



Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)
КРІОГЕННЕ ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОЕКТУВАННЯ ДЛЯ
БІОТЕХНІКИ

| Рівень вищої освіти | Перший (бакалаврський) |
|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Галузь знань | <i>13 – Механічна інженерія</i> |
| Спеціальність | <i>133 – Галузеве машинобудування</i> |
| Освітня програма | <i>Галузеве машинобудування</i> |
| Статус дисципліни | <i>Навчальна дисципліна професійної та практичної підготовки (за вибором студентів)</i> |
| Форма навчання | <i>очна(денна)</i> |
| Рік підготовки, семестр | <i>4 курс, осінній семестр</i> |
| Обсяг дисципліни | <i>4 (120)</i> |
| Семестровий контроль/ контрольні заходи | <i>Залік, ДКР</i> |
| Розклад занять | <i>4 години на тиждень (2 година лекційних та 2 години практичних занять)</i> |
| Мова викладання | <i>Українська</i> |
| Інформація про керівника курсу / викладачів | <i>д.т.н., проф, зав. каф БТта І Мельник Вікторія Миколаївна 044-204-94-51, vmm71@i.ua Практичні: ас. Косова Віра Петрівна 044-204-94-51, vera_62@ukr.net</i> |
| Розміщення курсу | <i>Кампус, Google classroom</i> |

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Кріогенна техніка та технологія, або як її інакше називають кріогеніка (з грецької $\kappa\rho\acute{\upsilon}\varsigma$ – холод, -genes – породження) – наука про одержання (кріогенна техніка) та використання (кріогенна технологія) низьких температур. Об'єктом її дослідження є кріогенні системи. Кріогенною системою називають групу компонентів, що взаємодіють між собою та перебувають при кріогенних температурах.

Кріогеніка займається розробленням та вдосконаленням низькотемпературних технологій, процесів та обладнання. Тісно пов'язаними з нею є ряд інших наук: кріофізика (займається фундаментальними дослідженнями у кріогенній області), кріобіологія (досліджує властивості біологічних об'єктів при кріогенних температурах), кріомедицина (розробляє методи лікування з використанням кріотехнологій). Використовують кріогенні технології і у харчовій промисловості – розроблені системи безмашинного охолодження з використанням кріорідин, кріогенні методи надшвидкого заморожування, сублімаційного висушування, кріоподрібнення, кріогрануляції та ін.

Предметом вивчення *навчальної дисципліни* є кріогенні системи скраплення та розділення газових сумішей низькотемпературних технологій і систем, пов'язаних з процесами фазових переходів, конструкційні особливості холодильних та кріогенних установок, теоретичні основи холодильної та кріогенної техніки, монтаж, експлуатація та сервіс холодильних установок

Мета вивчення дисципліни: придбання знань та навичок по улаштуванні та принципу дії різних типів кріогенного обладнання, пов'язаних з процесами фазових переходів, та проектуванні такого обладнання.

Відповідно до мети підготовка бакалаврів за даною спеціальністю вимагає посилення сформованих у студентів компетентностей:

- *Здатність застосовувати знання тепломасообміну при заморожуванні та збереженні харчових продуктів;*
- *Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями*
- *Здатність здійснювати аналіз нормативної документації, необхідної для забезпечення інженерної діяльності в галузевому машинобудуванні*
- *Здатність використовувати методології проектування низькохолодильних виробництв для біотехнологічних продуктів різного призначення*
- *Здатність обирати і використовувати відповідне обладнання, інструменти та методи для реалізації та контролю низькотемпературних систем для виробництв біотехнологічних продуктів різного призначення*
- *Здатність конструювати обладнання для виробництва біотехнологічних продуктів різного призначення*

Згідно з вимогами програми навчальної дисципліни Кріогенне обладнання та проектування для біотехніки, студенти після її засвоєння мають продемонструвати такі програмні результати навчання:

