



## ПРОЦЕСИ І АПАРАТИ БІОТЕХНОЛОГІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>16 - Хімічна та біоінженерія</i>
Спеціальність	<i>162 – Біотехнології та біоінженерія</i>
Освітня програма	<i>Біотехнології</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>3 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити (120 годин) в т.ч. лекцій – 36 годин, практичні роботи – 18 годин, лабораторні роботи – 18 годин, СРС – 48 годин.</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік / модульна контрольна робота</i>
Розклад занять	<i>На сайтах <a href="http://roz.kpi.ua">http://roz.kpi.ua</a> та <a href="https://schedule.kpi.ua">https://schedule.kpi.ua</a></i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>к.т.н., доц. каф. БТ та І, Костик Сергій Ігорович, 044-204-94-51, <a href="mailto:kostyksergey@ukr.net">kostyksergey@ukr.net</a></i>
Розміщення курсу	<i>Е-Кампус, Google classroom</i>

### Програма навчальної дисципліни

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

Сучасний технічний розвиток виробництва вимагає підготовки висококваліфікованих фахівців здатних до самостійної творчої роботи, впровадження у виробництво наукомістких технологій.

Висококваліфікований фахівець зі спеціальності Біотехнології та біоінженерія повинен володіти глибокими теоретичними знаннями для розробки рекомендацій щодо шляхів удосконалення технологічних процесів біотехнологічних виробництв, здійснення оптимального вибору конструкцій апаратів, устаткування для реалізації заданих технологічних процесів.

**Предметом навчальної дисципліни «Процеси і апарати біотехнологічних виробництв»** є теоретичні засади механічних, гідромеханічних, теплових та дифузійних процесів, які відбуваються та використовуються під час підготовки поживних середовищ, підготовки повітря, культивування біологічних агентів та при виділенні, очищенні біологічно активних речовин (БАР) і при отриманні мікробних мас, особливості конструкцій, принципи розрахунку, вибору та експлуатації основного устаткування біотехнологічних виробництв.

**Метою навчальної дисципліни «Процеси і апарати біотехнологічних виробництв»** є вивчення теоретичних закономірностей гідродинамічних, теплових, масообмінних процесів ферментації та обробки культуральних рідин, ознайомлення студентів з особливостями

конструкцій та методик розрахунку машин і апаратів для практичної реалізації вказаних процесів, устаткування для проведення перед ферментаційних, ферментаційних процесів, процесів концентрування, відділення цільових продуктів біосинтезу та очищення нативних розчинів, процесів сушіння.

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

- Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК 1);
- Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями (ЗК 5);
- Здатність здійснювати аналіз нормативної документації, необхідної для забезпечення інженерної діяльності в галузі біотехнології (ФК 3);
- Здатність використовувати методології проектування виробництв біотехнологічних продуктів різного призначення (ФК 8);
- Здатність обирати і використовувати відповідне обладнання, інструменти та методи для реалізації та контролю виробництв біотехнологічних продуктів різного призначення (ФК 9);
- Здатність складати технологічні схеми виробництв біотехнологічних продуктів різного призначення (ФК 10);
- Здатність складати апаратурні схеми виробництв біотехнологічних продуктів різного призначення (ФК 11);
- Здатність аналізувати та проектувати виробництва біотехнологічної продукції харчового, фармацевтичного, парафармацевтичного та природоохоронного характеру на основі процесів мікробного синтезу (ФК 17).

Згідно з вимогами освітньої програми студенти після її засвоєння мають продемонструвати такі програмні результати навчання:

- 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 (ПРН 4);
- Базуючись на знаннях про закономірності механічних, гідромеханічних, тепло- та масообмінних процесів та основних конструкційних особливостях, вміти обирати відповідне устаткування в процесі проектування виробництв біотехнологічних продуктів різного призначення для забезпечення їх максимальної ефективності (ПРН 15);
- Базуючись на знаннях, одержаних під час практики на підприємствах та установах, вміти здійснювати проектний розрахунок технологічного обладнання (ПРН 16);
- Вміти складати матеріальний баланс на один цикл виробничого процесу, специфікацію обладнання та карту постадійного контролю з наведенням контрольних точок виробництва (ПРН 17);
- Вміти здійснювати обґрунтування та вибір відповідного технологічного обладнання і графічно зображувати технологічний процес відповідно до вимог нормативних документів з використанням знань, одержаних під час практичної підготовки (ПРН 18);
- Вміти аналізувати та проектувати спеціальні біотехнологічні виробництва із виготовлення продукції різного функціонального та галузевого призначення (ПРН 25).

