



# БІОТЕХНІЧНІ СИСТЕМИ І ТЕХНОЛОГІЇ

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

|  |   |
|--|---|
| Рівень вищої освіти                        | <i>Другий (магістерський)</i>   |
| Галузь знань                               | <i>16 Біотехнологія</i>   |
| Спеціальність                              | <i>162 Біотехнології та біоінженерії</i>  |
| Освітня програма                           | <i>Обладнання фармацевтичних та біотехнологічних виробництв</i>   |
| Статус дисципліни                          | <i>Нормативна</i>   |
| Форма навчання                             | <i>очна(денна)/дистанційна/змішана</i>  |
| Рік підготовки, семестр                    | <i>1 курс, весняний семестр</i>   |
| Обсяг дисципліни                           | <i>5 (150 годин)</i>  |
| Семестровий контроль/ контрольні заходи    | <i>іспит</i>  |
| Розклад занять                             | <i>2 години на тиждень (1 години лекційних, 1 година практичних занять)</i>   |
| Мова викладання                            | <i>Українська</i>   |
| Інформація про керівника курсу/ викладачів | Лектор: д.т.н., проф, зав. каф БТтаІ Мельник Вікторія Миколаївна<br>044-204-94-51, vmm71@i.ua<br>Практичні: ас. Косова Віра Петрівна 044-204-94-51, vera_62@ukr.net |
| Розміщення курсу                           | Кампус, Google classroom  |

### Програма навчальної дисципліни

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

*Біотехнічна система (БТС) - складна система, що об'єднує в єдиних рамках біологічні та технічні елементи. Дослідження БТС методами моделювання дозволяє вести проектування технічних елементів з урахуванням можливих змін параметрів біологічних елементів.*

*Метою дисципліни «Біотехнічні системи і технології» є взаємодія біотехнології і питань синтезу біотехнічних систем, що можливе на основі єдиного опису поведінки взаємопов'язаних біологічних і технічних об'єктів з позицій системного аналізу, теорії складних систем і прикладної біології.*

*Відповідно до освітньої програми дисципліна має забезпечувати:*

*Загальні компетентності:*

- Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології (ЗК-1)*
- Здатність до адаптації та дії в новій ситуації (ЗК-5)*

*Спеціальні (фахові) компетентності*

- Здатність створювати, удосконалювати та застосовувати кількісні математичні, наукові й технічні методи та комп'ютерні програмні засоби, застосовувати системний підхід для розв'язання інженерних задач галузевого машинобудування, зокрема, в умовах технічної невизначеності (СК-1)*

- Здатність здійснювати пошук оптимальних рішень при вирішенні задач наукових досліджень, проектування, обслуговування та модернізації обладнання з використанням комп'ютерних технологій, CAD-систем та інших прикладних програм (СК-6)
- Застосовувати нові сучасні методи розроблення технологічних процесів виготовлення виробів і об'єктів у сфері професійної діяльності з визначенням раціональних технологічних режимів роботи спеціального устаткування (СК-9)

#### Програмні результати навчання

- Знати і розуміти процеси галузевого машинобудування, мати навички їх практичного використання (РН-3)
- Відшукувати потрібну наукову і технічну інформацію в доступних джерелах, зокрема, іноземною мовою, аналізувати і оцінювати її (РН-6)
- Знання і розуміння сучасних тенденцій розвитку фармацевтичної та біотехнологічної галузі у використанні ефективного устаткування (РН-9)

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

Дисципліна ґрунтується на знаннях, одержаних студентами при вивченні навчальних дисциплін, а саме - математика, фізика, інформатика, автоматизація та основи автоматики (теорія автоматичного керування), електротехніка.