- *Вміти проектувати елементи технологічного обладнання та аналізу їх роботи, пов'язаних з процесами фазових переходів, та проектуванні такого обладнання;*
- *Вміти здійснювати вибір схем апаратів, машин, установок для реалізації задач технологічного процесу та розробляти і проектувати низькотемпературні системи, які базуються на фазових переходах.;*
- *Вміти виконувати графічні креслення та ескізи у відповідності із вимогами стандартів єдиної системи конструкторської документації.*
- *Вміти застосовувати положення нормативних документів, що регламентують порядок проведення сертифікації продукції, атестації виробництва, вимоги до організації систем управління якістю на підприємствах, правила оформлення технічної документації та ведення технологічного процесу, базуючись на знаннях, одержаних під час практичної підготовки*

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Дисципліна Кріогенне обладнання та проектування для біотехніки, допомагає інтегрувати знання, отримані при вивченні фахових дисциплін та природничо-наукової підготовки ("Математика", "Фізика", «Опір матеріалів» "Теорія механізмів і машин",) і використовувати їх у майбутній професійній діяльності. Вказана дисципліна є одною з визначальних у підготовці майбутнього бакалавра з галузевого машинобудування: знання, одержані при вивченні цієї дисципліни, необхідні для виконання курсових і дипломних проектів.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Фізичні основи штучного охолодження

Тема 1.1. Способи отримання холоду

Тема 1.2. Зворотні термодинамічні цикли та оцінка їх ефективності

Тема 1.3. Компресійні холодильні машини

Тема 1.4. Способи охолодження

Тема 1.5. Основи кріогенних систем і технологій

Розділ 2. Холодильне та кріогенне обладнання в фармації та біотехнології

Тема 2.1. Зберігання та транспортування термолабільних лікарських засобів, біоматеріалів та кріорідин

Тема 2.2. Кріоконсервація біологічного матеріалу

Тема 2.3. Пристрої для локального охолоджуючого впливу в фармації

Тема 2.4. Кріотерапевтичні системи для загального впливу

Тема 2.5. Кріохірургічне обладнання

Розділ 3 Застосування низьких температур в біології та медицині

Тема 3.1. Кріобіологія та кріомедицина

Тема 3.2. Клітинна та тканинна трансплантація

Базова література

1. Біляков В.П. Кріогена техніка та технологія.- Київ:Колос,2004 - 272 с. Архаров А.М. Кріогенні системи,- Київ: Висш. шк., 2004 - 464 с
2. Глізманенко Д.Л. Отримання кисню.- Київ:Наук.думка, 1990.- 750 с.
3. Головка Г.А. Установки для виробництва інертних газів.- Київ:Колос,2006.-384 с.
4. Алтунін В.В. Теплофізичні властивості CO₂.- Київ:Наук.думка,1994.- 551 с.

Додаткова

5. Мікулін Є.І. Кріогена техніка.- Київ:Наук.думка, 1998.- 270 с.
6. Фастовский В.Г. Кріогена техніка, - Київ:Наук.думка, 2007.- 496 с.
7. Баррон Р.Ф. Кріогенні системи.- Київ:Колос,2006.- 408 с.

Інформаційні ресурси

1. <https://ecotech.news/iryna-kovalchuk.html>
2. https://ecotech.news/technology/383-shtuchnij-intelekt-neminuche-stane-novim-vidom-rozumnikh-istot.html#google_vignette

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

Лекційні заняття спрямовані на:

- надання сучасних, цілісних, взаємозалежних знань з дисципліни **Кріогенне обладнання та проектування для біотехніки**, рівень яких визначається цільовою установкою до кожної конкретної теми;
- забезпечення в процесі лекції творчої роботи студентів спільно з викладачем;
- виховання у студентів професійно-ділових якостей і розвиток у них самостійного творчого мислення;
- формування у студентів необхідного інтересу та надання напрямку для самостійної роботи;
- відображення методичної обробки матеріалу (виділення головних положень, висновків, рекомендацій, чітко і адекватне їх формулюваннях);
- використання для демонстрації наочних матеріалів, поєднання, по можливості їх з демонстрацією результатів і зразків;
- викладання матеріалів лекцій чіткою і якісною мовою з дотриманням структурно-логічних зв'язків, роз'яснення всіх нововведених термінів і понять;
- доступність для сприйняття даною аудиторією.

