



# Автоматизація фармацевтичних і біотехнологічних виробництв

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	16 Хімічна інженерія та біоінженерія
Спеціальність	<i>162 Біотехнології та біоінженерії</i>
Освітня програма	ОНП Біотехнології
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>5 кредити (150 годин): лекції – 36 год; практичні – 18 год.; СРС – 96 год</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Іспит, дкр, мкр</i>
Розклад занять	<i>3 години на тиждень (2 години лекційних занять, 1 практичних робіт)</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: д.т.н., проф, зав. каф БТтаІ Мельник Вікторія Миколаївна 044-204-94-51, vmm71@i.ua 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

Автоматизація фармацевтичних та біотехнологічних виробництв створює певні техніко-економічні переваги в усіх галузях України. Вона змінює характер і умови праці на виробництві. Скорочується до мінімуму трудові затрати, понижуються психологічне перенавантаження працівника, на ньому залишається лише функції перенастроювання автоматичних систем на нові режими та участь в ремонтно-налагоджувальних роботах. Впровадження автоматизації приносить значний економічний ефект за рахунок заощадження енергетичних ресурсів, збільшення виробничих потужностей та підвищення якості продукції.

Автоматизація фармацевтичних та біотехнологічних виробництв направлена на покращення показників мікробіологічної технології: збільшення кількості продукції, покращення її якості та зниження собівартості завдяки впровадженню автоматичних систем. Виробництво на основі біотехнології та фармацевції носять багатостадійний характер. Процеси культивування мікроорганізмів проводяться в багатофазних гетерогенних системах з використанням багатокомпонентних живильних середовищ в умовах складних біохімічних механізмів регуляції росту біомаси, підтримання температурного режиму, що і призводить до гострої необхідності автоматичного регулювання цих процесів.

Метою вивчення дисципліни «Автоматизація фармацевтичних та біотехнологічних виробництв» є формування у здобувачів вищої освіти теоретичних, практичних засад та принципів пов'язаних з прийняттям рішень відносно інтенсифікації існуючих біотехнологічних виробництв, направлених на покращення показників якості фармацевтичного та біотехнологічного виробництва.

Відповідно до освітньої програми дисципліна має забезпечувати:

Загальні компетентності:

- Здатність проведення досліджень на відповідному рівні
- Здатність планувати та управляти часом
- Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій

Фахові компетентності

- Здатність розробляти нові біотехнологічні об'єкти і технології та підвищувати ефективність існуючих технологій на основі експериментальних та/або теоретичних досліджень та/або комп'ютерного моделювання
- Здатність застосовувати фундаментальні наукові факти, концепції, теорії, принципи для розв'язування професійних задач і практичних проблем біотехнології
- Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт
- Здатність втілювати інженерні розробки у галузевому машинобудуванні з урахуванням технічних, організаційних, правових, економічних та екологічних аспектів за усім життєвим циклом машини: від проектування, конструювання, експлуатації, підтримання працездатності, діагностики та утилізації.
- Здатність оцінювати техніко-економічну ефективність типових систем та їхніх складників на основі застосовування аналітичних методів, аналізу аналогів та використання доступних даних.
- Здатність реалізовувати творчий та інноваційний потенціал у проектних розробках в сфері галузевого машинобудування
- Здатність систематичного вивчення та аналізу науково-технічної інформації, вітчизняного й закордонного досвіду з відповідного профілю підготовки
- Здатність брати участь у роботах зі складання наукових звітів з виконаних завдань та у впровадженні результатів досліджень і розробок у галузі машинобудування

Програмні результати навчання

- Вміти обирати та застосовувати найбільш придатні методи математичного моделювання та оптимізації при розробленні науково-технічних проектів
- Вміти розробляти, обґрунтовувати та застосовувати методи та засоби захисту та навколишнього середовища від небезпечних факторів техногенного та біологічного походження
- Знання і розуміння засад технологічних, фундаментальних та інженерних наук, що лежать в основі галузевого машинобудування відповідної галузі
- Аналізувати інженерні об'єкти, процеси та методи.
- Готувати виробництво та експлуатувати вироби, застосовуючи автоматичні системи підтримування життєвого циклу
- Обирати і застосовувати потрібне обладнання, інструменти та методи.