Забезпечує вивчення дисциплін: прилади та системи неруйнівного контролю, наукова робота за темою магістерської дисертації, переддипломна практика, виконання магістерської дисертації

#### 3. Зміст навчальної дисципліни

##### **Розділ 1. Біологічна та біотехнічна системи як об'єкт дослідження**

Тема 1.1. Біологічна та біотехнічна системи, як об'єкт дослідження. Основні поняття

Тема 1.2. Класифікація та способи опису біологічної та біотехнічної систем

Тема 1.3. Системні аспекти управління. Основні функціональні характеристики складних систем

Тема 1.4. Розгляд організму з позицій системного аналізу біологічної системи. Функціональні системи організму

Тема 1.5. Визначення, загальні властивості і принципи синтезу біотехнічних систем

Тема 1.6. Класифікація біотехнічних систем

Тема 1.7. Типи і засоби управління

##### **Розділ 2. Біотехнічні системи медичного призначення**

Тема 2.1. Біотехнічні аспекти моніторних систем. Класифікація моніторних систем

Тема 2.2. Використання терапевтичних засобів в біотехнічних системах

Тема 2.3. Інструментальні, обчислювальні та мікропроцесорні моніторні системи.

##### **Розділ 3. Біотехнічні системи лабораторного призначення**

Тема 3.1. Методи і засоби лабораторного аналізу

Тема 3.2. Біологічні аспекти систем лабораторного аналізу

Тема 3.3. Тенденції розвитку біотехнічних систем для лабораторного аналізу

#### 4. Навчальні матеріали та ресурси

##### Базова

1. Чутники електромагнітного випромінювання для біотехнічних досліджень / Г.С. Тимчик, В.І. Скицюк, М.А. Вайнтрауб, Т.Р. Клочко. - К.: МП Леся, 2004. - 64 с.
2. Тимчик Г.С. Операційні властивості когерентних оптичних спектроаналізаторів при освітленні вхідного транспаранта випромінюванням, які містять вищі моди ГаусаЕрміта // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології, 2002. - № 1. - С. 131-136.
3. Ідентифікація та моделювання технологічних об'єктів. Навчальний посібник. / В.Лисенко, Є.Чернишенко, В.Решетюк, В.Мірошник, Н.Заєць, І.Цигульов. - К.: АграрМедіаГруп, 2016. - 476 с.
4. Методи синтезу та аналізу систем автоматичного керування в АПК/ В.Лисенко, В. Решетюк, В.Мірошник, Н.Заєць - К.: КомПрінт, 2017. - 621 с.
5. Математичне моделювання систем і процесів: навч. посіб. /Павленко П.М., Філоненко С.Ф., Чередніков О.М., Трейтяк В.В. - К.: НАУ, 2017. - 392 с.

6. Основи біотехнічних систем та їх моделювання./ Гліненко Л.К., Павлиш В.А., Фаст В.М., Яковенко Є.І., - Львів.: Видавництво ЛП, 2020. - 380 с.
7. Моделювання та оптимізація систем: Підручник./ Дубовий В.М., Кветний Р.Н., Михальов О.І., Усов А.В., - Вінниця.: ПП «ТД Едельвейс», 2017. - 804 с.
8. Томашевський В.М. Моделювання систем. Підручник. - К.: Видавнича група ВНУ. 2015. - 352 с.
9. Процеси, системи та обладнання виробництва біогазу / Поліщук В.М., Шворов С.А., Войтюк В.Д., Мірошник В.О. , К.: НУБіП України, 2019. - 542 с.
10. Оптимізація процесів переробки сільськогосподарської сировини./ Мірошник В. О., Гачковська М. А., Кишенько В. Д., Грабовська О. В. - К.: Видавництво: "КОМПРИНТ". 2019. - 480 с.
11. Lysenko V. Methods and Models of Intellectual Decision-Making Support for Automatized Control of Flexible Integrated Manufacturing/ Lysenko V., Reshetiuk V., Komarchuk D.- Warsaw, SGGW, 2016. - 336 с.
12. Моделювання процесів та обладнання харчових виробництв. / Поперечний А.М., Потапов В.О., Корнійчук В.Г. - К.: Центр навчальної літератури, 2019.- 312 с.
13. Ситнік В.Ф., Орленко Н.С. Імітаційне моделювання. Навч.-метод. Посібник для самост. вивч. дисцип. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://ua1lib.org/book/3029818/445f18>
14. Бортняк І.В. Імітаційне моделювання. Методичні рекомендації. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://194.44.152.155/elib/local/1032.pdf>
15. Підручник з моделювання. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://ermak.cs.nstu.ru/-shalag/enter.html>.
16. Фотоплетизмографічні технології контролю серцево-судинної системи: (Монографія) / С.В.Павлов, В.П.Кожем'яко, В.Г.Петрук, П.Ф. Колісник - Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2007.-254 с.
17. *Біотехнічні системи і технології. Комп'ютерний практикум [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 133 «Галузеве машинобудування», освітньої програми «Обладнання фармацевтичних та біотехнологічних виробництв» /КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: В. М. Мельник, О. В. Воробйова. – Електронні текстові дані (1 файл: 3,6 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 80 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/33484>*
18. Мустецов Т. М. Теорія біотехнічних систем : навчальний посібник / Т. М. Мустецов, А. С. Нечипоренко. – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2015. – 188 с

