



Силабус освітнього компонента

Програма навчальної дисципліни

Техніка низькотемпературного експерименту

Шифр та назва спеціальності

G4 Енерговиробництво

Інститут

ННІ Електроенергетики, електроніки та електромеханіки

Спеціалізація

G4.04 Холодильні та кліматичні технології

Кафедра

Технічна кріофізика (134)

Освітня програма

Холодильні та кліматичні технології

Тип дисципліни

Обов'язкова

Рівень освіти

Другий (магістерський)

Форма навчання

Денна

Семестр

2

Мова викладання

Українська

Викладачі, розробники

**Руденко Микола Захарович**

Mykola.Rudenko@khpi.edu.ua

Кандидат технічних наук, старший викладач

Досвід роботи – 50 років. Автор понад 80 наукових та навчально-методичних праць. Провідний лектор з дисциплін: «Теплотехнічні вимірювання та прилади», «Сучасні досягнення спеціальних низькотемпературних технологій і систем», «Спеціальні питання тепломасообміну», "Монтаж, експлуатація та сервіс холодильних установок", "Технологія виробництва енергетичного обладнання".

[Детальніше про викладача на сайті кафедри](#)

Загальна інформація

Анотація

Дисципліна спрямована на оволодіння практичних основ сучасних низькотемпературних методів досліджень. Розглянуто взаємозв'язок та особливості низькотемпературних методів, їх можливості та обмеження, показано важлива роль методів досліджень кріогенних систем у сучасній науці.

Мета та цілі дисципліни

Надати здобувачеві теоретичні уявлення та практичні навички щодо методики проведення низькотемпературних досліджень з використанням сучасної техніки та узагальнення отриманих результатів в процесі наукової роботи.

Формат занять

Лекції, практичні заняття, лабораторні роботи, самостійна робота, консультації. Підсумковий контроль – екзамен.

Компетентності

ЗК-3. Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

ФК-1. Здатність застосовувати та удосконалювати математичні та комп'ютерні моделі, наукові і технічні методи та сучасне комп'ютерне програмне забезпечення для розв'язання складних інженерних задач в теплоенергетиці.

ФК-2. Здатність аналізувати та комплексно інтегрувати сучасні знання з природничих, інженерних, суспільно-економічних та інших наук для розв'язання складних задач і проблем теплоенергетики.

ФК-5. Здатність розробляти, реалізовувати, впроваджувати і супроводжувати проекти з урахуванням всіх аспектів проблеми, яка вирішується, включаючи етапи проектування, виробництва, експлуатації, технічного обслуговування та утилізації теплоенергетичного обладнання.

ФК-6. Здатність приймати рішення щодо матеріалів, обладнання, процесів в теплоенергетиці з урахуванням їх властивостей та характеристик.

ФКС-2. Здатність застосовувати методи і засоби автоматизованих систем управління холодильних і кліматичних систем у промисловості та житлово-комунальному господарстві.

Результати навчання

ПРН-2. Аналізувати і обирати ефективні аналітичні, розрахункові та експериментальні методи розв'язання складних задач теплоенергетики.

ПРН-4. Відшуковувати необхідну інформацію з різних джерел, оцінювати, обробляти та аналізувати цю інформацію.

ПРН-6. Приймати ефективні рішення, використовуючи сучасні методи та інструменти порівняння альтернатив, оцінювання ризиків та прогнозування.

ПРН-7. Знати, розуміти і застосовувати у практичній діяльності ключові концепції, сучасні знання та кращі практики в теплоенергетичній галузі, технології виробництва, передачі, розподілу і використання енергії.

ПРН-8. Обґрунтовувати вибір та застосовування матеріалів, обладнання та інструментів, інженерних технологій і процесів з урахуванням їх характеристик і властивостей, вимог до кінцевого продукту, а також нетехнічних аспектів.

ПРН-11. Оцінювати і забезпечувати якість об'єктів і процесів теплоенергетики.

ПРН-12. Доносити зрозуміло і недвозначно власні висновки з проблем теплоенергетики, а також знання та пояснення, що їх обґрунтовують, до фахівців і нефахівців.

ПРН-13. Знати основні положення вітчизняного і міжнародного законодавства і практик міжнародної діяльності у сфері теплоенергетики.

ПРНС-1. Знання і розуміння інженерних аспектів на рівні, що забезпечує досягнення інших результатів освітньої програми, включаючи певну обізнаність про останні досягнення науки і техніки.

ПРНС-2. Практичні навички вирішення завдань, необхідні для успішної реалізації інженерних проєктів і проведення наукових досліджень.

Обсяг дисципліни

Загальний обсяг дисципліни 150 год. (5 кредитів ECTS): лекції – 32 год., практичні заняття – 16 год., лабораторні роботи – 16 год., самостійна робота – 86 год.

Передумови вивчення дисципліни (пререквізити)

Для успішного проходження курсу необхідно мати знання та практичні навички галузі фізики та математики.