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

Дисципліна «Автоматизація фармацевтичних та біотехнологічних виробництв» базується на знаннях, одержаних студентами при вивченні навчальних дисциплін, а саме: математики, інформатики, процесів і апаратів біотехнологічних виробництв, реакторів біотехнологічних виробництв.

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

#### *Розділ 1. ПРОЦЕСИ І АПАРАТИ БІОТЕХНОЛОГІЇ*

*Тема 1. Типи біотехнологічних процесів та основні вимоги до їх реалізації*

*Тема 2. Передферментаційні процедури*

*Тема 3. Проведення процесів ферментації*

*Тема 4. Апарати та обладнання біотехнології*

#### *Розділ 2. ОСНОВИ ВИМІРЮВАНЬ В БІОТЕХНОЛОГІЇ*

*Тема 1. Принципи класичних вимірювань, що застосовуються в біотехнології*

*Тема 2. Вимірювання величин, специфічних для біотехнології*

#### *Розділ 3. ЗАСТОСУВАННЯ КЛАСИЧНИХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ, ДЛЯ УПРАВЛІННЯ БІОТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ*

*Тема 1. Основні принципи побудови систем управління із застосуванням класичних алгоритмів*

*Тема 2. Динамічні характеристики типових регуляторів*

*Тема 3. Приклади застосування типових алгоритмів для управління біотехнологічними процесами*

#### *Розділ 4. АПАРАТУРА І РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ БІОТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ*

*Тема 1. Біотехнологічна апаратура і прилади управління*

### **4. Навчальні матеріали та ресурси**

*Базова література:*

- 1. Гончаренко Б.М., Осадчий С.І., Віхрова Л.Г., Каліч В.М., Дідик О.К. Автоматизація виробничих процесів. Навчальний посібник – Кіровоград: Видавець – Лисенко В.Ф., 2016 – 352 с.*
- 2. Математичне моделювання процесів і систем [Електронний ресурс] : Навч. посіб. / А. І. Жученко, Л. Р. Ладієва, М. С. Піргач, Я. Ю. Жураковський; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові данні (1 файл: 5,6 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 351 с.*
- 3. Жученко А. І. Математичні моделі цифрових систем керування [Текст]: на-вч. посіб. / А. І. Жученко. – К.: ІЗМН, 1997.–240 с. Бібліогр.: С. 235. –300 пр. – ISBN 5-7762-9025-7.*
- 4. Кваско, М. З. Проектування і дослідження систем автоматичного керування технологічними процесами [Текст]: навч. посіб./ М. З. Кваско, М. С. Піргач, Т. В. Аверіна. – К.: ІВЦ "Видавництво «Політехніка»", 2003. – 360 с.*
- 5. Стенцель Й.І. Автоматика та автоматизація хіміко-технологічних процесів.–Луганськ, 2004.– 375с.*
- 6. Стенцель Й.І. Автоматизація технологічних процесів хімічних виробництв.–К.:ІСДО, 1995.– 360с.*
- 7. Кваско, М. З. Математичне моделювання та ідентифікація одно- і багатовимірних систем [Текст]: навч. посіб. / М. З. Кваско, Л. Р. Ладієва, М. С. Піргач. – К.: НТУУ «КПІ», 2006, – 308с. Бібліогр.: С.277 – 278.*

*Додаткова література:*

- 8. Кваско, М. З. Динамічні властивості напірного ящика з повітряною подушкою як об'єкта керування витратою маси/ М. З. Кваско, М. С. Піргач, Я. Ю. Жураковський// «Контроль і управління в складних системах». XI Міжнародна конференція. Тези доповідей. 9 – 11 жовтня 2012 р. – Вінниця: ВНТУ, 2012, – С. 190.*
- 9. Сілін Р.І., Стадник Я.Ф., Третько В.В. Збірник задач з основ автоматики і автоматизації виробничих процесів. – Хмельницький: ХНУ, 2005. Гриф "Рекомендовано як навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів" надано Міністерством освіти і науки України, лист № 1/11-6356 від 10.12. 2004. – 211 с.*
- 10. Автоматизація технологічних процесів і виробництв харчової промисловості: Підручник/ Ладанюк А.П.,Трегуб В.Г., Ельперін І.В., Цюцюра В.Д. – К.: Аграрна освіта, 2001 – 224 с.*

