

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

Кафедра _____ аерокосмічної теплотехніки _____ (№ 205 _____)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми

 Спіфанов С.В.
(підпис) (ініціали та прізвище)

« 30 » _____ 08 _____ 2023 р.

СИЛАБУС ВИБІРКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Науково-технічні проблеми проектування криогенних систем
(назва навчальної дисципліни)

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

Спеціальність: _____ 142 «Енергетичне машинобудування» _____
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма: _____ «Енергетичне машинобудування» _____
(найменування освітньої програми)

Форма навчання: денна

Рівень освіти:
третій освітньо-науковий

Силабус введено в дію з 01.09.2023 року

Харків – 2023 р.

Розробник: Лисиця Олексій Юрійович, доцент, к.т.н.
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь і вчене звання)


(підпис)

Силабус навчальної дисципліни розглянуто на засіданні кафедри аерокосмічної теплотехніки (№ 205)

Протокол № від « » серпня 2023 р.

Завідувач кафедри Д.Т.Н., доцент
(науковий ступінь і вчене звання) (підпис)

Гакал П.Г.
(ініціали та прізвище)

Погоджено з представником здобувачів освіти:

аспірант зр. 142-203-1


(підпис)

Веклич Я.С.
(ініціали та прізвище)

Погоджено:

Завідувач відділу
аспірантури і докторантури


(підпис)

Селевко В.Б.
(ініціали та прізвище)

В.о. голови наукового
товариства студентів,
аспірантів, докторантів
і молодих вчених


(підпис)

Жила С.С.
(ініціали та прізвище)

1. Загальна інформація про викладача



Лисиця Олексій Юрійович, к.т.н., доцент. З 2011 року викладає в університеті. Основні дисципліни:

- тепловий захист і системи охолодження енергоустановок і літальних апаратів;
- обчислювальна гідромеханіка;
- технічні засоби теплофізичного експерименту;
- теплотехнічні вимірювання і прилади;
- Fluid and Gas Dynamics.

Напрями наукових досліджень: CFD-моделювання теплогідравлічних процесів в енергетичних системах, процеси тепломасообміну та гідрогазодинаміки в складних системах, багатофазні течії.

2. Опис навчальної дисципліни

Семестр, в якому викладається дисципліна – 1 семестр.

Обсяг дисципліни:

5 кредити ЄКТС (150 годин), у тому числі аудиторних – 64 годин, самостійної роботи здобувачів – 86 години.

Форми здобуття освіти

Денна, дистанційна, дуальна.

Дисципліна – вибіркова.

Види навчальної діяльності – лекції, практичні роботи, самостійна робота здобувача.

Види контролю – поточний, модульний та підсумковий (семестровий) контроль (іспит).

Мова викладання – українська.

Необхідні обов'язкові попередні дисципліни (пререквізити) – гідрогазодинаміка, технічна термодинаміка, тепломасообмін.

3. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: засвоєння сучасних знань в області кріогенної техніки, отримання навичок для розрахунку теплогідравлічних процесів в кріогенних системах, розуміння науково-технічних проблем проектування кріогенних систем та шляхів їх вирішення.

Завдання: отримання аспірантами знань та вмінь щодо вирішення практичних задач з теплофізики та гідродинаміки у прив'язці до кріогенних систем та процесів, проблематики проектування таких систем.

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

- здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу;
- здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел;
- здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у сфері енергетичного машинобудування та дотичних до неї міждисциплінарних напрямках і можуть бути опубліковані у провідних наукових виданнях в галузі електричної інженерії та суміжних галузей.

Програмні результати навчання:

- мати передові концептуальні та методологічні знання з енергетичного машинобудування і на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні останніх світових досягнень з відповідної галузі, отримання нових знань та здійснення інновацій;
- формулювати і перевіряти гіпотези; використовувати для обґрунтування висновків належні докази, зокрема, результати теоретичного аналізу, експериментальних досліджень і математичного та комп'ютерного моделювання, наявні в літературі;
- здійснювати пошук та критичний аналіз інформації, концептуалізацію та реалізацію наукових проєктів у енергетичному машинобудуванні.

4. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1.

Тема 1. Вступ до навчальної дисципліни «Науково-технічні проблеми проектування кріогенних систем».

