Національний технічний університет України
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Кафедра технічних та програмних засобів автоматизації

Автоматизація біотехнічних систем

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни	
Рівень вищої освіти	***Перший (бакалаврський)***
Галузь знань	*16 «Хімічна та біоінженерія»*
Спеціальність	*163 «Біомедична інженерія»*
Освітня програма	**Регенеративна та біофармацевтична інженерія**
Статус дисципліни	*Нормативна*
Форма навчання	*очна (денна)*
Рік підготовки, семестр	*4 курс, осінній семестр*
Обсяг дисципліни	*4 кредити ECTS / 120 годин*
Семестровий контроль/ контрольні заходи	*Залік, модульна контрольна робота, розрахунково-графічна робота, лабораторні роботи, практичні роботи*
Розклад занять	
Мова викладання	*Українська*
Інформація про керівника курсу / викладачів	**Лектор:** *ст. викл. Жураковський Ярослав Юрійович,* *email: y.zhurakovsky@kpi.ua, телеграм: @ZhurakovskyYaroslav* **Практичні роботи:***викл. Тріщ Віталій Русланович* *email: tvr-ihf@lll.kpi.ua, телеграм: @Viitalis* **Лабораторні роботи:** *викл. Тріщ Віталій Русланович* *email: tvr-ihf@lll.kpi.ua, телеграм: @Viitalis*
Розміщення курсу	*Moodle: https://do.ipo.kpi.ua/course/view.php?id=7590* *Google Classroom*

Програма навчальної дисципліни

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

Характерні ознаки сучасних хімічних, біомедичних та біотехнологічних виробництв – велика швидкість перебігу технологічних процесів, чутливість до порушень режиму, підвищені вибухо- та пожежонебезпечність і шкідливість умов роботи, а також дедалі більша складність технологічних процесів як за апаратурним оформленням, так і з погляду підтримання оптимальних режимів їх перебігу, здатних забезпечити високу якість отриманої продукції одночасно з раціональним використанням сировини та енергії. Для вирішення цієї проблеми у хімічній та біоінженерії широко застосовують автоматизацію процесів, яка, зокрема, забезпечує високу якість продукції, раціональне використання сировини та енергії, дотримання відповідних екологічних норм, тощо. Автоматизація виробництва передбачає автоматичний контроль технологічних параметрів, автоматичне регулювання й автоматичне або автоматизоване керування, а також захист керованих процесів від аварійних ситуацій, сигналізацію про відхилення від номінальних режимів, захист навколишнього середовища.

Метою формування у студентів комплексу знань, умінь та досвіду, необхідних для розв'язання наукових та інженерних задач створення систем автоматичного контролю режимних параметрів технологічних процесів, формування вимірювальних каналів із заданими метрологічними характеристиками.

Предметом вивчення дисципліни є канали передачі даних, стандарти, протоколи, обладнання промислових мереж передачі даних. Прилади та засоби вимірювання, контролю, регулювання та керування технологічними процесами.

Програмні компетентності, які мають бути сформовані після вивчення дисципліни, та які відповідають освітній програмі «*Регенеративна та біофармацевтична інженерія***»:**

Інтегральна компетентність *(ОП введено в дію Наказом ректора НОН/75/2022 від 15.02.2022 р.)*

Інтегральна компетентність: Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми у біомедичній інженерії або у процесі навчання, що передбачає застосування певних теорій та методів хімічної, біологічної та медичної інженерії, і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

Загальні компетентності *(ОП введено в дію Наказом ректора НОН/75/2022 від 15.02.2022 р.:)*:

ЗК-4 Навички використання інформаційних і комунікаційних технології

ЗК-6 Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел

Спеціальні (фахові) компетентності *(ОП введено в дію Наказом ректора НОН/75/2022 від 15.02.2022 р.:)*:

ФК-1 Здатність застосовувати пакети інженерного програмного забезпечення для проведення досліджень, аналізу, обробки та представлення результатів, а також для автоматизованого проєктування медичних приладів та систем