11. Ладанюк А.П. Теорія автоматичного керування: курс лекцій (частина перша) – К.: НУХТ, 2004 –124 с.
12. Попович М.Г., Ковальчук О.В. Теорія автоматичного керування: Підручник. – К.: Либідь, 1997. – 544 с.
13. Проектування реакторів біотехнологічних та фармацевтичних виробництв [Електронний ресурс] : навчальний посібник / НТУУ «КПІ» ; уклад.: Л. І. Ружинська, І. А. Буртна, В. М. Поводзинський, В. Ю. Шибецький. – Електронні текстові дані (1 файл: 10,7 Мбайт). – Київ : НТУУ «КПІ», 2014. – 131 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/26741>

## Навчальний контент

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

#### Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)	Годин
1	<b>Лекція 1-2.</b> Типи біотехнологічних процесів та основні вимоги до їх реалізації. Література: [1, 5]. СРС: Основні етапи підготовки фармацевтичного обладнання. Література: [8, 9]. Транспорт і дозування компонентів поживних середовищ. Приготування рідких середовищ. Стерилізація поживних середовищ Література: [1, 2, 3] СРС: Дозування рідких стерильності живильних середовищ і інших рідких компонентів: піногасники, коригує рН розчинів, середовищ для підживлення. Стерилізація повітря Література: [8, 9, 10]	4
2	<b>Лекція 3-4.</b> Проведення процесів ферментації. Література: [5] СРС: Класифікація автоматичного обладнання та технологічних процесів. Література: [1, 2, 6]. Апарати та обладнання біотехнології. Література: [4, 5] СРС: Сучасне обладнання біотехнології. Google classroom	4
3	<b>Лекція 5-6.</b> Принципи класичних вимірювань, що застосовуються в біотехнології. Вимір температури, тиску, витрати газів та рідин. Література: [1, 2]. СРС: Сучасне обладнання вимірювання температури, тиску, витрати газів та рідин. Google classroom	4
4	<b>Лекція 7-8.</b> Вимірювання швидкості обертання мішалки, потужності, обсягу і маси середовища ферментації Література: [1, 2] СРС: Сучасне обладнання для вимірювання швидкості обертання мішалки, потужності, обсягу і маси середовища ферментації Google classroom Вимірювання в'язкості середовища ферментації, рН, окислювально-відновного потенціалу, концентрації кисню і діоксиду вуглецю в вихідних газах. Література: [1, 2, 3]. СРС: Сучасне обладнання для вимірювання в'язкості середовища ферментації, рН, окислювально-відновного потенціалу, концентрації кисню і діоксиду вуглецю в вихідних газах. Google classroom	4
5	<b>Лекція 9-10.</b> Вимірювання концентрації розчиненого кисню. Вимірювання швидкості споживання кисню мікроорганізмами в біотехнологічних процесах Література: [1, 2, 3]. СРС: Сучасне обладнання для вимірювання розчиненого кисню Вимірювання кількості розчиненого діоксиду вуглецю, рівня піни Література: [1, 2, 3]. СРС: Сучасне обладнання для вимірювання кількості розчиненого діоксиду вуглецю, рівня піни	4