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

Дисципліна «Процеси і апарати біотехнологічних виробництв» допомагає інтегрувати знання, отримані при вивченні фахових дисциплін («Біохімія», «Загальна мікробіологія і

вірусологія”, “Біологія клітини”, “Загальна біотехнологія”), а також дисциплін циклу природничо-наукової підготовки (“Вища математика”, “Фізика”, “Фізична хімія” тощо) і використовувати їх у майбутній професійній діяльності. Вказана дисципліна є одною з визначальних у підготовці майбутнього кваліфікованого біотехнолога: знання, одержані при вивченні цієї дисципліни, необхідні для виконання курсових і дипломних проектів.

### **3. Зміст навчальної дисципліни.**

**Навчальна дисципліна вивчається в на 3-му курсі у 5-й семестрі.**

#### **«Процеси і апарати біотехнологічних виробництв»**

##### **Розділ 1. Теплові явища та процеси в обладнанні біотехнологічних виробництв.**

Тема 1. Класифікація основних технологічних процесів. Види теплообміну.

Тема 2. Конвективна тепловіддача. Теплообмін під час руху флюїда в каналах різної форми.

Тема 3. Теплопередача в теплообмінному обладнанні біотехнологічних виробництв.

Тема 4. Теплообмінне обладнання біотехнологічних виробництв.

Тема 5. Фазові переходи. Тепловий баланс.

Тема 6. Випарювання. Випарні апарати. Плівкові концентратори.

##### **Розділ 2. Основи гідравліки. Переміщення рідин та газів. Гідравлічні машини і апарати біотехнологічних виробництв.**

Тема 1. Гідростатика і гідродинаміка.

Тема 2. Гідравлічний опір. Гідравлічний розрахунок обладнання.

Тема 3. Гідравлічні машини і апарати біотехнологічних виробництв.

##### **Розділ 3. Масообмінні процеси в обладнанні біотехнологічних виробництв.**

Тема 1. Теорія масообмінних процесів.

Тема 2. Конвективна і молекулярна дифузія.

#### **Базова література**

1. Сидоров Ю.І. Процеси і апарати мікробіологічної та фармацевтичної промисловості. Технічні розрахунки. Приклади і задачі. Основи проектування [Текст]/Навч. посібник / Ю.І. Сидоров, Р.Й. Влязло, В.П. Новиков. – Львів: «Інтелект-Захід», 2008. – 736 с.

2. Сидоров Ю.І. Процеси і апарати мікробіологічної промисловості. Технічні розрахунки. Приклади і задачі. Основи проектування виробництв [Текст]. Ч.І. Ферментація: Навч. посібник / Ю. І. Сидоров, Р.Й. Влязло, В.П. Новиков. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2004. – 240 с.

3. Сидоров Ю.І. Процеси і апарати мікробіологічної промисловості. Технічні розрахунки. Приклади і задачі. Основи проектування виробництв [Текст]/ Ч.ІІ. Оброблення культуральних рідин: Навч. посібник/ Ю.І. Сидоров, Р.Й. Влязло, В.П. Новиков – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2004. – 296 с.

4. Корнієнко Я.М. Процеси та обладнання хімічної технології [Текст]: підручник/ Я.М. Корнієнко, Ю.Ю. Лукач, І.О. Мікульонок та ін. – Київ: НТУУ «КПІ», 2011.-Ч.1-416с.

5. Корнієнко Я.М. Процеси та обладнання хімічної технології [Текст]: підручник/ Я.М. Корнієнко, Ю.Ю. Лукач, І.О. Мікульонок та ін. – Київ: НТУУ «КПІ», 2011.-Ч.2-416 с.

6. Врагов А.П. Масообмінні процеси та обладнання хімічних та газонафтопереробних виробництв: Навч. посібник. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2007. – 284 с.

## Додаткова

1. Технологічне обладнання біотехнологічної і фармацевтичної промисловості: підручник / М.В. Стасевич, А.О. Милянч, Л.С. Стрельников та ін.– Львів: «Новий Світ-2000», 2017. – 410 с.