ФК-2 Здатність забезпечувати інженерно-технічну експертизу в процесі планування,розробці, оцінці та специфікації медичного обладнання

ФК-3 Здатність вивчати та застосовувати нові методи та інструменти аналізу,моделювання, проєктування та оптимізації медичних приладів та систем

ФК-4 Здатність забезпечувати технічні та функціональні характеристики систем і засобів,що використовуються в медицині та біології (при профілактиці, діагностиці,лікуванні та реабілітації)

ФК-6 Здатність ефективно використовувати інструменти та методи для аналізу, проєктування, розрахунку та випробувань при розробці біомедичних продуктів і послуг

ФК-10 Здатність застосовувати принципи побудови сучасних автоматизованих систем управління виробництвом медичних приладів, їх технічне, алгоритмічне,інформаційне і програмне забезпечення

Програмні результати навчання *(ОП введено в дію Наказом ректора НОН/75/2022 від 15.02.2022 р.:)*:

ПРН-1 Організації та принципів функціонування біологічних об'єктів та окремих їх частин в умовах invivo та invitro, а також методів їх вивчення (оцінки) (біологічних,хімічних, фізичних, математичних)

ПРН-2 Розуміти теоретичні та практичні підходи до створення та керування медичним обладнанням та медичною технікою

ПРН-4 Застосовувати знання основ математики, фізики та біофізики, біоінженерії, хімії,інженерної графіки, механіки, опору та міцності матеріалів, властивості газів і рідин, електроніки, інформатики, отримання та аналізу сигналів і зображень,автоматичного управління, системного аналізу та методів прийняття рішень нарівні, необхідному для вирішення задач біомедичної інженерії.

ПРН-5 Формулювати логічні висновки та обґрунтовані рекомендації щодо оцінки,експлуатації та впровадженні біотехнічних, медико-технічних та біоінженерних засобів і методів

ПРН-8 Вміти використовувати бази даних, математичне і програмне забезпечення для обробки даних та комп'ютерного моделювання біологічних і біотехнічних систем

ПРН-10 Здійснювати інженерний супровід, сервісне та інше технічне обслуговування при експлуатації лабораторно-аналітичної техніки, медичних діагностичних і терапевтичних комплексів та систем, а також оформляти типову документацію за видами робіт згідно з Технічним регламентом щодо медичних виробів, Технічним регламентом щодо медичних виробів для діагностики in vitro, Технічним регламентом щодо активних медичних виробів, які імплантують

ПРН-11 Вміти планувати, організовувати, направляти і контролювати медико-технічні та біоінженерні системи і процеси

ПРН-13 Надавати рекомендації щодо вибору обладнання для забезпечення проведення діагностики та лікування

ПРН-15 Вміти аналізувати рівень відповідності сучасним світовим стандартам, а також оцінювати рішення і складати завдання на розробку автоматизованих систем управління з урахуванням можливостей сучасних технічних і програмних засобів автоматизації медичного обладнання

ПРН-16 Вміти складати завдання на розробку автоматизованих систем управління з урахуванням можливостей сучасних технічних і програмних засобів автоматизації медичного обладнання

ПРН-17 Вміти вибирати та рекомендувати відповідне медичне обладнання і біоматеріали для оснащення медичних закладів та забезпечення основних стадій технологічного процесу діагностики, профілактики та лікування

ПРН-18 Вміти використовувати системи автоматизованого проєктування для розробки технологічної та апаратної схеми медичних приладів та систем

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

Дана навчальна дисципліна є основною і входить у структурно-логічну схему навчання за освітніми програмами. Згідно з вимогами (ОПП бакалавр) студенти після засвоєння матеріалів навчальної дисципліни мають продемонструвати такі результати навчання:

– знання основ метрології та вимірювальної техніки; автоматичного контролю технологічних параметрів; автоматичного регулювання технологічних параметрів; основ контролю і

автоматизації параметрів технологічних схем; контролю та керування біотехнологічними процесами;

