

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Львівський національний університет імені Івана Франка
Біологічний факультет
Кафедра генетики та біотехнології

Затверджено на засіданні кафедри
генетики та біотехнології
біологічного факультету Львівського
національного університету імені Івана Франка
(протокол № 17 від 29 серпня 2025 р.)

Завідувач кафедри  проф. Віктор ФЕДОРЕНКО

Силабус навчальної дисципліни
“Автоматизація та управління біотехнологічним процесом”,
що викладається в межах ОПІ Біотехнології та біоінженерія
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
для здобувачів спеціальності 162 - Біотехнології та біоінженерія

| | |
|--|---|
| Назва дисципліни | Автоматизація та управління біотехнологічним процесом. |
| Адреса викладання дисципліни | вул. Грушевського 4, м. Львів, 79005. |
| Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна | біологічний факультет, кафедра генетики та біотехнології |
| Галузь знань, шифр та назва спеціальності | 16 Хімічна та біоінженерія / 162 Біотехнології та біоінженерія. |
| Викладачі дисципліни | Професор кафедри генетики та біотехнології Мельник Вікторія Миколаївна |
| Контактна інформація викладачів | v.melnyk71@gmail.com |
| Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються | Консультації можуть бути в день проведення лекцій/лабораторних занять: за умови дистанційного навчання з використанням платформи Zoom чи meet. Для швидкої комунікації створено групи в Telegram. Також надано он-лайн консультації у системі Zoom. Для погодження часу консультацій слід писати на електронну пошту викладача. |
| Сторінка дисципліни | https://classroom.google.com/c/NzIIMjkwNDIzNjE0?cjc=qw77ucn |
| Інформація про дисципліну | Автоматизація та управління біотехнологічним процесом створює певні техніко-економічні переваги в усіх галузях України. Вона змінює характер і умови праці на виробництві. Скорочується до мінімуму трудові затрати, знижується психологічне перенавантаження працівника, на ньому залишається лише функції перенастроювання автоматичних систем на нові режими та участь в ремонтноналагоджувальних роботах. Впровадження автоматизації приносить значний економічний ефект за рахунок заощадження енергетичних ресурсів, збільшення виробничих потужностей та підвищення якості продукції. Автоматизація та управління біотехнологічним процесом направлена на покращення показників мікробіологічної технології: збільшення кількості продукції, покращення її якості та зниження собівартості завдяки впровадженню автоматичних систем. Виробництво на основі біотехнології та фармації носять багатостадійний характер. Процеси культивування мікроорганізмів проводяться в багатofазних 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. |
| Коротка анотація дисципліни | Дисципліна «Автоматизація та управління біотехнологічним процесом» є нормативною дисципліною зі спеціальності 162 – Біотехнології та біоінженерія для ОПП «Біотехнології та біоінженерія» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої |

| | |
|--|--|
| | <p>освіти, яка викладається в IV семестрі в обсязі 3 кредитів (за ECTS). Програма навчального курсу складається з таких змістових модулів:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ПРОЦЕСИ І АПАРАТИ БІОТЕХНОЛОГІЇ 2. ОСНОВИ ВИМІРЮВАНЬ В БІОТЕХНОЛОГІЇ. 3. ЗАСТОСУВАННЯ КЛАСИЧНИХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ, ДЛЯ УПРАВЛІННЯ БІОТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ. 4. АПАРАТУРА І РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ БІОТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ. <p>Дисципліна передбачає проведення 32 год практичних робіт.</p> |
| <p>Мета та цілі дисципліни</p> | <p>Метою вивчення дисципліни є формування у здобувачів теоретичних, практичних засад та принципів пов'язаних з прийняттям рішень відносно інтенсифікації існуючих біотехнологічних виробництв, направлених на покращення показників якості біотехнологічного виробництва.</p> <p>Основні цілі включають:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ознайомлення з принципами роботи автоматизованих систем управління (АСУ) у біотехнологічному виробництві. • Розуміння основ автоматизації, включаючи використання датчиків, контролерів, програмованих логічних пристроїв (PLC) та інших компонентів. • Застосування методів моделювання та оптимізації біотехнологічних процесів. • Навчання використанню спеціалізованого програмного забезпечення для розробки автоматизованих систем управління (наприклад, MATLAB, LabVIEW, TIA Portal). • Опанування методів інтеграції автоматизованих систем у лабораторії та промислових установках. • Аналіз та оптимізація біотехнологічних процесів (ферментація, екстракція, очищення тощо) із використанням автоматизованих рішень. • Вивчення способів контролю якості продукції за допомогою автоматичних систем моніторингу. • Розробка проектів автоматизації реальних біотехнологічних виробництв. • Розуміння принципів енергоефективності в автоматизованих системах. • Застосування технологій автоматизації для зменшення впливу виробництва на довкілля. |
| <p>Література для вивчення дисципліни</p> | <ol style="list-style-type: none"> 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 дані (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 |