Форма занять: лекція, практика, самостійна робота.

- *Обсяг аудиторного навантаження: 2 години.*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Що так криогенна техніка. Її значення для техніки. Розвиток криогенної техніки.

Обсяг самостійної роботи здобувачів: 3-4 години.

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

Тема 2. Загальні принципи отримання і підтримання низьких температур.

- Форма занять: лекція, практика, самостійна робота.

- Обсяг аудиторного навантаження: 3-6 годин.

- Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.

Контрольна система. Закони збереження. Енергетичний баланс. Принцип адитивності витрат і термодинамічний аналіз їх розподілу в криогенних системах. Загальні принципи отримання і підтримання низьких температур. Методи охолодження й основні процеси. Основні методи охолодження при фазових переходах. Зріджені гази.

Обсяг самостійної роботи здобувачів: 6-10 годин.

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

Тема 3. Властивості робочих речовин криогенних систем

Форма занять: лекція, практика, самостійна робота.

- Обсяг аудиторного навантаження: 2-4 години.

- Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.

Рівноважні стани і фазові переходи чистих речовин. Рівноважні стани і фазові переходи бінарних систем. Реальні гази. Теплофізичні властивості твердих речовин.

Обсяг самостійної роботи здобувачів: 5-10 годин.

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

Тема 4. Основні процеси для отримання низьких температур

Форма занять: лекція, практика, самостійна робота.

- Обсяг аудиторного навантаження: 4-8 години.

- Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.

Процеси, що супроводжуються зниженням температури в адіабатних умовах. Дроселювання. Процеси при постійних ентальпії, внутрішній енергії, ентропії. Рівноважне розширення газу. Процеси в детандерах.

Обсяг самостійної роботи здобувачів: 10-16 годин.

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

Модульний контроль 1

- *Форма занять: написання модульної роботи в аудиторії (за рішенням лектора допускається проведення у дистанційній формі).*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 2 години*

- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів – за необхідністю.*

Підготовка до модульного контролю.

Модуль 2

Тема 5. Ідеальні цикли. Ефективність кріогенних систем

Форма занять: лекція, практика, самостійна робота.

- *Обсяг аудиторного навантаження: 6-10 годин.*

- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Ідеальні процеси. Класифікація кріогенних установок та циклів. Реальні цикли. Холодопродуктивність, витрати, ефективність реальних циклів. Енергетичний баланс.

Обсяг самостійної роботи здобувачів: 8-16 годин.

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

Тема 6. Цикли кріогенних установок

Форма занять: лекція, практика, самостійна робота.

- *Обсяг аудиторного навантаження: 6-12 годин.*

- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Структура циклів. Вибір вихідних даних. Цикли з дроселюванням. Детандерні цикли. Комбіновані цикли. Особливості розрахунку циклів. Цикли газовим холодильних машин.

Обсяг самостійної роботи здобувачів: 12-20 годин.

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

Тема 7. Розподіл газових сумішей. Адсорбція. Теплообмін при низьких температурах

Форма занять: лекція, практика, самостійна робота.

- *Обсяг аудиторного навантаження: 8-18 годин.*

- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Основні термодинамічні залежності для розрахунку процесів розділення. Діаграми для визначення рівноважних параметрів стану. Процеси кипіння, дистиляції, конденсації бінарної суміші. Процес ректифікації бінарної суміші. Схеми ректифікаційних колон та методики їх розрахунку. Особливості теплообміну в криогенних установках.

Обсяг самостійної роботи здобувачів: 12-22 годин.

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

Тема 8. Питання експлуатації та сучасні тенденції розвитку низькотемпературної техніки

Форма занять: лекція, практика, самостійна робота.

- *Обсяг аудиторного навантаження: 6-10 годин.*

- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Випробування та експлуатація холодильної і криогенної техніки. Сучасні тенденції і перспективи розвитку холодильної і криогенної техніки.

Обсяг самостійної роботи здобувачів: 8-16 годин.

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

5. Індивідуальні завдання

Не передбачено

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
<i>Модуль I</i>			
Активність під час	0...2	12	0...24

аудиторної роботи			(максимальна кількість балів за цим показником)
Модульний контроль	0...20	1	0...26
<i>Модуль 2</i>			
Активність під час аудиторної роботи	0...2	12	0...24 (максимальна кількість балів за цим показником)
Модульний контроль	0...20	1	0...26
<i>За семестр</i>			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

Іспит проводиться у вигляді письмової відповіді на 3 питання екзаменаційного квитка та потім усної бесіди з викладачем по цих питаннях.