– уміння: проводити аналіз контролю або регулювання технології; використовувати типові прилади автоматики і методи вимірювань з метою складання принципових схем контролю та управління виробництвами базової біологічної продукції та вибору типових методів вимірювань і вимірювальної апаратури для контролю технологічних процесів при складанні ТЗ або технологічного регламенту; вибору типових методів вимірювань і вимірювальної апаратури для контролю технологічних процесів при складанні ТЗ або технологічного регламенту; контролювати і регулювати параметри режиму технологічного процесу виробництва базової біологічної продукції; розробити схеми автоматизації; вибрати необхідні технічні засоби автоматизації;

Знання, уміння та досвід, одержані під час вивчення цієї дисципліни будуть корисними для:

- проведення розрахунків метрологічних характеристик ІВК;
- вимірювання тиску, різниці тисків, температури, кількості та витрат, рівня, складу рідин і газів;
- розроблення схем автоматизації;
- вибору необхідних технічних засоби автоматизації.

3. Зміст навчальної дисципліни

Навчальна дисципліна Автоматизація біотехнічних систем складається з наступних тем:

1. Основи автоматизації технологічних процесів
2. Основні методи та технічні засоби автоматичного контролю технологічних параметрів
3. Основи теорії автоматичного керування
4. Автоматизація технологічних процесів

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Технічні засоби автоматизації: У 2 част. Ч. 1 : навч. посіб. для студ. вищих навч. закл. / Лукінюк М. В. та ін. Рекоменд. Вч. радою Нац. ун-ту біо-ресурсів і природокорист. України як посіб. для студ. ВНЗ освіти, що навч. за напрямом підгот.: 6.050202 “Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології”. – Ніжин: Лисенко М. М. [вид.], 2017. – 567 с. : рис., табл. – 300 прим. – ISBN 978-617-640-360-9.

   Доступне у дистанційному курсі. Доступне у бібліотеці КПІ ім. Ігоря Сікорського. Обов’язкове. Рекомендоване детальне ознайомлення з усім виданням. Містить матеріали з усіх тем дисципліни.

2. Технічні засоби автоматизації: У 2 част. Ч. 2 : навч. посіб. для студ. вищих навч. закл. / Рекоменд. Вч. радою Нац. ун-ту біо-ресурсів і природокорист. України як посіб. для студ. ВНЗ освіти, що навч. за напрямом підгот.: 6.050202 “Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології”. – Ніжин: Лисенко М. М. [вид.], 2018. – 455 с. : рис., табл. – 300 прим. – ISBN 978-617-640-360-9.

   Доступне у дистанційному курсі. Доступне у бібліотеці КПІ ім. Ігоря Сікорського. Обов’язкове. Рекомендоване детальне ознайомлення з усім виданням. Містить матеріали з усіх тем дисципліни.

3. Бабіченко, Анатолій Костянтинович, автор, редактор. Технічні засоби автоматизації : навчально-методичний посібник з курсового проектування для студентів спеціальності 151 "Автоматизація та ком'ютерно-інтегровані технології" / А.К. Бабіченко, М.О. Подустов, І.Л.

Красніков, О.Г. Шутинський [та 5 інших] ; за редакцією А.К. Бабіченка ; Міністерство освіти і науки України, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут". - Харків : Друкарня Мадрид, 2021. - 216 с.

Доступне у бібліотеці КПІ ім. Ігоря Сікорського. Обов'язкове. Рекомендоване детальне ознайомлення з усім виданням. Містить матеріали з усіх тем дисципліни.

4. Ельперін, Ігор Володимирович, автор. Автоматизація виробничих процесів : підручник / І.В. Ельперін, О.М. Пупена, В.М. Сідлецький, С.М. Швед ; Міністерство освіти і науки України, Національний університет харчових технологій. - Київ : Видавництво Ліра-К, 2021. - 377 сторінок : рисунки, таблиці.

Доступне у бібліотеці КПІ ім. Ігоря Сікорського. Обов'язкове. Рекомендоване детальне ознайомлення з усім виданням. Містить матеріали з усіх тем дисципліни.