| | |
|--------------------------------------|---|
| | <p>"Видавництво «Політехніка»", 2003. – 360 с.</p> <ol style="list-style-type: none"> 5. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни “Автоматизація фармацевтичних та мікробіологічних виробництв” для студентів напряму підготовки 0902 – Інженерна механіка, спеціальність 7.090226 – Обладнання фармацевтичної та мікробіологічної промисловості, 8.090226 – Обладнання фармацевтичної та мікробіологічної промисловості / Уклад.: к.т.н., доц. Мельник В.М. Ковалець О.Я. – К.: НТУУ «КПІ» 2010. – 97 с. 6. Автоматизація фармацевтичних і біотехнологічних виробництв. Практичні роботи / навчальний посібник [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студентів галузі знань 16 – Хімічна та біоінженерія, спеціальності 162 Біотехнології та біоінженерія освітня програма Біотехнології / укладачів проф. Мельник В.М, ас. В. П. Косова, М.В. Шафаренко. 2022. – 90 с. 7. Автоматизація фармацевтичних і біотехнологічних виробництв. Домашня контрольна робота / навчальний посібник [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студентів галузі знань 16 – Хімічна та біоінженерія, спеціальності 162 Біотехнології та біоінженерія освітня програма Біотехнології / укладачів проф. Мельник В.М, ас. В. П. Косова. 2022. – 25 с. 8. 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. 9. 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. 10. Ладанюк А.П. Теорія автоматичного керування: курс лекцій (частина перша) – К.: НУХТ, 2004 –124 с. 11. Попович М.Г., Ковальчук О.В. Теорія автоматичного керування: Підручник. – К.: Либідь, 1997. - 544 с. 12. 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 |
| Тривалість дисципліни | Один семестр. |
| Обсяг курсу | 90 год, з яких 64 год аудиторних занять, з них 32 год лекцій, 32 год практичних робіт та 26 год самостійної роботи. |
| Очікувані результати навчання | <p>У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен знати:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Принципи автоматизації: <ul style="list-style-type: none"> ○ Основи побудови автоматизованих систем управління технологічними процесами (АСУТП). ○ Архітектура автоматизованих систем, їхні основні компоненти: датчики, виконавчі механізми, контролери. |

- **Математичне моделювання:**
 - Основи моделювання біотехнологічних процесів (ферментація, очищення, екстракція тощо) для оптимізації їхньої роботи.
- **Контролери та програмне забезпечення:**
 - Програмовані логічні контролери (PLC), принципи їх роботи та програмування.
 - Програмні платформи для автоматизації (SCADA-системи, MATLAB, LabVIEW тощо).
- **Методи моніторингу та контролю:**
 - Методи збору, аналізу та обробки даних у біотехнологічних процесах.
 - Принципи роботи з аналітичними системами моніторингу якості продукції.
- **Стандарти та безпека:**
 - Міжнародні стандарти автоматизації (ISA, IEC, ISO).
 - Принципи безпеки та енергозбереження в автоматизованих біотехнологічних виробництвах.
- **Проектування систем автоматизації:**
 - Основи створення технічних завдань на автоматизацію біотехнологічного процесу.
 - Розробка схем автоматизації, вибір відповідного обладнання.
- **Інтеграція систем:**
 - Вміння інтегрувати автоматизовані системи управління у вже існуючі виробничі процеси. Використання IoT (Інтернету речей) для моніторингу та оптимізації процесів.
- **Робота з обладнанням:**
 - Навички налаштування, калібрування та експлуатації датчиків, контролерів і виконавчих механізмів. Використання лабораторного та промислового обладнання для автоматизації.