2. Ружинська Л.І. Проектування реакторів змішувачів біотехнологічних та фармацевтичних виробництв. Навч. посібник/Укладачі: Л.І. Ружинська, І А Буртна, В.М. Поводзинський, В.Ю. Шибецький – К.: НТУУ «КПІ», 2013. – 130

## Інформаційні ресурси

1. Процеси, апарати та устаткування біотехнологічних виробництв. Лабораторний практикум (Частина 1) [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ., які навчаються за спеціальністю 162 «Біотехнології та біоінженерія», освітньої програми «Біотехнології» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Л. І. Ружинська, М. В. Шафаренко, О. В. Воробйова. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,31 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 76 с. (3,8 ав. арк) <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/41330>
2. Процеси, апарати та устаткування біотехнологічних виробництв-2. Лабораторний практикум [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія» освітньої програми «Біотехнології» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Л. І. Ружинська, М. В. Шафаренко, О. В. Воробйова. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,40 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 66 с. (3,3 ав. арк ) <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/35989>

## Навчальний контент

### 5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента).

#### Лекційні заняття

Лекційні заняття спрямовані на:

- надання сучасних, цілісних, взаємозалежних знань з дисципліни **«Процеси і апарати біотехнологічних виробництв»**, 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, чітке і адекватне їх формулювання);
- 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.

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)	Годин
-------	--	-------

1.	Зміст і завдання дисципліни. Класифікація основних технологічних процесів. Основні закони, яким підпорядковані технологічні процеси. Загальні принципи аналізу та розрахунку процесів і апаратів. Основи теплообміну. Методи поширення тепла в просторі. Теплові баланси. Передача тепла теплопровідністю, тепловим випромінюванням. Література: [1-6] СРС. Основи раціональної побудови апаратів. Методи інтенсифікації процесів біотехнологічних виробництв. Технології, що застосовуються в біотехнологічних виробництвах. Література: [1-6]	2
2	Основні поняття теплообміну. Способи перенесення теплоти. Температурне поле. Температурний градієнт. Закон Фур'є. Диференціальне рівняння теплопровідності. Умови однозначності. Окремі задачі стаціонарної теплопровідності. Теплопровідність крізь плоску і циліндричну стінки при граничних умовах I-го. Література: [1-6] СРС. Механізми передачі теплоти в металах, діелектриках, напівпровідниках, рідинах, газах. Умови однозначності для стаціонарних і нестаціонарних режимів теплопровідності. Література: [1-6]	2
3.	Конвективний теплообмін в умовах вимушеної та вільної конвекції. Критерії теплової подібності. Основні поняття і визначення. Рівняння Ньютона-Ріхмана. Безрозмірний опис фізичних явищ. Подібні явища. Окремі задачі конвективного теплообміну. Теплообмін при вільній конвекції в необмеженому і обмеженому просторі. Тепловіддача при вимушеній течії в трубах. Література: [1-6] СРС. Критерії і числа теплової і гідродинамічної подібності. Література: [1-6]	2
4.	Теплопередача через плоску і циліндричну стінки при граничних умовах III-го роду, коефіцієнт теплопередачі. Методика розрахунку задач конвективного теплообміну. Література: [1-6] СРС. Складний і нестаціонарний теплообмін. Література: [1-6]	2
5.	Умови, теореми подібності. Тепловіддача при поперечному обтіканні одиночної круглої труби. Тепловіддача при поперечному обтіканні пучка труб шахового і коридорного розташування. Література: [1-6] СРС. Тепловіддача при русі теплоносія в каналах складної геометрії [1-6].	2
6.	Фазові переходи. Потрійна точка води. Конвективний теплообмін при зміні агрегатного стану. Теплообмін при кипінні та конденсації. Рівняння для обчислення тепловіддачі при кипінні рідини та конденсації пари. Література: [1-6] СРС. Вплив різних факторів на процес теплообміну при кипінні. Кризи кипіння. Література: [1-6]	2
7.	Нагрівання. Способи нагрівання, гріючі агенти. Охолоджувальні агенти. Способи охолодження та конденсації. Загальна методика розрахунку теплообмінних апаратів. Схеми руху теплоносіїв. Література: [1-6] СРС. Способи нагрівання газових теплоносіїв . Література: [1-6]	2
8.	Тепловіддача при русі теплоносія в каналі утвореному гофрованими пластинами. Методика розрахунку пластинчастих теплообмінних апаратів. Література: [1-6] СРС. Секціонування пластинчастих теплообмінників. Література: [1-6]	2
9.	Класифікація теплообмінних апаратів. Основні конструкції трубчастих та пластинчастих теплообмінників. Література: [1-6]	2