5. Трегуб, Віктор Григорович, автор. Автоматизація об'єктів періодичної дії : підручник для студентів вищих навчальних закладів / В.Г. Трегуб ; Міністерство освіти і науки України, Національний університет харчових технологій. - Київ : Видавництво Ліра-К, 2019. - 135 с.

Доступне у бібліотеці КПІ ім. Ігоря Сікорського. Обов'язкове. Рекомендоване детальне ознайомлення з усім виданням. Містить матеріали з усіх тем дисципліни.

6. Пістун, Євген Павлович, 1942- , автор. Основи автоматики та автоматизації : навчальний посібник / Євген Пістун, Іван Стасюк ; Міністерство освіти і науки України, Національний університет "Львівська політехніка". - Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2018. - 334 с

Доступне у бібліотеці КПІ ім. Ігоря Сікорського. Обов'язкове. Рекомендоване детальне ознайомлення з усім виданням. Містить матеріали з усіх тем дисципліни.

Додаткова література

7. Проектування систем керування: навч. посібн. для студ. вищ. навч. закл., які навчаються за напрямом «Автоматизація і комп'ют.-інтегр. технології» / М. З. Кваско, Я. Ю. Жураковський, А. І. Жученко, В. В. Миленький. – К. : НТУУ «КПІ», 2014. – 344 с.

Доступне у дистанційному курсі. Доступне у бібліотеці КПІ ім. Ігоря Сікорського. Рекомендоване для ознайомлення.

8. Промислові засоби автоматизації: Навч. посібник: У 2 ч. Ч. 2. Регулювальні і виконавчі пристрої / А. К. Бабіченко, В. І. Хотинський, В. С. Михайлов, В. І. Молчанов, М. О. Подустов, О. В. Пугановський, В. І. Вельма; За заг. ред. А. К. Бабіченка. – Харків: НТУ «ХПІ», 2003. – 658 с.

Доступне у дистанційному курсі. Доступне у бібліотеці КПІ ім. Ігоря Сікорського. Рекомендоване для ознайомлення.

9. Лукінюк М. В. Контроль і керування хіміко-технологічними процесами: У 2 кн. Кн. 1. Методи та технічні засоби автоматичного контролю хіміко-технологічних процесів: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., які навчаються за напрямом навчання: «Хімічна технологія та інженерія». – К.: НТУУ «КПІ», 2012. – 336 с.

Доступне у дистанційному курсі. Доступне у бібліотеці КПІ ім. Ігоря Сікорського. Рекомендоване для ознайомлення.

10. Лукінюк М. В. Контроль і керування хіміко-технологічними процесами: У 2 кн. Кн. 2. Керування хіміко-технологічними процесами: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., які навчаються за напрямом навчання: «Хімічна технологія та інженерія». – К.: НТУУ «КПІ», 2012. – 336 с.

Доступне у дистанційному курсі. Доступне у бібліотеці КПІ ім. Ігоря Сікорського. Рекомендоване для ознайомлення.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Структура кредитного модуля

Назви тем	*Кількість годин*				
	Всього	*у тому числі*			
		лекції	*лабора-торні*	*практичні*	*СРС*
Основи автоматизації технологічних процесів	18	6	2	4	6
Основні методи та технічні засоби автоматичного контролю технологічних параметрів	34	14	8	8	4
Основи теорії автоматичного керування	18	8	4	2	4
Автоматизація біотехнічних виробництв	18	8	4	2	4
Модульна контрольна робота	6	–	–	2	4
Розрахунково-графічна робота	10	–	–	–	10
Залік (на лекційному занятті)	16	–	–	–	16
Всього	**120**	**36**	**18**	**18**	**48**