Курс розроблено таким чином, щоб сформувати у студентів загальні і фахові компетентності:

ЗК01. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК02. Здатність до письмової та усної комунікації українською мовою (професійного спрямування).

ЗК04. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій

ЗК05. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК06. Навички здійснення безпечної діяльності.

ФК1. Здатність використовувати знання з математики та фізики в обсязі, необхідному для досягнення інших результатів освітньої програми.

ФК2. Здатність використовувати ґрунтовні знання з хімії та біології в обсязі, необхідному для досягнення інших результатів освітньої програми.

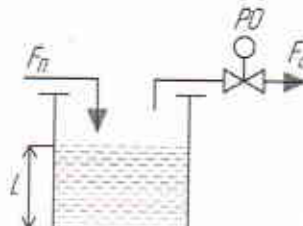
ФК9. Здатність обирати і використовувати відповідне обладнання, інструменти та методи для реалізації та контролю виробництв біотехнологічних продуктів різного призначення.

ФК10. Здатність складати технологічні схеми виробництв біотехнологічних продуктів різного призначення.

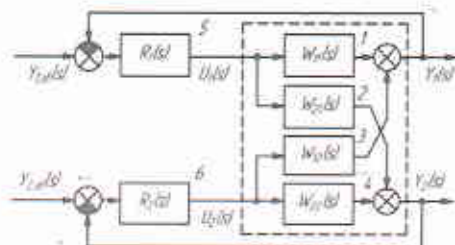
ФК11. Здатність складати апаратурні схеми виробництв біотехнологічних продуктів різного призначення.

ФК12. Здатність застосовувати на практиці методи та засоби автоматизованого проектування виробництв біотехнологічних

| | |
|---|--|
| | <p>продуктів різного призначення.</p> <p>ФК14. Здатність використовувати сучасні автоматизовані системи управління виробництвом біотехнологічних продуктів різного призначення, їх технічне, алгоритмічне, інформаційне і програмне забезпечення для вирішення професійних завдань.</p> <p>У процесі вивчення дисципліни досягаються такі програмні результатів навчання:</p> <p>ПР15. Базуючись на знаннях про закономірності механічних, гідромеханічних, тепло- та масообмінних процесів та основні конструкторські особливості, вміти обирати відповідне устаткування у процесі проектування виробництв біотехнологічних продуктів різного призначення для забезпечення їх максимальної ефективності.</p> <p>ПР16. Базуючись на знаннях, одержаних під час практики на підприємствах та установах, вміти здійснювати продуктовий розрахунок і розрахунок технологічного обладнання.</p> <p>ПР18. 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.</p> <p>ПР19. Вміти використовувати системи автоматизованого проектування для розробки технологічної та апаратурної схеми біотехнологічних виробництв.</p> <p>ПР20. Вміти розраховувати основні критерії оцінки ефективності біотехнологічного процесу (параметри росту біологічних агентів, швидкість синтезу цільового продукту, синтезувальна здатність біологічних агентів, економічний коефіцієнт, вихід цільового продукту від субстрату, продуктивність, вартість поживного середовища тощо).</p> <p>ПР21. Вміти формулювати завдання для розробки систем автоматизації виробництв біотехнологічних продуктів різного призначення.</p> |
| Ключові слова | Принципальна схема, критерії стійкості, передаточна функція, структурна схема, динамічна ланка, амплітудно-фазова характеристика, чутливість системи, помилка системи, зворотній зв'язок |
| Формат дисципліни | Очний/дистанційний (за умови карантинних обмежень). |
| Теми | Проведення лекцій, лабораторних робіт та консультації для кращого розуміння тем. Електронний курс у системі meet. |
| Підсумковий контроль, форма | Наведено у табл. 1. залік у кінці семестру. |
| Пререквізити | Для вивчення курсу студенти потребують базових знань з хімії, математики, процесів і апаратів біотехнологічних виробництв. |
| Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання | Під час лекцій: презентації, розповіді, пояснення, дискусія. Під час лабораторних занять за допомогою програмного продукту MATLAB Simulink використовується інтерактивний інструмент (програмне забезпечення) для моделювання, імітації та аналізу динамічних систем, включаючи дискретні, неперервні та гібридні, нелінійні та розривні системи. Надається можливість будувати графічні блок-діаграми, імітувати динамічні системи, досліджувати працездатність систем і вдосконалювати проекти. Забезпечується швидкий доступ |

