одержані результати та робити правильні висновки.

Відмінно (90-100). Володіти всіма знаннями та вміннями, що передбачені програмою дисципліни. Захистити всі індивідуальні завдання та лабораторні роботи. Знати всі положення дисципліни при глибокому засвоєнні логічних зв'язків між частинами, що складають єдину систему; вільно використовувати знання для аналізу типових та нетипових задач. Уміти використовувати програми розрахунку для одержання параметрів та характеристик турбодетандерів, компресорів та обладнання компресорних станцій, аналізувати одержані результати, робити правильні висновки та розробляти рекомендації для їх покращання.

Шкала оцінювання: бальна і традиційна

Сума балів	Оцінка за традиційною шкалою	
	Іспит, диференційований залік	Залік
90 – 100	Відмінно	Зараховано
75 – 89	Добре	
60 – 74	Задовільно	
0 – 59	Незадовільно	Незараховано

13. Методичне забезпечення

1. Хоменко А.С., Волов А.Г., Чернов С.К. Турбодетандеры и оборудование компрессорных станций: в 2-х ч. Уч. Пособие. – Х.: Нац. аэрокосм. Ун-т «ХАИ», 2005.

На сайті «Mentor» (адреса вказана у п.15 «Інформаційні ресурси») розміщено **навчально-методичний комплекс дисципліни, який включає в себе:**

- робоча програма дисципліни;
- конспект лекцій, підручники (навчальні посібники), в тому числі в електронному вигляді, які за змістом повністю відповідають робочій програмі дисципліни;
- методичні вказівки та рекомендації для розрахункових робіт практичних робіт, а також рекомендації для самостійної підготовки;
- тематики індивідуальних завдань;
- приклади розв'язування типових задач чи виконання типових завдань;
- питання, тести для контрольних заходів;
- каталоги інформаційних ресурсів;

14. Методичне забезпечення

Базова

1. Елифанова В.И. Компрессорные и расширительные турбомашини радиального типа. М.: МВТУ им. Баумана, 1996. – 650 с.
2. Язык А.В. Турбодетандеры в системах промышленной подготовки газа. – М.: Недра, 1977. – 173 с.
3. Степанец А. А. Энергосберегающие турбодетандерные установки/ Степанец, А.А./ Под ред. А.Д. Трухня. – М.: ООО "Недра-Бизнесцентр", 1999 г. – 258 с.; ISBN: 5-8365-0027-4.
4. Степанова Г.С. Фазовые превращения углеводородных смесей газоконденсатных месторождений. – М.: 1974. – 224 с.

Допоміжна

1. Язык А. В. Системы и средства охлаждения природного газа/ А. В. Язык. – М.: Недра, 1986. – 200 с.
2. Газоперекачивающие агрегаты и обслуживание компрессорных станций / А.П. Мороз, И.И. Мальцуров, К.Г. Арустамов и др. – М.: Недра, 1979. – 229 с.
3. Елифанова В.И. Низкотемпературные радиальные турбодетандеры. – М.: Машиностроение, 1974. – 446 с.
4. Зарянкин А.Е., Шерстюк А.Н. Радиально-осевые турбины малой мощности. – М.: Машгиз, 1963. – 248 с.
5. Центробежные компрессоры для нефтяной, химической и газовой промышленности. Стандарт API 617. 6 издание, Американский нефтяной институт. 1220 street, Northwest Washington, 1995. – 111 p.
6. Волов А.Г., Кравченко И.Ф., Фесенко К.В. Оборудование газоперекачивающих агрегатов и энергетических установок: Справочное пособие. Харьков, ХАИ, 2008. – 65с

15. Інформаційні ресурси

1. <https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=1110>