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	Автоматизація біотехнологічних процесів, переваги впровадження. Загальні відомості про системи контролю та керування хіміко-технологічними процесами: структурні схеми, призначення елементів. Принципи автоматичного керування (Понселе – Чиколева, Ползунова – Уатта). Завдання на СРС: Види керування. Класифікація систем автоматичного контролю та керування. Комбіновані системи керування.
2	Технічне забезпечення систем керування. Загальні відомості про вимірювання та засоби вимірювальної техніки (ЗВТ), автоматичні регулятори, виконавчі механізми та регулювальні органи. Перетворювачі сигналів (активні та пасивні). Загальні підходи до вибору первинних вимірювальних перетворювачів. Завдання на СРС: Значущість вимірювань (науковий і технічний аспекти). Місце та значення вимірювань у системах керування. Основні види та методи вимірювань. Точність вимірювання, істине та умовно-істине (дійсне) значення вимірюваної величини. Похибки вимірювань. Державна система приладів і засобів автоматизації
3	Загальні відомості про засоби вимірювальної техніки. Структурні схеми засобів вимірювань (вимірювальні прилади). Статичні та динамічні характеристики ЗВТ. Структурні схеми засобів вимірювань (вимірювальні прилади). Системи дистанційного передавання інформації (на базі реостатних перетворювачів). Похибки ЗВТ. Окреме джерело виникнення похибок: зворотний вплив ЗВ на вимірювану величину. Класифікація похибок ЗВТ. Нормування метрологічних характеристик (МХ), класи точності ЗВТ. Зв’язок форми зображення класу точності на шкалах засобів вимірювань із їхніми метрологічними характеристиками. Завдання на СРС: Класифікація ЗВТ. Структурні схеми засобів вимірювань (вимірювальні

	перетворювачі). Номінальна та реальна функції перетворення й пов'язані з ними похибки засобів вимірювань: адитивна, мультиплікативна, нелінійна, гістерезису; розмах і варіація показань.
4	Вимірювання тиску. Види тиску. Диференціальні манометри: обв'язка (підключення до об'єкта); дифманометри тензометричні Сафір-М/Сапфир-22ДД. Особливості конструкції дифманометрів-витратомірів. Завдання на СРС: Особливості вимірювання тиску агресивних і високотемпературних речовин. Вакуумметри. Вимірювання рівня рідин і сипких речовин. Буйкові, ультразвукові (акустичні), радіоізотопні рівнеміри. Вимірювання рівня сипких та кускових матеріалів. Завдання на СРС: Поплавкові, гідростатичні, вагові рівнеміри. Електричні вимірювачі рівня (ємнісні, кондуктометричні).
5	Вимірювання кількості та витрати рідин, газів і сипких матеріалів. Види витрати. Витратоміри змінного перепаду тиску: епюри P і V, звуж. пристрої (стандартні, нестандартні), порівняльний аналіз характеристик різних звужувальних пристроїв. Формула вимірювання витрати; що враховує коефіцієнт витрати. Тахометричні витратоміри (лічильники кількості та витрати речовини). Електромагнітні (індукційні) витратоміри. Вихрові витратоміри. Витратоміри для сипких матеріалів. Завдання на СРС: Класифікація витратомірів. Витратоміри постійного перепаду тиску. Ультразвукові витратоміри. Коріолісові витратоміри.
6	Вимірювання температури. Температурні шкали. Класифікація промислових вимірювачів температури. Термоперетворювачі опору – термометри опору (ТО): конструкція, біфілярність, провідникові ТО (матеріали, НСХ, діапазон вимірювання), напівпровідникові ТО – особливості. Автоматичні мости: будова, принцип дії, призначення елементів. Конструктивні відмінності мостів постійного струму від мостів змінного струму. Термоелектричні перетворювачі – термопари (ТП). Термоелектричний ефект (Зеєбека та Пельтьє). Основне рівняння термопари. НСХ термопар. Завдання на СРС: Термометри розширення: особливості використання в схемах регулювання. Манометричні термометри: рідинні, газові. Похибки манометричних термометрів, способи їх усунення. Логометри. Компенсація впливу коливань температури довкілля на вимірювання температури ТО.
7	Потенціометричний метод вимірювання ЕРС. Автоматичні потенціометри: будова, принцип дії, призначення елементів, додаткові пристрої; автоматичне внесення поправки на відхилення температури вільних кінців ТП t0' від температури градуювання. Завдання на СРС: Конструкція та властивості термопар. Включення третього провідника в контур ТП. Методи внесення поправки на відхилення температури t0'. Вимірювання складу та фізико-хімічних властивостей речовин. Газоаналізатори теплопровідності (термокондуктометричні). Кондуктометричні концентратоміри: електродні, безелектродні (в т. ч. високочастотні). Завдання на СРС: Класифікація приладів для вимірювання фізико-хімічних властивостей речовин. Магнітні газоаналізатори. Методи вимірювання вологи, діелькометричні та кондуктометричні вологоміри
8	Вимірювання густини: радіоізотопні густиноміри. Вимірювання в'язкості, види в'язкості, класифікація віскозиметрів. Кулькові віскозиметри. Завдання на СРС: Основи pH-метрії. Будова вимірювального та порівнювального електродів. Вторинні прилади pH-метрів.