4. Лекційні заняття

| № з/п | Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС) | Годин |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 1 | Розділ 1. Фізичні основи штучного охолодження Тема 1.1. Способи отримання холоду Лекція 1-2. Основні способи отримання низьких та наднизьких температур. Дроселювання. Адіабатне розширення. Рефрижератори розширювання [1, 2] СРС – Інші способи отримання холоду. Література: [1-3] | 4 |
| 2 | Тема 1.2. Зворотні термодинамічні цикли та оцінка їх ефективності Лекція 3. Мінімальна робота у кріогенних системах. Зворотній цикл. Принципові схеми зворотних циклів. Коефіцієнт зворотного циклу. Методи термодинамічного аналізу реальних циклів. Ступінь термодинамічної досконалості [1, 3] СРС – Ефективність кріогенних систем [1, 3] | 2 |
| 3 | Тема 1.3. Компресійні холодильні машини Лекція 4. Парові компресійні холодильні машини. Теплота пароутворення. Принципові схеми холодильних машин [1]. СРС - Обладнання для перекачки зріджених газів. Обладнання для перекачки зріджених газів [1, 3] | 2 |
| 4 | Тема 1.4. Способи охолодження Лекція 5. Вихровий ефект. Механічні властивості. Теплофізичні властивості. Критичні температури напівпровідників [1, 4] СРС – Питома теплоємність речовин. Теплопровідність кріорідин | 2 |
| 5 | Тема 1.5. Основи кріогенних систем і технологій Лекція 6. Метод кріогенного повітророзділення. Термодинамічні цикли, їх класифікація. [1, 5]. СРС - Холодильні машини за циклом Лінде [1, 5]. | 2 |
| 6 | Розділ 2. Холодильне та кріогенне обладнання в фармації та біотехнології Тема 2.1. Зберігання та транспортування термолабільних лікарських засобів, біоматеріалів та кріорідин | 6 |

| | | |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| | Лекція 7-9. Кріорезервуари Дьюра. Принципові схеми. Внутрішні та зовнішні посудини. Холодовий ланцюг. Класифікація термолабільних фармацевтичних препаратів. Стаціонарні та переносні морозильні камери [1, 2, 5] СРС – Моделі кріо-морозильних камер, їх використання, технічні характеристики | |
| 7 | Тема 2.2. Кріоконсервація біологічного матеріалу Лекція 10. Обладнаний технологічний простір для зберігання біологічного матеріалу. Кріобанки. Кріопротектори та їх типи. Повільна дегідратація та вітрифікація [1] СРС - методи роботи заморожування та довгострокового зберігання біоматеріалу | 2 |
| 8 | Тема 2.3. Пристрої для локального охолоджуючого впливу в фармації Лекція 11. Локальна кріотерапія газовим кріогенним струменем. Вихрові пристрої для охолодження. Принципові схеми для охолодження. Кріогранулятори [1, 6] | 2 |
| 9 | Тема 2.4. Кріотерапевтичні системи для загального впливу Лекція 12. Парогенератори. Теплообмінники. Системи зрідження гелію. Принципова схема холодопостачання кріосауни. [1, 6]. СРС - Поршневі детандери та турбодетандери [1, 3] | 2 |
| 10 | Тема 2.5. Кріохірургічне обладнання Лекція 13-14. Кріохірургічні інструменти. Кріохірургічний пристрій «Криотон-3». Процес дроселювання (ефект Джоуля-Томсона). Принципова схема кріогенного скороморозильного апарата Принципова схема кріогенного скороморозильного апарата [6, 7]. СРС -Схема та цикл кріорефрижератора Гіффорда–Мак-Магона. Метод магнітного охолодження | 4 |
| 11 | Розділ 3 Застосування низьких температур в біології та медицині Тема 3.1. Кріобіологія та кріомедицина Лекція 15. Вплив низьких температур та холоду на тканини. Безмашинні системи над швидкого заморожування. Класифікація способів заморожування [6, 7]. СРС - Сублимаційне висушування | 2 |
| 12 | Тема 3.2. Клітинна та тканинна трансплантація Лекція 16-17. Використання біопрепаратів із клітин та тканин ембріофетоцитарного комплексу, алло- і ксеногенного походження. Механізм дії кріоконсервованих біопрепаратів. Фетальні клітини. Кріоконсервова аллошкіра, біологічні покриття [1]. СРС — технології клітинної трансплантації | 4 |
| 13 | Залік | 2 |
| | Всього годин | 36 |