#### Додаткова

1. Реєстрація, обробка та контроль біомедичних сигналів : навчальний посібник / В. Г. Абакумов, С. М. Злепко, З. Ю. Готра та ін. – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 352 с.
2. Біотехнічні системи медичного призначення : лабораторний практикум / С. М. Злепко, О. В. Белоусова, Д. Х. Штофель, І. С. Тимчик. – Луцьк : СПД Галяк Жанна Володимирівна, 2011. – 88 с.
3. Злепко С. М. Біотехнічні системи медичного призначення. Ч. 1. Біологічні та біотехнічні системи як об'єкти дослідження : навч. посіб. / С. М. Злепко, М. М. Данильчук, Л. В. Загоруйко. – Вінниця : ВНТУ, 2008. – 76 с.
4. Tuchin V. Handbook of Optical Biomedical Diagnostics.- Bellingham. SPIE, 2002. - 1093 P.
5. Яне Б. Цифровая обработка изображений / Б. Яне. -М.: Техносфера, 2007. -584 с.
6. Dougherty G. Digital Image Processing for Medical Applications / Geoff Dougherty -2009. - 462 p.
7. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений в среде MATLAB / Р. Гонсалес, Р. Вудс, С. Эддинс. -М.: Техносфера, 2006. -616 с.
8. Lim, Jae S. Two-Dimensional Signal and Image Processing / S. Jae Lim.-1989. - 694p.[5]Павлов С. В. Оброблення біомедичних зображень із застосуванням швидкого перетворення Фур'є / С. В. Павлов, Д. В. Вовкотруб, Р. Ю. Довголюк // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні те-хнології. -2011. -No2. -С. 96-101.

## Інформаційні ресурси

1. <http://bioengineering.kpi.ua/ua/studentam/biblioteka-fakhovoi-literatury>
2. <http://library.kpi.ua/>
3. <http://www.nbuu.gov.ua/>