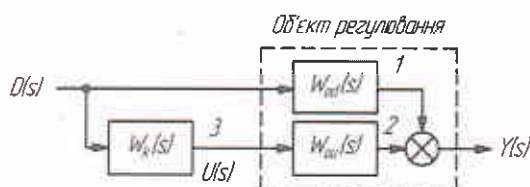
| | |
|---|--|
| <p>курсу</p> | <p>до широкого спектра інструментів аналізу і проектування. Simulink також інтегрується з Stateflow для моделювання поведінки, викликані подіями. Ця перевага робить Simulink найпопулярнішим інструментом для проектування систем керування і комутації, цифрової обробки і інших додатків моделювання.</p> |
| <p>Необхідне обладнання</p> | <p>Персональний комп'ютер, комп'ютерні програми і операційні системи, проектор.</p> |
| <p>Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)</p> | <p>Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням:</p> <ul style="list-style-type: none"> • практичні роботи: максимальна кількість – 96 балів; • заохочувальні бали – 4 бали. <p>Загальний рейтинг становить 100 балів, з яких: 16 практичних занять, ваговий бал 6: $16 \times 6 = 96$ балів; заохочувальні бали – 4.</p> <p><i>Академічна доброчесність.</i> Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються. Виявлення ознак академічної недоброчесності у роботі студента є підставою для її незарахування викладачем, незалежно від масштабів обману.</p> <p><i>Відвідання занять є важливою складовою навчання.</i> Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції і практичні заняття курсу. Студенти мають інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. За поважної причини, яка підтверджена документально, студент зможе відпрацювати практичну роботу у відведений для цього час. У будь-якому випадку студенти зобов'язані дотримуватися усіх строків визначених для виконання усіх видів письмових робіт, передбачених курсом.</p> <p><i>Література.</i> Уся література, яку студенти не зможуть знайти самостійно, буде надана викладачем винятково в освітніх цілях без права її передачі третім особам. Студенти заохочуються до використання також й іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендованих.</p> |
| <p>Питання, які виносяться на семестровий контроль (залік)</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Передферментаційні процеси починаються з ... 2. Стерилізація поживних середовищ. 3. Апарати та обладнання біотехнології 4. Прилади для вимірювання тиску 5. Витратоміри. Види. Типи. 6. Вимірювання вязкості середовища. 7. Вимірювання рН. 8. Вимірювання концентрації мікроорганізмів. 9. Вимірювання концентрації субстратів. 10. Одноконтурні системи керування. 11. Застосування управління з попередженням для автоматичної підтримки. 12. Системи каскадного керування. 13. Багатозв'язкові системи керування. 14. Описати роботу модуля біореактора за схемою. <div style="text-align: center;">  </div> |

15. Описати роботу автоматизації розподілення розчинів для приготування живильного середовища за схемою.



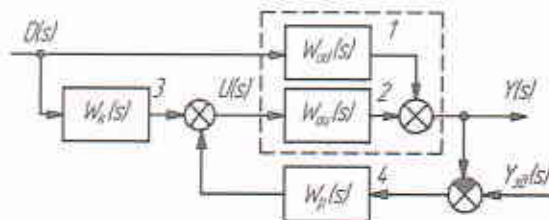
16. Описати роботу автоматичного регулятора рН розчинів за функціональною схемою.

17. Описати роботу автоматизації багатокорусної випарної установки за схемою

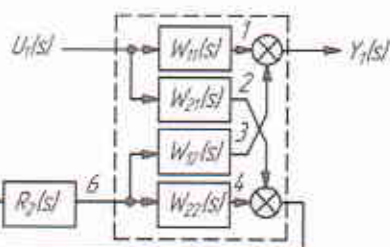


18. Побудувати асимптотичну ЛАЧХ розімкненої системи керування з передатною функцією $W(p) = \frac{k}{Tp + 1}$ в пакеті MatLad.