Практичні заняття

У системі професійної підготовки студентів по дисципліні **Кріогенне обладнання та проектування для біотехніки**, практичні заняття займають 50 % аудиторного навантаження. Будучи доповненням до лекційного курсу, вони закладають і формують основи кваліфікації бакалавра по спеціальності галузеве машинобудування. Зміст цих занять і методика їх проведення повинні забезпечувати розвиток творчої активності особистості. Вони розвивають наукове мислення і здатність користуватися спеціальною термінологією, дозволяють перевірити знання, Тому даний вид роботи виступає важливим засобом оперативного зворотного зв'язку.

Основні завдання циклу практичних занять:

- допомогти студентам набути навичок розрахунку холодильної та криогенної техніки
- вміння проектувати кріотрубопроводи.
- застосовувати сучасні методи тепломасообміну при заморожуванні та збереженні харчових продуктів;
- вміння розраховувати та проектувати криогенні системи скраплення та розділення газових сумішей;
- розрахункові моделі на моделювати перспективі конструкції та схеми;
- допомогти студентам систематизувати, закріпити і поглибити знання теоретичного характеру в області **Криогенного обладнання та проектування для біотехніки**;
- формувати вміння вчитися самостійно, тобто опанувати методами, способами і прийомами самонавчання, саморозвитку і самоконтролю.

| № з/п | Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС) | Годин |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 1 | Розділ 1. Фізичні основи штучного охолодження Тема 1.2. Зворотні термодинамічні цикли та оцінка їх ефективності Практичне заняття 1. Оцінювання ексергетичної ефективності циклів підвищувальних термотрансформаторів [2] | 2 |
| 2 | Тема 1.2. Зворотні термодинамічні цикли та оцінка їх ефективності Практичне заняття 2. Розрахунок системи зрідження з одноразовим дроселюванням і попереднім охолодженням [2]. СРС - розрахунок системи Клода | 2 |
| 3 | Тема 1.5. Основи криогенних систем і технологій Практичне заняття 3. Термодинамічний розрахунок кріозріджувача, що працює за циклом К. Лінде [2] | 2 |
| 4 | Практичне заняття 4. Оцінювання перетворень енергії в криогенній установці, що працює за циклом К. Лінде [2] | 2 |
| 5 | Практичне заняття 5. Цикл із подвійним дроселюванням і циркуляцією частини потоку Цикл із подвійним дроселюванням і циркуляцією частини потоку [2] | 2 |
| 6 | Практичне заняття 6. Розрахунок кріорефрижератора Лінде – Хемпсона | 2 |
| 7 | Розділ 2. Холодильне та криогенне обладнання в фармації та біотехнології Тема 2.1. Зберігання та транспортування термолабільних лікарських засобів, біоматеріалів та кріорідин Практичне заняття 7. Тепловий розрахунок посудини Дьюара | 2 |
| 8 | Тема 2.3. Пристрої для локального охолоджуючого впливу в фармації Практичне заняття 8-9. Розрахунок кріогранулятора | 4 |