	<i>СРС. Змійовикові, зрошувальні та спіральні теплообмінні апарати. Література: [1-6]</i>	
10.	<i>Випарювання. Однокорпусні та багатокорпусні випарні установки. Матеріальні та теплові баланси. Плівкові та роторні випарні установки. Розрахунок випарних установок. Література: [1-6] СРС. Вакуум-випарні апарати. Література: [1-6]</i>	2
11.	<i>Гідростатика. Основні поняття та визначення. Фізичні властивості рідини. Розподіл тиску по об'єму рідини. Закон Паскаля. Диференціальні рівняння рівноваги Ейлера. Основне рівняння гідростатики. Література: [1-6] СРС. Практичне застосування основного рівняння гідростатики. Література: [1-6]</i>	2
12.	<i>Гідродинаміка. Основні поняття та визначення. Характеристики руху рідин. Рівняння нерозривності потоку. Диференціальні рівняння руху Ейлера та Нав'є-Стокса. Рівняння Бернуллі. Література: [1-6] СРС. Практичне застосування рівняння Бернуллі. Визначення витрат рідини і середньої швидкості в круглій трубі. Формула Пуазейля. Література: [1-6]</i>	2
13.	<i>Гідродинамічна подібність. Теорема подібності. Рух тіл в рідинах. Ламінарний і Турбулентний рух. Структура потоку. Товщина в'язкого підшару. Втрати напору по довжині. Гідравлічна шорсткість труб. Література: [1-6] СРС. Гідравлічний удар в трубах. Рух рідини через зернисті та пористі шари. Гідродинаміка киплячих зернистих шарів. Література: [1-6]</i>	2
14.	<i>Методика розрахунку гідравлічного опору. Гідравлічний розрахунок теплообмінників. Література: [1-6] СРС. Особливості гідравлічного розрахунку трубопроводів для транспортування рідин. Література: [1-6]</i>	2
15.	<i>Транспорт рідин і газів. Класифікація насосів і компресорів. Основні конструкції насосів і компресорів. Література: [1-6] СРС. Гідравлічні явищі. Кавітація. Література: [1-6].</i>	2
16.	<i>Масообмінні процеси. Основні закони дифузії (молекулярна, конвективна). Закон Фіка. Закон Грема. Закон Генрі-Дальтона. Способи інтенсифікації масообміну. Література: [1-6]</i>	2
17.	<i>Масовіддача і масопередача в системі газ-рідина та рідина-рідина. Рівновага при масопередачі. Швидкість масопередачі. Рушійна сила процесів масопереносу. Методика розрахунку коефіцієнтів конвективної масовіддачі. Література: [1-6]</i>	2
18.	<i>Залік</i>	2
	<i>Всього годин</i>	<b>36</b>

### Практичні заняття

У системі професійної підготовки студентів по дисципліні «Процеси і апарати біотехнологічних виробництв», практичні заняття займають 25 % аудиторного

навантаження. Будучи доповненням до лекційного курсу, вони закладають і формують основи кваліфікації бакалавра по спеціальності Біотехнології та біоінженерія. 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 систематизувати, закріпити і поглибити знання теоретичного характеру в області процесів і апаратів біотехнологічних виробництв,.
- ознайомити студентів з сучасними методиками розрахунків процесів, апаратів та устаткування біотехнологічних виробництв;
- навчити студентів прийомам вирішення практичних завдань, сприяти оволодінню навичками та вміннями виконання розрахунку за стандартними методиками;
- навчити їх працювати з науковою та довідковою літературою і програмним забезпеченням для виконання розрахунків;
- допомогти студентам набуту досвід проведення аналізу конструкцій апаратів, устаткування для реалізації механічних, гідромеханічних, тепло- та масообмінних процесів;
- навчити студентів виконувати матеріальні, теплові конструктивні розрахунки апаратів, устаткування для реалізації механічних, гідромеханічних, тепло- та масо обмінних процесів.
- формувати вміння вчитися самостійно, тобто опановувати 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	Теплопровідність одношарової та багатшарової стінки. Література: [1-5] СРС. Виконання розрахунку за індивідуальним завданням. Література: [1-5]	2
2	Розрахунок коефіцієнта конвективної тепловіддачі при русі теплоносія в каналах різної геометрії. Література: [1-5] СРС. Виконання розрахунку за індивідуальним завданням. Література: [1-5]	2
3	Теплопередача в умовах вимушеної і вільної конвекції. Розрахунок секції теплообмінника типу «труба в трубі». Література: [1-5] СРС. Виконання розрахунку за індивідуальним завданням. Література: [1-5]	2
4	Теплопередача при поперечному обтіканні пучка труб. Розрахунок кожухотрубного теплообмінника. Література: [1-5] СРС. Виконання розрахунку за індивідуальним завданням. Література: [1-5]	2
5	Теплопередача при омиванні теплоносієм гофрованої пластини. Розрахунок пластинчастого теплообмінника. Література: [1-5] СРС. Виконання розрахунку за індивідуальним завданням. Література: [1-5]	2
6	Розрахунок гідравлічного опору теплообмінника. Література: [1-5] СРС. Виконання розрахунку за індивідуальним завданням. Література: [1-5]	2
7	Теплопередача при зміні агрегатного стану. Розрахунок вакуум-випарного апарату з природною циркуляцією. Література: [1-5]	2