19. Виконати структурні перетворення та визначити передаточну функцію за заданою схемою.



20. Визначити стійкість та якість систем в пакеті MatLad за заданою схемою.



21. Виконати в пакеті MatLad дослідження нелінійної системи.

22. Схема регулювання теплообмінника змішання.

23. Регулювання поверхневих теплообмінників. Статичні характеристики поверхневих теплообмінників. Схема регулювання поверхневих теплообмінників впливом на витрату гарячого теплоносія. Схема регулювання поверхневого теплообмінника.

24. Теплообмінники з агрегатним станом середовища. Схема регулювання роботи теплообмінника шляхом впливу на витрату пари, що гріє. Каскадна схема регулювання температури продукту (регулювання тиску пари, що гріє, з корекцією по

| | |
|-------------------|---|
| | <p>температурі продукту). Схема регулювання температури продукту витратою конденсату.</p> <p>25. Схема регулювання роботи конденсаторів шляхом впливу на витрати холодоагенту й конденсату.</p> <p>26. Каскадна схема регулювання температури продукту на виході з регулятором співвідношення “паливний газ - повітря” з корекцією по змісту кисню у вихідних газах.</p> <p>27. Схема регулювання температури продукту в апараті з екстремальним регулятором, що коректують співвідношення “газ - повітря”.</p> <p>28. Процеси ректифікації в біотехнологічній технології.</p> <p>29. Опис роботи ректифікаційної установки.</p> <p>30. Структурна схема ректифікаційної установки як об'єкта автоматизації.</p> <p>31. Схема стабілізації процесу ректифікації.</p> <p>32. Схема установки процесу ректифікації зі схемою автоматизації.</p> <p>33. Призначення окремих контурів регулювання процесу ректифікації.</p> <p>34. Схема каскадного регулювання процесу ректифікації, коли цільовий продукт – дистилат.</p> <p>35. Схема регулювання процесу ректифікації при коливаннях витрати вихідної суміші.</p> <p>36. Регулювання состава кубового залишку процесу ректифікації з урахуванням зміни витрати вихідної суміші.</p> <p>37. Схема регулювання процесу ректифікації при динамічних змінах состава вихідної суміші.</p> <p>38. Схема регулювання составу дистилату процесу ректифікації з урахуванням зміни состава вихідної суміші.</p> <p>39. Схема регулювання состава дистилату процесу ректифікації регулятором співвідношення витрат дистилату й вихідної суміші.</p> <p>40. Схема регулювання процесу ректифікації при одночасній зміні витрати й состава вихідної суміші.</p> <p>41. Варіанти схем автоматизації процесу ректифікації.</p> <p>42. Масообмінні процеси в біотехнологічній технології.</p> <p>43. Процес абсорбції.</p> <p>44. Структурна схема процесу абсорбції як об'єкта керування.</p> <p>45. Схема стабілізації процесу абсорбції. Схема процесу, контуру регулювання, взаємодія окремих контурів регулювання.</p> <p>46. Схема процесу абсорбції - десорбції.</p> |
| Опитування | Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу. |

Схема курсу “ Автоматизація та управління біотехнологічним процесом ”

| № | Тема занять (перелік питань) | Форма діяльності та обсяг годин | Літератур. ресурси в інтернеті | Год | Термін виконання |
|----|---|---------------------------------|--------------------------------|-----|------------------|
| 1. | Типи біотехнологічних процесів та основні вимоги до їх реалізації. | лекція | 1, 5 | 2 | 1 тиждень |
| 2 | Транспорт і дозування компонентів поживних середовищ. Приготування рідких середовищ. Стерилізація поживних середовищ | лекція | 1, 2, 3 | 2 | 1 тиждень |
| | Основні етапи підготовки фармацевтичного обладнання. Дозування рідких стерильності живильних середовищ і інших рідких компонентів: піногасники, коригує РН розчинів, середовищ для підживлення. Стерилізація повітря. | Самостійна робота | 4 | 6 | 1 тиждень |
| 3 | Проведення процесів ферментації. Класифікація автоматичного обладнання та технологічних процесів. | лекція | 1, 5 | 2 | 2 тиждень |
| 4 | Побудова часових та частотних характеристик типових ланок САК (пакет прикладних програм Control System Toolbox середовища MatLab) | Практична робота | 4, 5, 6, 7, 8 | 2 | 2 тиждень |
| 5 | Апарати та обладнання біотехнології. Принципи класичних вимірювань, що застосовуються в біотехнології. Вимір температури, тиску, витрати газів та рідин. Сучасне обладнання вимірювання температури, тиску, витрати газів та рідин. | лекція | 1, 2 | 2 | 3 тиждень |
| 6 | Вимірювання швидкості обертання мішалки, потужності, обсягу і маси середовища ферментації Сучасне обладнання для вимірювання швидкості обертання мішалки, потужності, обсягу і маси середовища ферментації | лекція | 1, 2 | 2 | 3 тиждень |
| 7 | Дослідження перетворення структурних систем (пакет прикладних програм Control System Toolbox середовища MatLab) | Практична робота | 4, 5, 6, 7, 8 | 2 | 4 тиждень |