Особливості дисципліни, методи та технології навчання

Вивчення матеріалу відбувається в процесі лекційних занять за допомогою мультимедійних технологій (тематичні фільми, презентації). Особливістю дисципліни є проходження проміжного контролю у вигляді ігрових занять. Наприкінці курсу студенти роблять презентації, доповіді згідно обраних тем енергетичного напрямку.

Програма навчальної дисципліни

Навчальні заняття

Лекції

Теми лекцій	Кількість годин
Тема 1. Основні фактори, що обумовлюють необхідність постановки експерименту. Усвідомлення цілі, та вибір типу дослідження. Розробка технічного завдання.	2
Тема 2. Натурні та модельні об'єкти дослідження. Принципи моделювання.	2
Тема 3. Класифікація технологічного обладнання експериментальних стендів. Техніко-економічний вибір джерела охолодження об'єкта дослідження.	2
Тема 4. Особливості герметичності низькотемпературних об'єктів та систем: вакуумних та під тиском. Низькотемпературні матеріали для ущільнювання. Засоби перевірки герметичності систем.	2
Тема 5. Деформація конструкцій при охолодженні. Компенсатори деформації.	2
Тема 6. Класифікація кріостатів. Регулювання робочої температури кріостату методом відкачування парів зрідженого газу.	2
Тема 7. Особливості конструкції та експлуатації вакуумних та кріогенних камер. Герметичні з'єднання.	2
Тема 8. Охолодження експериментальних моделей тепловими ключами та зміною витрат кріопродукту.	2
Тема 9. Елементи вакуумних систем. Класифікація вакуумних насосів. Безмастильне відкачування. Вакууметри.	2
Тема 10. Особливості вимірювання низьких температур. Датчики температури. Реперні точки.	2
Тема 11. Конструкція та вимоги до вакуумних вікон.	2
Тема 12. Особливості конструкції та експлуатації розбірних кріовакуумних з'єднань.	2
Тема 13. Конструкція та експлуатація кріогенних вакуумних пасток.	2
Тема 14. Вакуумні шлюзові пристрої.	2
Тема 15. Герметичні пристрої руху.	2
Тема 16. Пристрої для створення тиску газу вище атмосферного.	2
Загальна кількість годин	32

Практичні заняття

Теми практичних/семінарських занять	Кількість годин	Вагові коефіцієнти α
Тема 1. Оцінка теплового навантаження на об'єкт дослідження. Розрахунок витрат зрідженого газу на його охолодження.	2	1,0

Тема 2. Оцінка міцності елементів конструкції, що знаходяться під тиском.	2	1,0
Тема 3. Вибір матеріалу та розрахування довжини компенсатора низькотемпературної деформації.	2	1,0
Тема 4. Вибір швидкодії вакуумного насосу.	2	1,0
Тема 5. Оцінка похибки вимірювання температури.	2	1,0
Тема 6. Розрахунок витрат зрідженого газу на охолодження зразка.	2	1,0
Тема 7. Вибір кріплення при створенні герметичного розбірного з'єднання.	2	1,0
Тема 8. Розрахунок довжини теплового містка для отримання необхідної температури зразку.	2	1,0
Загальна кількість годин	16	$\sum_{i=1}^n a_i = 8$

Лабораторні заняття

Теми лабораторних занять	Кількість годин	Вагові коефіцієнти a
Тема 1. Технологія створення термопар для низькотемпературних вимірювань.	4	1,0
Тема 2. Дослідження теплопровідності матеріалів.	4	1,0
Тема 3. Вимірювання швидкості потоку газу термоанемометром.	2	1,0
Тема 4. Регулювання температури зразка за рахунок зміни тиску пари криогенної рідини.	6	1,0
Загальна кількість годин	16	$\sum_{i=1}^n a_i = 4$

Контрольні роботи

Теми контрольних робіт	Вагові коефіцієнти b
Тема 1. Деформація конструкцій при охолодженні.	1,0
Загалом	$\sum_{i=1}^m b_i = 1$

Самостійна робота

До самостійної роботи відноситься самостійне опрацювання теоретичного матеріалу та виконання індивідуального завдання.

Опрацювання теоретичного матеріалу

Теми для самостійного вивчення	Кількість годин
Тема 1. Елементи планування експерименту.	6
Тема 2. Основи теорії подібності.	10

Тема 3. Теплофізичні властивості кріогенних рідин.	6
Тема 4. Властивості конструкційних матеріалів для низькотемпературних досліджень.	10
Тема 5. Крива кипіння зрідженого газу.	14
Тема 6. Статистичні методи обробки опитних результатів.	24
Загальна кількість годин	70

Тематика індивідуальних завдань

Теми індивідуального завдання

Тема 1. Визначення швидкодії вакуумного насосу та пропускної спроможності вакуумпроводу	
Загальна кількість годин	16

Неформальна освіта

Неформальна освіта в рамках курсу не передбачена.