6	<b>Лекція</b> 11-12. Вимірювання концентрації мікроорганізмів, субстратів і продуктів Література: [1, 2, 3]. СРС: Сучасне обладнання для вимірювання концентрації мікроорганізмів, субстратів і продуктів Основні принципи побудови систем управління із застосуванням класичних алгоритмів Література: [1, 2, 3]. СРС: Вхідні та вихідні, керуючі та збуджуючі дії (змінні, впливи, координати), похибка. Принципи керування: розімкнені, замкнені та комбіновані системи керування	4
7	<b>Лекція</b> 13-14. Динамічні характеристики типових регуляторів Література: [1, 2, 3] СРС: Передатні функції цифрових систем керування Приклади застосування типових алгоритмів для управління біотехнологічними процесами. Одноконтурні системи управління Література: [1, 2, 3]	4
8	<b>Лекція</b> 15-16. Системи з компенсацією збурень та каскадного управління. багатозв'язкові системи управління Література: [1, 2, 3] Налаштування регуляторів з типовими алгоритмами. Література: [4, 5] СРС: П-, ПІ- та ПІД-регулятори Література: [4-6]	4
9	<b>Лекція</b> 17-18. Біотехнологічне обладнання і прилади управління. Література: [1, 10]. СРС: функціональні схеми систем автоматизації технологічних процесів. Література: [4-6]	4
	Всього	36

#### Практичні

Основні цілі практичних занять – закріпити знання, отриманні при вивченні теоретичного курсу. Набути навичок побудови принципової, функціональної та структурної схем систем автоматизації технологічним обладнанням фармацевтичного і мікробіологічного виробництва; визначати похибки систем автоматизації з типовими регуляторами.

№ з/п	Назва теми заняття
1	<b>ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 1-2.</b> ДИФЕРЕНЦІАЛЬНІ РІВНЯННЯ І ПЕРЕДАТОЧНІ ФУНКЦІЇ ДИНАМІЧНИХ ЛАНОК ТА СИСТЕМ
2	<b>ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 3-4.</b> ЧАСТОТНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИНАМІЧНИХ ЛАНОК, СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ І КЕРУВАННЯ.
3	<b>ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 5-6.</b> СТІЙКІСТЬ ЛІНІЙНИХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ
4	<b>ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 7-8.</b> СТАТИЧНА ТА ДИНАМІЧНА ТОЧНІСТЬ РЕГУЛЮВАННЯ
5	<b>Практичне заняття 9.</b> ПОБУДОВА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ БІОТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

## 5. Самостійна робота студента/аспіранта

№ п/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Години на СРС
1	Основні етапи підготовки фармацевтичного обладнання	4
2	Дозування рідких стерильності живильних середовищ і інших рідких компонентів: піногасники, коригує РН розчинів, середовищ для підживлення. Стерилізація повітря	4
3	Класифікація автоматичного обладнання та технологічних процесів	6
4	Сучасне обладнання біотехнології	6
5	Сучасне обладнання вимірювання температури, тиску, витрати газів та рідин	6
6	Сучасне обладнання для вимірювання швидкості обертання мішалки, потужності, обсягу і маси середовища ферментації	6
7	Сучасне обладнання для вимірювання в'язкості середовища ферментації, рН, окислювально-відновного потенціалу, концентрації кисню і діоксиду вуглецю в вихідних газах	6
8	Сучасне обладнання для вимірювання розчиненого кисню	4
9	Сучасне обладнання для вимірювання кількості розчиненого діоксиду вуглецю, рівня піни	4
10	Сучасне обладнання для вимірювання концентрації мікроорганізмів, субстратів і продуктів	4
11	Вхідні та вихідні, керуючі та збурюючі дії (змінні, впливи, координати), похибка. Принципи керування: розімкнені, замкнені та комбіновані САК	4
12	Передатні функції цифрових систем керування	4
13	П-, ПІ- та ПІД-регулятори	4
14	Функціональні схеми систем автоматизації технологічних процесів	4
15	Підготовка до іспиту	30
	<b>ВСЬОГО</b>	<b>96</b>

*Робочим планом передбачено виконати домашню контрольну роботу з дисципліни.*

*Ціль роботи: самостійна робота здобувача для поглиблення професійних знань, формування практичних навичок, вміння аналізувати процеси та явища, обґрунтовувати можливі рішення, робити висновки та узагальнювати практичні навички. В процесі виконання роботи студентові надаються консультації. Він повинен з'являтися до керівника не рідше ніж один раз в два тижні. За тиждень до зазначеного терміну захисту, студент зобов'язаний надати оформлену домашню роботу викладачу для розгляду про її відповідність завданню і вимогам до оформлення. У випадку, якщо викладач зробить висновок про неможливість допуску студента до захисту ДКР, останній зобов'язаний переробити матеріал у відповідності із зауваженнями і знову представити його на розгляд викладачу.*