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

Критерії оцінювання роботи здобувача протягом семестру

Задовільно (60-74) – мати мінімум знань і умінь для забезпечення програмних результатів навчання.

Добре (75-89) – знати основні теми дисципліни. Достатньо знати основні процеси для отримання криогенних температур, класифікацію криогенних систем. Орієнтуватися в питаннях теплообміну при низьких температурах. Мати знання, що дозволяють самостійно відповідати на питання щодо процесів у криогенних системах, теплофізичних властивостей, ефективності криогенних систем.

Відмінно (90-100) – мати знання, що дозволяють самостійно, вільно та обґрунтовано відповідати на питання щодо розрахунку теплогидравлічних процесів у криогенних системах, теплофізичних властивостей, ефективності криогенних систем. Розуміти і знати цикли криогенних установок, розуміти науково-технічні проблеми проектування криогенних систем та шляхи їх вирішення.

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?clear_all_params=0&mode=KNMZ&lang=ukr&caller_mode=SearchDocForm&ext=no&theme_path=0&themes_basket=&ttp_themes_basket=&disciplinesearch=no&top_list=1&fullsearch fld=&author fld=%D0%A0%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%B2&docname fld=&docname cond=beginwith&theme_context=%D0%A0%D1%96%D0%B7%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F+%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%B0%D0%BB%D1%96%D0%B2&theme_cond=all_theme&theme_id=0&is_ttp=0&combiningAND=0&step=20&tpage=1

- 1. Теплообмін. Конспект лекцій. – Харків: Нац. аерокосмічний ун-т “Харк. авіац. ін-т”, 2019. – 86 с.
- 2. Теплообмін. Конспект лекцій за дисципліною «Тепломасообмін». Ч. 1: Теплопровідність і теплообмін випромінюванням – Харків: Нац. аерокосмічний ун-т “Харк. авіац. ін-т”, 2019. – 88 с.
- 3. Теплообмін. Конспект лекцій за дисципліною «Тепломасообмін». Ч. 2: Конвекція. Теплообмінні апарати. – Харків: Нац. аерокосмічний ун-т “Харк. авіац. ін-т”, 2019. – 101 с.
- 4. Технічна термодинаміка. Конспект лекцій. – Харків: Нац. аерокосмічний ун-т “Харк. авіац. ін-т”, 2019. – 102 с.
- 5. Тепломасообмін. Навчальний посібник до лабораторних робіт за дисципліною «Тепломасообмін». – Харків: Нац. аерокосмічний ун-т “Харк. авіац. ін-т”, 2020. – 137 с.

Сторінка дисципліни знаходиться за посиланням:

<https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=2860>

11. Рекомендована література

Базова

1. Арсеньєв В.М., Кріогенна техніка: основи теорії і розрахунку циклів кріогенних установок : навч. посіб. / В. М. Арсеньєв, В. М. Козін. – Суми :Сумський державний університет, 2021. – 272 с. ISBN 978-966-657-857-3.

2. Криловський В.С., Білецький В.І. Техніка низьких температур; Навчально – метод. посібник. – Х.: ХНУ імені В.Н.Каразіна, 2009 р. - 98.
3. Франів А. Фізика низьких температур : навч. посібник / А. Франів, В. Стадник, В. Курляк. – Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2016. – 362 с. ISBN 978-617-10-0274-6.

Допоміжна

1. Масліков М.М. Кріогенна техніка і технологія: Курс лекцій для студ спец. 6.090500 “Холодильні машини і установки” ден., заоч. та скороч. форм навч. – К.: НУХТ, 2007.– 108 с.
2. Хорольський, В.П., Заїкіна, Д.П. Теоретичні основи холодильної техніки [Текст] : метод. рек. до вивч. дисц. / В.П. Хорольський, Д.П. Заїкіна; Донец. нац. ун-т економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського, каф. загальноінженерних дисциплін та обладнання. – Кривий Ріг: ДонНУЕТ, 2019. – 48.