9	Використання цифрової та мікропроцесорної техніки у засобах автоматичного контролю технологічних параметрів. Застосування цифрової обчислювальної техніки (ЦОТ) у засобах автоматичного контролю: розширення функціональних можливостей ЗВТ. Уведення вимірювальної інформації про технологічні параметри в пристрої ЦОТ. Завдання на СРС: Застосування засобів цифрової обчислювальної техніки у вимірювальних системах. Структурна схема інформаційно-обчислювальної системи.
10	Математичне моделювання систем керування. Види моделей. Методи отримання математичних моделей. Відмінність вимог до моделей для САПР і для систем керування ХТП. Інтегральне перетворення Лапласа, математичні моделі елементарних динамічних ланок. Завдання на СРС: Загальні підходи до математичного моделювання виконавчих механізмів.
11	Розробка та опис структурно-параметричної схема системи керування. Загальні підходи до математичного моделювання об'єктів керування, вимірювачів (датчиків), регуляторів, ліній зв'язку та системи керування в цілому (розімкненої, замкнутої). Завдання на СРС: Перевірка адекватності моделі. Припущення аналітичного моделювання
12	Об'єкти керування (ОК), їх властивості та характеристики. Канали впливу та їх характеристики. Межі ОК. Моделювання статики та динаміки ОК, методи отримання статичних і динамічних характеристик ОК: аналітичний і експериментальний – особливості отриманих моделей. Завдання на СРС: Класифікація об'єктів керування.
13	Динамічні властивості ОК: акумулювальна здатність, самовирівнювання: види самовирівнювання (приклади ОК з різними видами самовирівнювання), визначення виду самовирівнювання ОК за виглядом рівняння динаміки та формою перехідного процесу, швидкодія (приклади обєктів за такими властивостями). Кількісні характеристики інерційності ОК. Завдання на СРС: Способи зниження порядку отриманої математичної моделі.
14	Автоматичні регулятори. Регулятори з лінійними законами регулювання: складові регулювального впливу (пропорційна (П), інтегральна (І), диференційна (Д)). Алгоритми формування регулювальних впливів (закони регулювання) та особливості застосування П-, І-, ПІ-, Д- та ПІД-регуляторів. Цифрові системи керування. Використання КЕОМ у системах керування Завдання на СРС: Регулятори прямої дії. Позиційні регулятори.
15	Технічні засоби автоматизації. Пневматичні та електричні виконавчі механізми, особливості будови та застосування. Електроапарати для керування роботою електроприводів. Регулювальні електроклапани. Шлюзові затвори (для випуску сипких матеріалів з бункерів, циклонів на ін. апаратів). Пристрої сполучення ЕОМ з об'єктами керування: нормувальні перетворювачі, аналого-цифрові та цифро-аналогові перетворювачі. Завдання на СРС: Перехідні перетворювачі (пневмоелектричні та електропневматичні).
16	Системи контролю та керування технологічними процесами хімічних виробництв. Розробка схем автоматизації. Методика аналізу технологічного процесу як об'єкта автоматизації та вибору рівня автоматизації (контроль, регулювання, сигналізація), опису розробленої схеми автоматизації та розрахунку метрологічних характеристик вимірювальних каналів. Завдання на СРС: Особливості керування періодичними ТП.
17	Автоматизація біотехнічних процесів