| | | |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 9 | Практичне заняття 10-12. Проектування конструкції та розрахунок гелієвих кріостатів [1, 5]. | 6 |
| 10 | Практичне заняття 13. Розрахунок газифікаторів рідких кріопродуктів [3] | 2 |
| 11 | Тема 2.4. Кріотерапевтичні системи для загального впливу Практичне заняття 14-15. Проектування холодопродуктивністю кріогенного апарату з використанням нечіткої логіки [1, 5] | 4 |
| 12 | Практичне заняття 16-18. Проектування та розрахунок транспортування кріорідин [2] | 6 |
| | Всього годин | 36 |

5 Самостійна робота студента

Самостійна робота займає 40 % часу вивчення кредитного модуля, включаючи і підготовку до заліку. Головне завдання самостійної роботи студентів – це опанування знань в областях, що не увійшли у перелік лекційних питань шляхом особистого пошуку інформації, формування активного інтересу до творчого підходу у навчальній роботі.

Метою виконання домашньої роботи студентів в рамках підготовки майбутнього фахівця зі спеціальності 133 – Галузеве машинобудування є удосконалення їх практичної підготовки, набуттята поглиблення навичок активної творчої інженерної роботи, а також виробничо-технологічної та проектної діяльності в галузі високотехнологічних процесів фармацевтичних та біотехнологічних виробництв. На прикладі розрахунків типового обладнання майбутні спеціалісти мають оволодіти основними поняттями і закономірностями рівнянь динаміки, методами розрахунку основних деталей і вузлів спецобладнання, знати основні правила оформлення конструкторської документації, вміти користуватися державними стандартами, виробничою документацією і іншими нормативними документами професійної діяльності, використовувати сучасні засоби розрахунків і проектування. Виконання ДКР дасть змогу студентам самостійно розв'язувати задачі конструювання реакторів та їх проектування.

Питання, що винесені на самостійне вивчення, орієнтовані на розвиток інтелектуальних умінь, професійних здатностей, підвищення творчого потенціалу студента і полягає в самостійному пошуку, аналізу та структуруванні, науково технічної інформації

| <i>№ з/п</i> | <i>Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання</i> | <i>Кількість годин СРС</i> |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| | Принципи автоматизації холодильного та кріогенного обладнання. Принципи нечіткої логіки. | 8 |
| | Термодинамічні засади кріогенної техніки | 8 |
| | Компоненти систем зрідження | 8 |
| | Кріогенні рідини та їх властивості | 8 |
| | Компоненти систем зрідження | 2 |
| | Кріогенезис | 4 |

| | | |
|--|----------------------|----|
| | ДКР | 8 |
| | Підготовка до заліку | 2 |
| | Всього годин | 48 |

Політика та контроль

6. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Правила відвідування занять та поведінки на заняттях

Відвідування занять є обов'язковим компонентом оцінювання. студенти зобов'язані брати активну участь в навчальному процесі, не спізнюватися на заняття та не пропускати їх без поважної причини, не заважати викладачу проводити заняття, не відволікатися на дії, що не пов'язані з навчальним процесом.

Правила призначення заохочувальних та штрафних балів

- заохочувальні та штрафні бали в рамках навчальної дисципліни не передбачені.

Політика дедлайнів та перескладань

У разі виникнення заборгованостей з навчальної дисципліни або будь-яких формажорних обставин, студенти мають зв'язатися з викладачем по доступних (наданих викладачем) каналах зв'язку для розв'язання проблемних питань та узгодження алгоритму дій для відпрацювання.

Політика академічної доброчесності

Плагіат та інші форми не доброчесної роботи неприпустимі. До плагіату відноситься відсутність посилань при використанні друкованих та електронних матеріалів, цитат, думок інших авторів. Неприпустимі підказки та списування під час написання тестів, проведення занять; здача заліку за іншого студента; копіювання матеріалів, захищених системою авторського права, без дозволу автора роботи.

Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>

Політика академічної поведінки і етики

студенти мають бути толерантним, поважати думку оточуючих, заперечення формулювати в коректній формі, конструктивно підтримувати зворотний зв'язок на заняттях.

Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>

7. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Розподіл навчального часу за видами занять і завдань з кредитного модуля згідно з робочим навчальним планом:

| Семестр | Начальний час | | Розподіл навчальних годин | | | | Контрольні заходи | |
|---------|---------------|------------|---------------------------|-----------|-----------|-----|-------------------|----------------------|
| | кредити | акад. год. | Лекції | Практичні | Лаб. роб. | СРС | ДКР | Семестрова атестація |
| 7 | 4 | 120 | 36 | 36 | --- | 48 | 1 | залік |

Рейтинг студента з кредитного модуля складається з балів, які він отримує за:

- 1) Виконання та захист 18-ти задач на практичних заняттях – 72 бали.

2) ДКР – 28 балів.

Система рейтингових балів

1. Робота на практичних заняттях

Ваговий бал – 4. Максимальна кількість балів на практичних заняттях дорівнює $18 \times 4 = 72$ бали.

- «відмінно» - виконання 100% задач під час заняття та самостійної роботи студента (СРС) – 3,8 - 4 балів.

- «добре» - виконання 80% задач під час заняття та СРС – 3 – 3,7 балів.

- «задовільно» - виконання $\geq 50\%$ задач під час заняття та СРС – 2,4 – 2,9 балів.

- «незадовільно» - невиконання задач (СРС) – 0 балів.

-

2. Домашня контрольна робота:

Ваговий бал – 28. Кількість контрольних робіт – 1. Максимальна кількість балів - 28 балів.

- «відмінно», повне виконання завдань контрольної роботи (не менше 90% потрібної інформації) – 26,6-28 балів;

- «добре», достатньо повне виконання завдань контрольної роботи (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 21 – 26,5 балів;

- «задовільно», неповне виконання завдань контрольної роботи (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 16,8– 20,9 бали;

- «незадовільно», невиконання завдань контрольної роботи (не відповідає вимогам на 16,8 балів) – 0 балів.

За результатами навчальної роботи за перші 7 тижнів «ідеальний студент» має набрати 30-балів. На першій атестації (8-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше 36 балів. За результатами 13 тижнів навчання «ідеальний студент» має набрати 88 балів.

Максимальна сума балів складає 100. Необхідною умовою допуску до заліку є виконання всіх практичних завдань та ДКР. Для допущення до заліку з кредитного модуля потрібно мати рейтинг не менше 60 балів.

Студенти, які наприкінці семестру мають рейтинг менше 40 балів, а також ті, хто хоче підвищити оцінку в системі ECTS, виконують контрольну роботу. При цьому до балів за виконані самостійної роботи додаються бали за контрольну роботу і ця рейтингова оцінка є остаточною. Завдання контрольної роботи складається з чотирьох завдань різних розділів робочої програми з переліку, що наданий у методичних рекомендаціях до засвоєння кредитного модуля.

Кожне завдання контрольної роботи (r_1, r_2, r_3, r_4) оцінюється у 25 балів відповідно до системи оцінювання:

- «відмінно», повне виконання завдань контрольної роботи (не менше 90% потрібної інформації) – 25-22,5 балів;

- «добре», достатньо повне виконання завдань контрольної роботи (не менше 75% потрібної інформації або незначні неточності) – 22-18,5 балів;

- «задовільно», неповне виконання завдань контрольної роботи (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 18-15 балів;

- «незадовільно», незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на 15 балів) – 0 балів.