8	Написання контрольної роботи із захисту практичних робіт	2
9	Модульна контрольна робота	2
	Всього годин	18

### **Лабораторні заняття**

У системі професійної підготовки студентів з дисципліни «Процеси і апарати біотехнологічних виробництв» лабораторні заняття займають 25 % аудиторного навантаження. Будучи доповненням до лекційного курсу, вони закладають і формують основи кваліфікації бакалавра по спеціальності Біотехнології та біоінженерія.

Основні завдання циклу лабораторних робіт:

- ознайомити студентів з методиками проведення експериментальних досліджень роботи апаратів, устаткування для реалізації механічних, гідромеханічних, тепло- та масо обмінних процесів;
- допомогти студентам набути досвід проведення експериментальних досліджень роботи апаратів, устаткування для реалізації механічних, гідромеханічних, тепло- та масо обмінних процесів;
- допомогти студентам набути досвід математичної обробки експериментальних даних, проведення їх аналізу та узагальнення результатів.

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)	Годин
1	Дослідження процесу теплообміну в теплообмінних апаратах типу «труба в трубі». СРС. Обробка результатів дослідження. Виконання розрахунків. Побудова графічних залежностей. Оформлення протоколу. Інформаційний ресурс [1-2]	4
2	Дослідження процесу кипіння і конденсації насиченої водяної пари на вертикальній поверхні. СРС. Обробка результатів дослідження. Виконання розрахунків. Побудова графічних залежностей. Оформлення протоколу. Інформаційний ресурс [1-2]	4
3	Дослідження процесу випарювання і концентрування розчину. СРС. Обробка результатів дослідження. Виконання розрахунків. Побудова графічних залежностей. Оформлення протоколу. Інформаційний ресурс [1-2]	4
4	Захист лабораторних робіт. Література [1-6]	6
	Всього годин	18

### **6. 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.

Самостійна робота призначена для поглиблення знань з даного курсу. Особливу увагу потрібно приділити вивченню конструкцій машин для переміщення рідин і газів (насосів, компресорів, вентиляторів), теплообмінних апаратів, сушарок, машин і апаратів для подрібнювання твердих матеріалів, розділення неоднорідних систем, перемішування, абсорбції, адсорбції, десорбції, ректифікації, кристалізації, розчинення, екстракції й мембранного розділення рідких і газоподібних систем і оформлення журналу конструкцій.

При самостійному вивченні студентами конструкцій машин, апаратів устаткування біотехнологічних виробництв, необхідно проаналізувати фактори, що впливають на



протікання процесів, рівень впливу на процес конструктивних особливостей апаратів, шляхи вдосконалення конструкцій, резерви для інтенсифікації ефективності процесів. 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.

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
<b>Розділ 1. Теплові явища та процеси в обладнанні біотехнологічних виробництв.</b>		
1	Основні математичні залежності термодинамічних параметрів. Механізми передачі теплоти в металах, діелектриках, напівпровідниках, рідинах, газах. Умови однозначності для стаціонарних і нестаціонарних режимів теплопровідності. Критерії і числа теплової і гідродинамічної подібності. Теплопровідність циліндричної і сферичної стінки. Вплив різних факторів на процес теплообміну при кипінні. Кризи кипіння. Тепловіддача при русі теплоносія в каналах складної геометрії. Типові і сучасні конструкції теплообмінників. Одно ходові, багатеходові кожухотрубні, трубчасті, типу «труба в трубі», змійовикові, зрошувальні та пластинчасті теплообмінники. Секціонування пластинчастих теплообмінників. Складний і нестаціонарний теплообмін. Література: [1-5]	20
<b>Розділ 2. Основи гідравліки. Переміщення рідин та газів. Гідравлічні машини і апарати біотехнологічних виробництв.</b>		
2	Гідравлічні машини та їх класифікація. Схема насосної установки. Насоси. Основні параметри насосів. Будова і принцип дії відцентрових та поршневих насосів. Визначення робочих точок. Регулювання подачі рідини відцентровим насосом. Поршневі ротаційні, водо кільцеві насоси, принцип їх дії, розрахунок продуктивності, ККД. Конструкції вентиляторів, газодувок, компресорів. Загальні відомості. Література: [1-5]	12
<b>Розділ 3. Масообмінні процеси в обладнанні біотехнологічних виробництв.</b>		
3	Фізична суть числа одиниць переносу. Залежність коефіцієнта масопередачі від окремих коефіцієнтів масовіддачі.	2
4	Підготовка до МКР	2
5	Підготовка до захисту практичних робіт	2
6	Підготовка до захисту лабораторних робіт	4
7	Підготовка до захисту альбому конструкцій	2
8	Підготовка до заліку	4
	Всього годин	<b>48</b>