## Навчальний контент

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

#### Лекційні заняття

| № з/п | Назва теми лекції та перелік основних питань<br>(перелік дидактичних засобів, завдання на СРС з посиланням на літературу)  |
|-------|--|
| 1     | <b>Лекція 1.</b> Біологічна та біотехнічна системи, як об'єкт дослідження. Основні поняття. Системний підхід до вивчення об'єктів живої і неживої природи Література [1-3]. СРС. Системний підхід до вивчення об'єктів живої і неживої природи Класифікація та способи опису біологічної та біотехнічної систем Література [1-3]. СРС. Структурні схеми основних типів біотехнічних систем |
| 2     | <b>Лекція 2.</b> Системні аспекти управління. Основні функціональні характеристики складних систем. Література [1-3]. СРС. Фізичні принципи функціонування біотехнічних систем Розгляд організму з позицій системного аналізу біологічної системи. Функціональні системи організму Література [1-5]. СРС. Загальна схема функціональної системи  |
| 3     | <b>Лекція 3.</b> Визначення, загальні властивості і принципи синтезу біотехнічних систем Література [1-5]. СРС. Основні етапи синтезу біотехнічних систем Класифікація біотехнічних систем. Література [1-5]. СРС. Целостний організм. Принцип роботи.   |
| 4     | <b>Лекція 4.</b> Типи і засоби управління. Література [1-5]. СРС. Біотехнічні системи для неінвазивної діагностики. Томограф Біотехнічні аспекти моніторних систем. Класифікація моніторних систем. Література [1-5]. СРС. Мобільні моніторні системи  |
| 5     | <b>Лекція 5.</b> Використання терапевтичних засобів в біотехнічних системах Література [1-5]. СРС. Біостимулятори. Фізичні принципи функціонування   |
| 6     | <b>Лекція 6.</b> Інструментальні, обчислювальні та мікропроцесорні моніторні системи. Література [1-5]. СРС. Структурні особливості інструментальних, обчислювальних та мікропроцесорних систем для контролю   |
| 7     | <b>Лекція 7.</b> Методи і засоби лабораторного аналізу Література [1-5]. СРС. Задачі медичної лабораторної служби.   |
| 8     | <b>Лекція 8.</b> Біологічні аспекти систем лабораторного аналізу Література [1-5]. СРС. Мобільні моніторні системи   |
| 9     | <b>Лекція 9.</b> Тенденції розвитку біотехнічних систем для лабораторного аналізу Література [1-5]. СРС. Сучасний розвиток біотехнічних систем для лабораторного аналізу   |

## Практичні заняття

Основні завдання циклу практичних занять - закріпити знання, отриманні при вивченні теоретичного курсу, розширити знання, пов'язаних з певними проблемами, пошук нового у вже відомому, перенесення знань у нові ситуації та умови. Практичне використання теоретичних знань в умовах, що моделюють форми діяльності науковців, предметний та соціальний контекст біотехнічних систем і технологій

| № з/п | Назва теми заняття   |
|-------|--|
| 1     | Практичне заняття 1-2. ВИМІРЮВАЛЬНІ ПРИЛАДИ [1-7]  |
| 2     | Практичне заняття 3-4. МЕТОДИКИ БІОМЕТРИЧНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ЗАБОРУ КРОВІ [9-12]   |
| 3     | Практичне заняття 5-6. МЕТОДИКА ІДЕНТИФІКАЦІЇ СИСТЕМИ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ ПЕРЕХІДНОЇ ФУНКЦІЇ. ОЦІНКА СПЕКТРАЛЬНОЇ ЩІЛЬНОСТІ СТАЦІОНАРНОГО ЕРГОДИЧНОГО ПРОЦЕСУ [11, 13, 14, 17] |
| 4     | ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 7-8. МЕТОДИКА ІДЕНТИФІКАЦІЇ СИСТЕМИ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ ПЕРЕХІДНОЇ ФУНКЦІЇ. ПРОЦЕДУРА "ВИБІЛЮВАННЯ" СТОХАСТИЧНОГО ПРОЦЕСУ [9, 15, 18, 19]                    |
| 5     | ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 9. МЕТОДИ ПОПЕРЕДНЬОЇ ОБРОБКИ ТОМОГРАФІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ [3, 8, 11]   |
|       | Практичне заняття 9. Виконання МКР   |