Сума балів за кожне з чотирьох запитань контрольної роботи переводиться до екзаменаційної оцінки згідно з таблицею:

| Кількість балів | Оцінка |
|---------------------------|--------------|
| 100-95 | Відмінно |
| 94-85 | Дуже добре |
| 84-75 | Добре |
| 74-65 | Задовільно |
| 64-60 | Достатньо |
| Менше 60 | Незадовільно |
| Не виконані умови допуску | Не допущено |

8. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Приблизний перелік питань, які виносяться на семестровий контроль

1. Що вивчає криогенна техніка? У чому полягає її відмінність від холодильної техніки.
2. Опишіть процес адіабатного розширення газу, наведіть рівняння та побудуйте його у $T-s$ -діаграмі. Чому відбувається зниження температури?
3. Опишіть ефект Джоуля – Томсона. Наведіть рівняння ізоентальпійного дроселювання. Побудуйте цей процес у $i-s$ -діаграмі та у $T-s$ -діаграмі.
4. Технологія низькотемпературного очищення повітря від домішок методом виморожування.
5. Особливості виморожування вологи на криогенних поверхнях.
6. Технологія виробництва «сухого» льоду методом виморожування із газових суміші.
7. Накресліть та охарактеризуйте схему та цикл простої системи зрідження газів з одноразовим дроселюванням (система Лінде – Хемпсона). Як визначити питому витрату роботи на зрідження, ексергетичний ККД та вихід зрідженого газу для цієї системи?
8. Наведіть схему системи зрідження гелію Коллінза.
9. Наведіть схему системи зрідження гелію Саймона та опишіть процес її роботи.
10. Опишіть конструкції теплообмінників, використовуваних у криогенних системах (змійовикові, пластинчасто-ребристі та ін.).
11. Які типи компресорів та детандерів використовуються у криогенних системах?
12. Які втрати роботи спостерігаються під час роботи поршневого компресорів та детандерів?
13. Які втрати роботи спостерігаються під час роботи турбокомпресорів та турбодетандерів?
14. Особливості адгезії твердого CO_2 до виморазувальної поверхні.
15. Технології отримання зріджених газів.
16. Обладнання для перекачки зріджених газів.
17. Сховища для зріджених газів. Особливості конструкції
18. Особливості зварювання нержавіючої сталі та кольорових металів.
19. Особливості кисневого устаткування.
20. Кисневі компресори та насоси.
21. Низькотемпературні технології транспортування продуктів споживання.
22. Холодильні камери зберігання продуктів споживання

23. Біологічні аспекти зберігання плодів та овочів в умовах модифіцированого газового середовища.
24. Конструктивні особливості медичних «кріосаун».
25. Технології використання скидного холоду.
26. Класифікація кріостатів.
27. Конструкція сублімаційних установок
28. Опишіть конструкцію посудини Дьюара та її окремих елементів (зовнішня та внутрішня оболонки, підвіски, трубопроводи).
29. Які види теплоізоляційних конструкцій використовують у кріорезервуарах? Вкажіть переваги та недоліки кожного виду.
30. Опишіть теплоізоляційні конструкції кріотрубопроводів. У яких випадках використовують неізольовані кріотрубопроводи?
31. У чому полягають особливості арматури кріотрубопроводів? Що таке заохолодження кріотрубопровода?
32. Що таке кріорефрижератор? У яких випадках їх застосовують? Наведіть схему та опишіть принцип дії кріорефрижератора Лінде.
33. Наведіть схему та опишіть принцип дії кріорефрижератора Філіпса.
34. Наведіть схему та опишіть принцип дії кріорефрижератора Вюлем'є– Таконіса.
35. Наведіть схему та опишіть принцип дії кріорефрижератора Гіффорда– Мак-Магона. Для чого його використовують?
36. Опишіть систему магнітного охолодження Даунта та наведіть її схему.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено:

*Зав. кафедри, д.т.н., професор Мельник В.М.
асистент Косова В.П.*

Ухвалено кафедрою біотехніки та інженерії (протокол № 6 від .06. 2024р.)

***Погоджено Методичною комісією факультету біотехнології і біотехніки
(протокол № ____ від ____ 202__р.)***