## Політика та контроль

### 7. 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 форс-мажорних 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>

У випадку виявлення випадків академічної не доброчесності та плагіату в індивідуальних видах робіт студент зобов'язаний переробити даний вид робіт відповідно до власного варіанту завдання до моменту ліквідації академічної заборгованості (додаткова сесія).

## 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>

## 8. 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	МКР	Семестрова атестація
5	4	120	36	18	18	48	1	залік

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

- 1) Виконання та захист 7-ми завдань на практичних заняттях – 35 балів;
- 2) Виконання та захист 3-х лабораторних робіт – 32 бали;
- 3) МКР – 15 балів;
- 4) Виконання альбому конструкцій апаратів – 18 балів.

### Система рейтингових балів

#### 1. Виконання і захист практичних робіт.

Максимальна кількість балів за кожне практичне завдання дорівнює - 5, з яких 3 бали за повне правильне і вчасне виконання практичного завдання і 2 бали за захист практичного завдання. Сумарно за 7 практичних занять можливо отримати  $7 \times 5 = 35$  балів.

Виконання практичної роботи:

- «відмінно» – повне, правильне із можливими незначними неточностями, вчасне виконання під час самостійної роботи студента (СРС) – 2,7-3 балів;
- «добре» - повне, правильне із певними неточностями чи незначними помилками, вчасне виконання під час самостійної роботи студента (СРС) – 2,2-2,6 балів;
- «задовільно» - повне, але виконане із помилками практичне завдання та/або невчасне його виконання під час самостійної роботи студента (СРС) – 1,8 – 2,1 балів;
- «незадовільно» - не повне та/або виконання з грубими помилками чи невиконання практичного завдання під час самостійної роботи студента (СРС) – 0 балів.

**Захист практичної роботи:**

- «відмінно» – повна (не менше 90% потрібної інформації), правильна відповідь при захисті практичної роботи – 1,9 - 2 бали;
- «добре» – достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), в основному правильна із деякими неточностями при захисті практичної роботи – 1,5-1,8 балів;
- «задовільно» – не повна (не менше 60% потрібної інформації) та/або відповідь з помилками при захисті практичної роботи – 1,2-1,4 балів;
- «незадовільно» – не вірна відповідь при захисті практичної роботи – 0 балів.

## **2. Виконання і захист лабораторних робіт.**

Кількість лабораторних робіт – 3. Максимальна кількість балів на всіх лабораторних заняттях – 32 балів. Лабораторні роботи №1 і №3 оцінюються по 8 балів, а лабораторна робота №2 – 16 балів (бали подвоюються внаслідок складності і об'єму проведених розрахунків в даній роботі).

Оформлення протоколу лабораторної роботи та своєчасна обробка результатів експерименту оцінюється:

- «відмінно» – повне, правильне із можливими незначними неточностями, вчасне виконання під час самостійної роботи студента (СРС) – 3,8-4 балів;
- «добре» - повне, правильне із певними неточностями чи незначними помилками, вчасне виконання під час самостійної роботи студента (СРС) – 3-3,7 балів;
- «задовільно» - повне, але виконане із помилками лабораторне завдання та/або невчасне його виконання під час самостійної роботи студента (СРС) – 2,4-2,9 балів;
- «незадовільно» - не повне та/або виконання з грубими помилками чи невиконання лабораторного завдання під час самостійної роботи студента (СРС) – 0 балів.

**Своєчасний успішний захист лабораторної роботи:**

- «відмінно» – повна (не менше 90% потрібної інформації), правильна відповідь при захисті лабораторної роботи – 3,8-4 балів;
- «добре» – достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), в основному правильна із деякими неточностями при захисті практичної роботи – 3-3,7 балів;
- «задовільно» – не повна (не менше 60% потрібної інформації) та/або відповідь з помилками при захисті практичної роботи – 2,4-2,9 балів;
- «незадовільно» – не вірна відповідь при захисті практичної роботи – 0 балів.

## **3. Модульний контроль:**

Кількість модульних контрольних робіт – 1. Максимальна кількість балів - 15 балів.

Білет типової МКР складається з двох теоретичних питань і двох задач.