	Завдання на СРС: Автоматизація типових біотехнічних процесів (конкретизує керівник виконання РГР відповідно до завдання).
18	Залік

Лабораторні роботи

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	Вступне заняття. Доведення до студентів правил роботи в лабораторії та положень техніки безпеки. Ознайомлення з будовою та призначенням лабораторних стендів, визначення переліку лабораторних робіт, видача методичних матеріалів
2	Перетворювачі сигналів і системи передачі вимірювальної інформації. Позиційне регулювання
3	Вимірювання тиску і розрідження. Вимірювальні перетворювачі тиску типу «Сапфір»
4	Термоелектричні перетворювачі
5	Показувальні та реєструвальні прилади для вимірювання температури за допомогою ТП: автоматичні потенціометри та мілівольтметри
6	Показувальні та реєструвальні прилади для вимірювання температури за допомогою ТО: автоматичні мости, логометри, цифро-аналогові реєстратори
7	Вимірювання та сигналізація рівня. Концентратоміри та газоаналізатори
8	Вимірювання витрати
9	Заключне заняття. Підведення результатів виконання лабораторних робіт, здача звітів з лабораторного практикуму

Практичні роботи

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	Умовні позначення функціональних схем автоматизації
2	Вивчення принципів побудови функціональних схем автоматизації
3	Розрахунок метрологічних характеристик інформаційно-вимірювальних каналів
4	Розроблення контурів контролю та керування температурою
5	Розроблення контурів контролю та керування тиском та витратою
6	Розроблення контурів контролю та керування рівнем. Схеми керування електродвигунами
7	Системи автоматичного керування
8	Стійкість систем автоматичного керування
9	МКР

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студентів у межах даного курсу передбачає:

- підготовка до лекції, яка включає ознайомлення з наданим текстом лекції, виявлення малозрозумілих фрагментів і тез, виявлення питань, які на думку студента потребують більш широкого висвітлення, підготовка запитань до викладача, які планується задати протягом лекції (до 1 год на кожну лекцію);
- підготовка до лабораторних та практичних занять, яка включає у себе ознайомлення з темою та метою заняття, завданням, ознайомлення з контрольними запитаннями та формування відповідей на них (до 30 хвилин на кожну роботу);

- оформленні звітів за результатами робіт, проведених на лабораторних заняттях (до 30 хвилин на кожну практичну роботу);
- підготовка до модульної контрольної роботи (до 4 годин);
- підготовка до залікової роботи у разі необхідності або бажання її виконувати (до 6 годин).

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

7.1. Відвідування занять та поведінка на них.

- згідно з розкладом занять кафедри ТПЗА у навчальному семестру студенти обов'язково повинні бути присутніми на лекційних заняттях, на лабораторних заняттях та виконати індивідуальні завдання з модульної контрольної роботи;
- обов'язкове відключення мобільних телефонів або їх переведення в беззвучний режим на усіх заняттях та під час консультацій;
- на лабораторних заняттях студенти обов'язково повинні строго дотримуватись правил з техніки безпеки при роботі з електричними та пневматичними технічними засобами, підключеними на лабораторних стендах.

7.2. Виставлення штрафних та заохочувальних балів.

- окремої процедури захисту модульної контрольної роботи не передбачається, проводиться оцінювання викладачем поданої роботи;
    - критерії оцінювання, розміри нарахування штрафних (за невчасне виконання і здачу лабораторних робіт, модульної контрольної та розрахунково-графічної роботи) і заохочувальних балів, а також терміни їх виконання наведено у «Положенні про рейтингову систему оцінки успішності студентів з дисципліни «Автоматизація біотехнічних систем» (див. п 7);

7.3. Політика дедлайнів та перескладань.

- для нарахування відповідних балів згідно з РСО за семестр студентам потрібно до кінця навчального семестру, у терміни, передбачені РСО, здати відповідному викладачеві звіти: з лабораторних робіт; з модульної контрольної роботи;
- повторне виконання зарахованої модульної контрольної роботи не допускається;
- перескладання заліку допускається лише за відповідними відомостями з деканату факультету і у спосіб, передбачений нормативними документами з організації навчального процесу КПІ ім. Ігоря Сікорського.