## Самостійна робота студента

| № з/п | Назви тем і питань, що виносяться на самостійне опрацювання та посилання на навчальну літературу      | Кількість годин СРС |
|-------|---|---------------------|
| 1     | Системний підхід до вивчення об'єктів живої і неживої природи [1-6]                                   | 4                   |
| 2     | Структурні схеми основних типів біотехнічних систем [1-6]   | 4                   |
| 3     | Фізичні принципи функціонування біотехнічних систем [1-6]   | 4                   |
| 4     | Загальна схема функціональної системи [1-6]   | 4                   |
| 5     | Основні етапи синтезу біотехнічних систем [1-6]   | 4                   |
| 6     | Целостний організм. Принцип роботи. [1-6]   | 4                   |
| 7     | Біотехнічні системи для неінвазивної діагностики. Томограф [1-6]                                      | 4                   |
| 8     | Мобільні моніторні системи [1-6]  | 4                   |
| 9     | Структурні особливості інструментальних, обчислювальних та мікропроцесорних систем для контролю [1-6] | 4                   |
| 10    | Біостимулятори. Фізичні принципи функціонування [1-6]   | 4                   |
| 11    | Основні види біотехнічних систем лабораторних аналізів [1-6]  | 4                   |
| 12    | Задачі медичної лабораторної служби [1-6]   | 4                   |
| 13    | Мобільні моніторні системи [1-6]  | 4                   |
| 14    | Сучасний розвиток біотехнічних систем для лабораторного аналізу [1-6]                                 | 4                   |

## Політика та контроль

### 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**

- 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 недоброчесної 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>

### **Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)**

*Поточний контроль: МКР, відповіді на практичних заняттях та стартовий рейтинг не менше 26 балів*

*Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.*

*Семестровий контроль: екзамен*

*Умови допуску до семестрового контролю: зарахування усіх практичних робіт, МКР та ДКР.*

*Рейтинг студента з кредитного модуля розраховується виходячи із 100-бальної шкали, з них 50 бали складає стартова шкала. Стартовий рейтинг (протягом семестру) складається з балів, що студент отримує за:*

*1) п'ять доповідей на семінарських заняттях –  $5 \times 5 = 25$  балів;*

*2) виконання та захист МКР –  $1 \times 10 = 10$  балів;*

*3) домашня контрольна робота – 15 балів.*

*Умовою першої атестації є отримання не менше 16 балів та виконання всіх практичних (на час атестації). Умовою другої атестації – отримання не менше 36 балів, виконання всіх практичних (на час атестації) та зарахування МКР та ДКР*

*На екзамені студенти виконують письмову контрольну роботу. Кожне завдання містить два теоретичних запитання (завдання) і одне практичне. Перелік запитань наведений у Рекомендаціях до засвоєння кредитного модуля. Кожне запитання (завдання) оцінюється за такими критеріями:*

*для теоретичних питань:*

*- повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 15-14 балів;*

*- достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації, або незначні неточності) – 13-11 балів;*

*- неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 10-9 балів.*

*для практичного питання:*

*- повне безпомилкове розв'язування завдання – 20-18 балів;*

*- повне розв'язування завдання з несуттєвими неточностями – 17-15 балів;*

*- завдання виконане з певними недоліками – 14-12 балів.*

*6. Сума стартових балів та балів за екзаменаційну контрольну роботу переводиться до*

екзаменаційної оцінки згідно з таблицею:

Таблиця 1 відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

| 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  |

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

Питання, які виносяться на семестровий контроль

Теоретичні запитання:

1. *Поняття та класифікація за ознакою БТС*
2. *Функціональні характеристики біотехнічних систем*
3. *Медичні біотехнічні системи*
4. *Синтез структури моніторних систем*
5. *БТС в лабораторному аналізі*
6. *Технічні ланки формування лікувального впливу*
7. *Основні положення теорії ідентифікації*
8. *Класифікація систем*

Практичні запитання:

1. За допомогою програми MatLab Simulink визначити матричні коефіцієнти A, B, C, D моделі простору станів

$$\begin{cases} Z^{\square} = AZ + BX \\ Y = CZ + DX' \end{cases} \text{ терапевтичної БТС, якщо об'єкт описується диференціальним рівнянням:}$$

$$F(s) = \frac{\quad}{s^4 + 7s^2 + 9}$$

2. За допомогою програми MatLab Simulink визначити матричні коефіцієнти A, B, C, D моделі простору станів

$$\begin{cases} Z^{\square} = AZ + BX \\ Y = CZ + DX' \end{cases} \text{ терапевтичної БТС, якщо об'єкт описується диференціальним рівнянням:}$$

$$F(s) = \frac{5s + 1}{2s^3 + 4s^2 + s + 5}$$

3. За допомогою програми MatLab Simulink визначити матричні коефіцієнти A, B, C, D моделі простору станів

$$\begin{cases} Z^{\square} = AZ + BX \\ Y = CZ + DX' \end{cases} \text{ терапевтичної БТС, якщо об'єкт описується диференціальним рівнянням:}$$

$$F(s) = -3 \frac{s^2 + 3s + 5}{s + 7s + 5s + 2}$$

4. За допомогою програми MatLab Simulink визначити матричні коефіцієнти A, B, C, D моделі простору станів

$$\begin{cases} Z^{\square} = AZ + BX \\ Y = CZ + DX' \end{cases}$$

терапевтичної БТС, якщо об'єкт описується диференціальним рівнянням:

$$F(s) = \frac{s + 5}{2s^3 + 3s^2 + 4s + 5}$$

5. Рідина охолоджується в теплообміннику типу «труба в трубі». Охолоджувана рідина та холодоагент рухаються паралельно (прямотоком). Потрібно визначити температури потоків на виході теплообмінника, якщо початкова температура охолоджуваної рідини дорівнює  $170\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а холодоагенту  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Щільність охолоджуваної рідини і холодоагенту  $\rho = 900\text{ кг/м}^3$ . Діаметри труб теплообмінника: внутрішньої  $D_1 = 0,5\text{ м}$ , зовнішньої (для холодоагенту)  $D_2 = 1\text{ м}$ . Довжина теплообмінника  $L = 3\text{ м}$ . Теплоємність рідини і холодоагенту  $c_p = 3 \cdot 10^4\text{ Дж/(кг}\cdot^{\circ}\text{C)}$ . Об'ємний витрата охолоджуваної рідини  $G_1 = 2,5 \cdot 10^{-4}\text{ м}^3/\text{с}$ , холодоагенту  $G_2 = 6 \cdot 10^{-4}\text{ м}^3/\text{с}$ , коефіцієнт теплопередачі  $K = 5000\text{ Вт/(м}^2\cdot^{\circ}\text{C)}$ . Яка температура рідини при виході?
6. Рідина охолоджується в теплообміннику типу «труба в трубі». Охолоджувана рідина та холодоагент рухаються паралельно (прямотоком). Потрібно визначити температури потоків на виході теплообмінника, якщо початкова температура охолоджуваної рідини дорівнює  $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а холодоагенту  $12\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Щільність охолоджуваної рідини і холодоагенту  $\rho = 600\text{ кг/м}^3$ . Діаметри труб теплообмінника: внутрішньої  $D_1 = 0,4\text{ м}$ , зовнішньої (для холодоагенту)  $D_2 = 0,9\text{ м}$ . Довжина теплообмінника  $L = 5\text{ м}$ . Теплоємність рідини і холодоагенту  $c_p = 3 \cdot 10^3\text{ Дж/(кг}\cdot^{\circ}\text{C)}$ . Об'ємний витрата охолоджуваної рідини  $G_1 = 3 \cdot 10^{-4}\text{ м}^3/\text{с}$ , холодоагенту  $G_2 = 6,5 \cdot 10^{-4}\text{ м}^3/\text{с}$ , коефіцієнт теплопередачі  $K = 3800\text{ Вт/(м}^2\cdot^{\circ}\text{C)}$ . Яка температура рідини при виході?

**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 № 16 від 24.06.2022 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету біотехнології і біотехніки (протокол № 10 від 30.06.2021 р.)