| | | | | | |
|----|--|-------------------|---------------|---|-----------|
| 8 | Дослідження перетворення структурних систем (пакет прикладних програм Control System Toolbox середовища MatLab) | Практична робота | 4, 5, 6, 7, 8 | 2 | 4 тиждень |
| 9 | Вимірювання в'язкості середовища ферментації, pH, окислювально-відновного потенціалу, концентрації кисню і діоксиду вуглецю в вихідних газах. Сучасне обладнання для вимірювання в'язкості середовища ферментації, pH, окислювально-відновного потенціалу, концентрації кисню і діоксиду вуглецю в вихідних газах. | лекція | 1, 2, 3 | 2 | 5 тиждень |
| 10 | Вимірювання концентрації розчиненого кисню. Вимірювання швидкості споживання кисню мікроорганізмами в біотехнологічних процесах. Вимірювання кількості розчиненого діоксиду вуглецю, рівня піни. | лекція | 1, 2, 3 | 2 | 5 тиждень |
| 11 | Сучасне обладнання для вимірювання концентрації кисню і діоксиду вуглецю в вихідних газах. Сучасне обладнання для вимірювання розчиненого кисню. Сучасне обладнання для вимірювання кількості розчиненого діоксиду вуглецю, рівня піни | Самостійна робота | 9, 10 | 6 | 5 тиждень |
| 12 | Вимірювання концентрації мікроорганізмів, субстратів і продуктів | лекція | 1, 2, 3 | 2 | 6 тиждень |
| 13 | Визначення стійкості та якості систем управління (пакет прикладних програм Control System Toolbox середовища MatLab) | Практична робота | 4, 5, 6, 7, 8 | 2 | 6 тиждень |
| 14 | Основні принципи побудови систем управління із застосуванням класичних алгоритмів. Вхідні та вихідні, керуючі та збудуючі дії (змінні, впливи, координати), похибка. Принципи керування: розімкнені, замкнені та комбіновані САК | лекція | 1, 2, 3 | 2 | 7 тиждень |
| 15 | Опис систем в просторі станів. керованість і спостережність систем управління (пакет прикладних програм Control System Toolbox середовища | Практична робота | 4, 5, 6, 7, 8 | 2 | 7 тиждень |