Література, навчальні матеріали та інформаційні ресурси

Основна література

1. Фізичні методи одержання низьких температур Навчальний посібник. - Харків: ФТІНТ ім. Б.І. Веркіна НАН України, 2024. — 169 с.
2. Матеріалознавство та конструкційні матеріали. Практикум : навч. посіб. / І. Ю. Худецький, К. В. Ляпіна, Ю. В. Антонова-Рафі ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 147с.
3. Тимофеева Л.А., Комарова Г.Л. Матеріалознавство та технологія конструкційних матеріалів: Конспект лекцій. – Харків: УкрДАЗТ, 2013. – 68 с.
4. Скуріхін В. І. Матеріалознавство та технологія матеріалів : конспект лекцій / В. І. Скуріхін, Н. В. Гарбуз; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О.М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 59 с.

Додаткова література

1. Афтандіянц Є.Г., Зазимко О. В., Лопатько К.Г., Поліщук А.В. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство. Конспект лекцій в 2-х книгах. - Київ: НУБіП України, 2016.-125. с.
2. Кріогенна техніка: основи теорії і розрахунку циклів кріогенних установок : навч. посіб. / В. М. Арсеньєв, В. М. Козін. – Суми : Сумський державний університет, 2021. – 272 с.
3. Масліков М.М. Кріогенна техніка і технологія: навч. Посіб. К. : НУХТ, 2010. - 194 с.
4. Методичні вказівки до лабораторної роботи "Вимірювання температури за допомогою термоелектричного термометра" за курсом "Теплотехнічні вимірювання та прилади" / О.Р. Пересьолков, В.Г. Павлова. – Харків : НТУ "ХПІ", 2019. – 22 с.
5. Методичні вказівки до лабораторної роботи «Вимірювання витрати повітря в установці, яка обладнана вентилятором-перемішувачем» / уклад.: О. Р. Пересьолков, О. В. Круглякова. – Харків: НТУ «ХПІ», 2024. – 27 с.

Інформаційні ресурси

1. Репозитарій НТУ "ХПІ". <https://repository.kpi.kharkov.ua>

Система оцінювання

Підсумкова оцінка з освітнього компонента визначається відповідальним лектором за темами, видами занять, тощо у відповідності до силабусу і є інтегральною оцінкою результатів усіх вид навчальної діяльності здобувача вищої освіти. Підсумкова оцінка повинна відображати всі оцінки за складовими навчального процесу з урахуванням їх вагових показників k :

Поточний контроль (практичні, семінарські, лабораторні заняття), k_1	Контрольні роботи (за наявності), k_2	Індивідуальне завдання (за наявності), k_3	Підсумковий контроль (для ОК з іспитом), k_4
0,3	0,3	0,2	0,2

Сума коефіцієнтів повинна складати одиницю: $k_1 + k_2 + k_3 + k_4 = 1$. Підбір вагових коефіцієнтів підсумкової оцінки здійснює розробник курсу.

Розрахунок підсумкової оцінки проводиться за формулою:

$$O = \Pi \cdot k_1 + K \cdot k_2 + I \cdot k_3 + \Pi k \cdot k_4$$

де: Π – середньозважена середня оцінка за поточний контроль

I – оцінка за виконання індивідуального завдання

K – середньозважена оцінка за контрольні роботи

Πk – оцінка за підсумковий контроль

$$\Pi = \frac{\Pi_1 \cdot a_1 + \Pi_2 \cdot a_2 + \dots + \Pi_n \cdot a_n}{\sum_{i=1}^n a_i}$$

де: a_i – ваговий коефіцієнт за кожне практичне (семінарське) або лабораторне заняття.

$$K = \frac{K_1 \cdot b_1 + K_2 \cdot b_2 + \dots + K_m \cdot b_m}{\sum_{i=1}^m b_i}$$

де: b_i – ваговий коефіцієнт за кожну контрольну роботу.

Поточні оцінки за кожну складову (Π , K , I , ...) виставляються за 100-бальною шкалою згідно з положенням «Про критерії та систему оцінювання знань та вмінь і про рейтинг здобувачів вищої освіти» НТУ «ХПІ».

Підсумкова оцінка виставляється відповідно до розрахованої O з округленням до найближчого цілого числа в більшу сторону.

Шкала оцінювання

Сума балів	Національна оцінка	ECTS
90–100	Відмінно	A
82–89	Добре	B
75–81	Добре	C
64–74	Задовільно	D
60–63	Задовільно	E
35–59	Незадовільно (потрібне додаткове вивчення)	FX
1–34	Незадовільно (потрібне повторне вивчення)	F

Норми академічної етики і політика курсу

Здобувач вищої освіти повинен дотримуватися «Кодексу етики академічних взаємовідносин та доброчесності НТУ «ХПІ»: виявляти дисциплінованість, вихованість, доброзичливість, чесність, відповідальність. Конфліктні ситуації повинні відкрито обговорюватися в навчальних групах з викладачем, а при неможливості вирішення конфлікту – доводитися до відома співробітників дирекції інституту.

Нормативно-правове забезпечення впровадження принципів академічної доброчесності НТУ «ХПІ» розміщено на сайті: <http://blogs.kpi.kharkov.ua/v2/nv/akademichna-dobrochesnist/>

Погодження

Силабус погоджено

13.06.2025



Завідувач кафедри

Вадим СТАРІКОВ

13.06.2025



Гарант ОП

Олександр ТАРАСЕНКО