*Теми ДКР:*

*Варіант 1-10. Система автоматичного керування кутової швидкості обертання мішалки ферментера*

*Варіант 11-20. Система автоматичного керування температурою середовища в ферментері*

- 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 іспиту 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>

- Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>

- Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

6. 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.	Лекц.	Практич.	Лаб. роб.	СРС	МКР	ДКР	Семестрова атестація
2	5	150	36	18	---	96	1	1	екзамен

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

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

Семестровий контроль: екзамен

Умови допуску до семестрового контролю: зарахування усіх практичних робіт, МКР та ДКР та семестровий рейтинг не менше 26 балів.

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) виконання практичних завдань – 20 балів
- 2) модульна контрольна робота – 10 балів.
- 3) домашня контрольна робота – 20 балів

2. Критерії нарахування балів:

**2.1. Виконання практичних завдань, максимальне значення 5x4=20 бали:**

- «відмінно», вчасне правильне виконання практичного завдання – 4 балів;
- «добре», вчасне виконання практичного завдання з неточностями – 3,9-3,3 балів;
- «задовільно», невчасне виконання практичного завдання – 3,1 бали;
- «незадовільно», невиконання практичного завдання – 0 балів.

**2.2. Модульна контрольна робота, максимальне значення 10 балів:**

- «відмінно» - виконання 100% задачі під час заняття – 10-9 бали.
- «добре» - виконання 80% задачі під час заняття – 8-7 бали.
- «задовільно» - виконання  $\geq 50\%$  задачі під час заняття – 6-4 бал.
- «незадовільно» - невиконання задачі під час заняття – 0 балів.

**2.3. Домашня контрольна робота – 20 балів:**

- «відмінно», виконані всі вимоги до ДКР – 20- 18 балів;
- «добре», виконані майже всі вимоги до роботи, або є несуттєві помилки – 17,9-15 балів;
- «задовільно», є недоліки щодо виконання вимог до роботи і певні помилки – 14,9-12 балів;
- «незадовільно», не відповідає вимогам до «задовільно» – 0 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



- **Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)**

*Питання, які виносяться на семестровий контроль*

*Теоретичні запитання:*

- Передферментаційні процеси починаються з ...
- Стерилізація поживних середовищ
- Апарати та обладнання біотехнології
- Прилади для вимірювання тиску
- Витратоміри. Види. Типи
- Вимірювання вязкості середовища
- Вимірювання рН
- Вимірювання концентрації мікроорганізмів
- Вимірювання концентрації субстратів
- Одноконтурні системи керування
- Застосування управління з попередженням для автоматичної підтримки
- Системи каскадного керування
- Багатозв'язкові системи керування
- Описати роботу модуля біореактора за схемою
- Описати роботу автоматизації розподілення розчинів для приготування живильного середовища за схемою
- Описати роботу автоматичного регулятора рН розчинів за функціональною схемою
- Описати роботу автоматизації багатокорусної випарної установки за схемою

*Практичні запитання:*

1. Побудувати асимптотичну ЛАЧХ розімкненої системи керування з передатною функцією  $W(p) = \frac{k(T_2 p + 1)}{p(T_1 p + 1)(T_3 p + 1)}$  в пакеті MatLad
2. Виконати структурні перетворення та визначити передаточну функцію за заданою схемою
3. Визначити стійкість та якість систем в пакеті MatLad за заданою схемою
4. Виконати в пакеті MatLad дослідження нелінійної системи

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

**Складено** зав. кафедри, д.т.н., професор Вікторія Мельник

асистент, Віра Косова

**Ухвалено** кафедрою біотехніки та інженерії (протокол № 6 від 10.05.2023р.)

**Погоджено** Методичною комісією факультету біотехнології і біотехніки (протокол № 11 від 26.06.2023р.)