| | | | | | |
|----|---|-------------------|---------------|---|------------|
| | MatLab) | | | | |
| 16 | Вхідні та вихідні, керуючі та збурюючі дії (змінні, впливи, координати), похибка. Принципи керування: розімкнені, замкнені та комбіновані САК | Самостійна робота | 4, 5, 6, 7, 8 | 4 | 7 тиждень |
| 17 | Динамічні характеристики типових регуляторів. Передатні функції цифрових систем керування | лекція | 1, 2 | 2 | 8 тиждень |
| 18 | Визначення стійкості роботи лінійних систем (пакет прикладних програм Control System Toolbox середовища MatLab) | Практична робота | 4, 5, 6, 7, 8 | 2 | 8 тиждень |
| 19 | Приклади застосування типових алгоритмів для управління біотехнологічними процесами. Одноконтурні системи управління | лекція | 1, 2, 3 | 2 | 9 тиждень |
| 20 | Пряме і зворотне перетворення Лапласа. Використання перетворень Лапласа. | Практична робота | 4, 5, 6, 7, 8 | 2 | 9 тиждень |
| 21 | Системи з компенсацією збурень та каскадного управління. багатозв'язкові системи управління | лекція | 1, 2, 10 | 2 | 10 тиждень |
| 22 | Налаштування регуляторів з типовими алгоритмами. П-, ПІ- та ПІД-регулятори | Практична робота | 4, 5, 6, 7, 8 | 2 | 10 тиждень |
| 23 | Передатні функції цифрових систем керування. П-, ПІ- та ПІД-регулятори | Самостійна робота | 10, 11, 12 | 6 | 10 тиждень |
| 24 | Біотехнологічне обладнання і прилади управління. Функціональні схеми систем автоматизації технологічних процесів | лекція | 1, 4, 6, 10 | 2 | 11 тиждень |
| 24 | Автоматизація об'єктів з механічними процесами. Вибір пунктів контролю, регулювання і сигналізації. Вибір технічних засобів автоматизації Вибір пунктів контролю, регулювання і сигналізації. Вибір технічних засобів автоматизації | лекція | 1, 2 | 2 | 11 тиждень |
| 25 | Моделювання лінійних систем управління у пакеті simulink та оптимізація налаштувань ПІД-регулятора (пакет прикладних програм Control System Toolbox середовища MATLAB) | Практична робота | 4, 5, 6, 7, 8 | 2 | 12 тиждень |
| 26 | Автоматизація об'єктів з гідромеханічними процесами. Автоматизація процесів | лекція | 1, 2, 10 | 2 | 12 тиждень |

| | | | | | |
|----|---|--------------------|---------------|---|---------------|
| | змішування рідини і газів. Фізична суттєвість змішування. Мета управління і показник ефективності. Аналіз процесу як об'єкту управління. Схема автоматизації процесу змішування | | | | |
| 27 | Автоматичні лінії для парфумерної промисловості. Автоматизація роботи ферментаційного обладнання | Самостійна робота | 10, 11, 12 | 4 | 12 тиждень |
| 28 | Автоматизація об'єктів з тепловими процесами та процесами масообміну. Фізична суттєвість процесу. Мета управління і показник ефективності. Аналіз процесу як об'єкту управління. Типова схема автоматизації ректифікаційних колон. Фізична суттєвість процесу. Мета управління і показник ефективності. Аналіз процесу як об'єкту управління. Типова схема автоматизації ректифікаційних колон. | лекція | 1, 2, 10 | 2 | 13 тиждень |
| 29 | Дослідження нелінійних структурних схем (пакет прикладних програм Control System Toolbox середовища MatLab) | Практична робота | 4, 5, 6, 7, 8 | 2 | 13 тиждень |
| 30 | Автоматизація об'єктів з процесами хімічної взаємодії. (пакет прикладних програм Control System Toolbox середовища MatLab) (пакет прикладних програм Control System Toolbox середовища MatLab) | Практична робота | 4, 5, 6, 7, 8 | 2 | 14 тиждень |
| 31 | Типові лінійні динамічні ланки (пакет прикладних програм Control System Toolbox середовища MatLab) | Лабораторна робота | 4, 5, 6, 7, 8 | 4 | 14-15 тиждень |
| 32 | Автоматизація об'єктів з мікробіологічними процесами. (пакет прикладних програм Control System Toolbox середовища MatLab) (пакет прикладних програм Control System Toolbox середовища MatLab) | Практична робота | 4, 5, 6, 7, 8 | 2 | 15 тиждень |

| | | | | | |
|----|--|------------------|---------------|---|------------|
| 33 | Автоматичне програмне керування біореактором.. (пакет прикладних програм Control System Toolbox середовища MatLab) (пакет прикладних програм Control System Toolbox середовища MatLab) | Практична робота | 4, 5, 6, 7, 8 | 4 | 16 тиждень |
|----|--|------------------|---------------|---|------------|

Автор

Олеся

Вікторія МЕЛЬНИК

Погоджено»

[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

Голова методичної ради
біологічного факультету
Віталій ГОНЧАРЕНКО
29 серпня 2025 р.

Гарант ОПІ
Віктор ФЕДОРЕНКО
29 серпня 2025 р.