Максимальна кількість балів за теоретичне питання – 3,5 бали.

- «відмінно» – повна (не менше 90% потрібної інформації), правильна відповідь на теоретичне питання контрольної роботи – 3,2-3,5 балів;
- «добре» – достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), в основному правильна із деякими неточностями на теоретичне питання контрольної роботи – 2,6-3,1 балів;

- «задовільно» – не повна (не менше 60% потрібної інформації) та/або відповідь з помилками на теоретичне питання контрольної роботи – 2-2,5 балів;

- «незадовільно» – не вірна або відсутня відповідь на теоретичне питання контрольної роботи – 0 балів.

Максимальна кількість балів за виконання задачі – 4 балів.

- «відмінно» – повне, правильне із можливими незначними неточностями, вчасне виконання задачі – 3,8-4 балів;

- «добре» - повне, правильне із певними неточностями чи незначними помилками, вчасне виконання задачі – 3-3,7 балів;

- «задовільно» - повне, але виконаний із помилками розв'язок задачі та/або невчасне його виконання – 2,4-2,9 балів;

- «незадовільно» - не вірне виконання чи невиконання задачі – 0 балів.

#### **4. Альбом конструкцій.**

Максимальна кількість балів - 18 балів, з яких 9 балів за повне правильне, вчасне виконання згідно вимог альбому конструкцій і 9 балів за захист.

Виконання альбому конструкцій:

- «відмінно» - в повному обсязі, вчасно виконані всі вимоги до альбому конструкцій – 8,1-9 балів;

- «добре» - в повному обсязі, вчасно виконані майже всі вимоги до альбому конструкцій, або є несуттєві помилки – 6,5 – 8 балів;

- «задовільно» - є недоліки щодо виконання вимог до альбому конструкцій і певні помилки та/або не вчасне і не в повному обсязі виконання (але не менше 75%) – 5,4-6,4 балів;

- «незадовільно» - не відповідає вимогам до «задовільно» – 0 балів.

Захист альбому конструкцій:

- «відмінно» – повна (не менше 90% потрібної інформації), правильна відповідь при захисті альбому конструкцій – 8,1-9 балів;

- «добре» – достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), в основному правильна із деякими неточностями при захисті альбому конструкцій – 6,5 – 8 балів;

- «задовільно» – не повна (не менше 60% потрібної інформації) та/або відповідь з помилками при захисті альбому конструкцій – 5,4-6,4 балів;

«незадовільно» – не вірна відповідь при захисті альбому конструкцій – 0 балів.

**При виконанні індивідуальних самостійних завдань (звітів з лабораторних і практичних робіт та альбому конструкцій) не допускається використання в списку використаної літератури російськомовних джерел.**

**У випадку виявлення випадків академічної не добросовісності та плагіату в індивідуальних видах робіт студент зобов'язаний переробити даний вид робіт відповідно до власного варіанту завдання до моменту ліквідації академічної заборгованості (додаткова сесія).**

#### **Календарний контроль.**

Календарний контроль проводиться, як правило, на 7-8 та 14-15 тижнях кожного семестру навчання здобувачів, і реалізується шляхом визначення рівня відповідності поточних досягнень (рейтингу) здобувача встановленим і визначеним в РСО критеріям. Умовою отримання позитивної оцінки з календарного контролю з навчальної дисципліни є значення поточного рейтингу здобувача не менше, ніж 50 % від максимально можливого на час проведення такого контролю.

### **Допуск до заліку.**

До заліку допускаються студенти, які виконали всі види робіт передбачених у розділі **силабусу «PCO», пункти 1-4.**

У випадку, якщо певний вид робіт (практична робота, лабораторна робота, альбом конструкцій, МКР) надсилається викладачу на перевірку пізніше ніж за 5 днів до встановленої дати заліку, то студент є недопущеним і автоматично відправляється на додаткову сесію, як той що не виконав обсяг робіт необхідний для допуску до заліку, передбачений цим силабусом.

Максимальна сума балів складає 100. Для отримання заліку з кредитного модуля «автоматом» потрібно мати рейтинг не менше 60 балів.

Студенти, які на момент залікового тижня (основна сесія) є допущеними, але мають рейтинг менше 60 балів, а також ті, хто хоче підвищити оцінку, виконують залікову контрольну роботу. Студенти, які були недопущені мають виконати всі види робіт до моменту ліквідації академічної заборгованості (додаткова сесія) після чого вони виконують залікову контрольну роботу.

Контрольна робота складається з чотирьох питань різних розділів робочої програми з переліку, що наданий у методичних рекомендаціях до засвоєння кредитного модуля. Після написання залікової контрольної роботи, студент усно чи з використанням засобів відео зв'язку, в режимі реального часу, проходить співбесіду із викладачем по відповідям на завдання контрольної роботи.

Кожне завдання контрольної роботи максимально оцінюється у 25 балів відповідно до наступних критеріїв:

–«відмінно», повне виконання завдань контрольної роботи і правильні відповіді під час співбесіди (не менше 90% потрібної інформації) – 23-25 балів;

–«добре», достатньо повне виконання завдань контрольної роботи і переважно вірні відповіді з можливими неточностями під час співбесіди (не менше 75% потрібної інформації, з незначними неточностями) – 18,5-22 балів;

–«задовільно», неповне виконання завдань контрольної роботи та/або часткові або не точні відповіді під час співбесіди (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 15-18 балів;

–«незадовільно», не повне чи не вірне виконання завдань практичної роботи та/або незадовільні відповіді під час співбесіди (не відповідає вимогам на 15 балів) – 0 балів.

Сума балів за чотири завдання контрольної роботи переводиться до залікової оцінки згідно з таблицею:

<i>Кількість балів</i>	<i>Оцінка</i>
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

## **9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)**

### **Орієнтовний перелік питань, які виносяться на семестровий контроль**

- 1) Гідростатика. Основні поняття та визначення.
- 2) Фізичні властивості рідини.
- 3) Розподіл тиску по об'єму рідини. Закон Паскаля.
- 4) Диференційні рівняння рівноваги Ейлера. Основне рівняння гідростатики. Практичне застосування основного рівняння гідростатики.
- 5) Гідродинаміка. Основні поняття та визначення. Характеристики руху рідин.
- 6) Рівняння нерозривності потоку.
- 7) Диференційні рівняння руху Ейлера та Нав'є-Стокса.
- 8) Рівняння Бернуллі. Практичне застосування рівняння Бернуллі.
- 9) Визначення витрат рідини і середньої швидкості в круглій трубі. Формула Пуазейля. Гідродинамічна подібність.
- 10) Гідрравлічний опір в трубопроводах.
- 11) Рух тіл в рідинах. Турбулентний рух. Структура потоку. Товщина в'язкого підшару.
- 12) Втрати напору по довжині. Гідрравлічна шорсткість труб. Особливості гідрравлічного розрахунку трубопроводів для транспортування рідин.
- 13) Гідрравлічний удар в трубах. Рух рідини через зернисті та пористі шари. Гідродинаміка киплячих зернистих шарів.
- 14) Гідрравлічні машини та їх класифікація.
- 15) Схема насосної установки. Насоси. Основні параметри насосів.
- 16) Будова і принцип дії відцентрових та поршневих насосів. Визначення робочих точок. Регулювання подачі рідини відцентровим насосом.
- 17) Поршневі ротаційні, водо кільцеві насоси, принцип їх дії, розрахунок продуктивності, ККД.
- 18) Типи вентиляторів, газодувки, компресорів. Загальні відомості.
- 19) Теплові баланси.
- 20) Критерії теплової і гідродинамічної подібності.
- 21) Критеріальні рівняння для визначення коефіцієнтів тепловіддачі.
- 22) Передача тепла теплопровідністю, тепловим випромінюванням. Конвективний теплообмін. Теплопередача.
- 23) Нагрівання. Способи нагрівання, гріючі агенти. Охолоджувальні агенти.
- 24) Конструкції теплообмінників. Одно ходові, багатиходові кожухотрубні, трубчасті, типу «труба в трубі», змійовикові, зрошувальні та пластинчасті теплообмінники.
- 25) Особливості конструкції та розрахунок теплообмінних апаратів.
- 26) Однокорпусні випарні установки.
- 27) Матеріальні та теплові баланси.
- 28) Плівкові та роторні випарні установки.
- 29) Розрахунок випарних установок.
- 30) Розрахунок теплообмінних апаратів.

**Повний перелік питань, який буде винесено на залік, вимоги до виконання альбому конструкцій та теми, що будуть винесені на МКР буде надано і роз'яснено студентам впродовж семестру.**

**У разі виникнення непереборних обставин чи інших форс-мажорних ситуацій та за відповідного розпорядження по університету/факультету в силабус можуть бути внесені зміни, про які будуть повідомлені всі здобувачі.**

**Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):**

**Складено** к.т.н., доцент Костик С.І.

**Ухвалено** кафедрою біотехніки та інженерії (протокол № 13 від 19.06.2024 р.)

**Погоджено** Методичною комісією ФБТ (протокол № 19 від 28.06.2024 р.)