7.4. Політика щодо академічної доброчесності.

- студенти, які вивчають дисципліну «Автоматизація біотехнічних систем», повинні дотримуватися правил і норм академічної доброчесності під час виконання усіх видів робіт;
- модульна контрольна робота, виконана з грубим порушенням правил і норм академічної доброчесності оцінюється викладачем у (0,0 балів), крім того студенту нараховуються 4 штрафні бали під час видачі повторно індивідуального завдання.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (РСО)

Рейтинг студента з навчальної дисципліни «Автоматизація у біоінженерії» складається з балів, отриманих за:

1) виконання та захист лабораторних робіт;
2) виконання практичних робіт;
3) виконання модульної контрольної роботи (МКР);
4) виконання та захист розрахунково-графічної роботи (РГР);

3) здачу заліку (додаток Б).

Повний текс РСО з навчальної дисципліни «Автоматизація біотехнічних систем» наведено в Додатку А.

8.1. Модульна контрольна робота.

Модульна контрольна робота містить 4 практичних завдання для кожного студента індивідуально. У завданні наведено також приклади розв’язання подібних задач.

ДОДАТКИ

Додаток А

РЕЙТИНГОВА СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ (РСО)

1. <u>Лабораторні роботи.</u>

Ваговий бал – 4.

Максимальна кількість балів на всіх оцінюваних заняттях $R_{ЛР}$ становить: 4 × 7 = **28**.

Критерії оцінювання

<u>Підготовка до роботи:</u>

- протокол повний і відповідає вимогам до оформлення – 1 бал;
- протокол потребує доповнень чи виправлень – 0,5 бала.

<u>Оформлення і захист результатів роботи (бали):</u>

«відмінно» – 3 бали – наявність і повна підготовка протоколу до здачі (необхідні розрахунки, заповнення таблиць з даними, побудова відповідних графіків), повне володіння матеріалом під час здачі роботи (не менше 90 % відповідей на запитання правильні);

«добре» – 2 бали – наявність і повна підготовка протоколу до здачі (необхідні розрахунки, заповнення таблиць з даними, побудова відповідних графіків), незначні помилки у відповідях на запитання під час здачі роботи (не менше 75 % відповідей на запитання правильні);

«задовільно» – 1 бал – наявність і повна підготовка протоколу до здачі; можливі несуттєві огріхи в оформленні звіту роботи (розрахунках, таблицях або побудованих графіках), понад 60 % відповідей на запитання під час здачі правильні;

«незадовільно» – 0 – наявність і повна підготовка протоколу до здачі; в оформленні звіту (розрахунках, таблицях або побудованих графіках) допущено суттєві похибки, менше 60 % відповідей на запитання під час здачі роботи правильні.

Під час першого заняття (Інструктаж – див. табл. 2) проводиться інструктаж про правила роботи в лабораторії, техніку безпеки, доводяться вимоги до оформлення протоколів лабораторних робіт і захисту виконаної лабораторної роботи, а також здійснюється ознайомлення студентів із системою рейтингових (вагових) балів оцінювання знань.

<u>Заохочення:</u>

- модернізація лабораторних робіт – 1…6 балів;
- виконання завдань із удосконалення дидактичних матеріалів – 1…6 балів.

2. <u>Практичні роботи</u>

Ваговий бал – 3

За повне і правильне виконання завдань ПР – 3 бали.

Максимальна кількість балів за виконання ПР $R_{ПР}$: 3 × 8 =24 **балів.**

3. <u>Модульний контроль</u>

Максимальна кількість балів за виконання МКР $R_{МКР}$: 15 **балів.**

4. <u>Розрахунково графічна робота</u>

Ваговий бал – 33.

Виконання студентами РГР в межах кредитного модуля «Автоматизація біотехнічних систем» складається з двох частин: суми вагових балів $R_{РГР}$(ВИК) = 23, набраних студентом за виконання РГР та оформлення, та суми балів $R_{РГР}$(ЗАХ) = 10, отриманих на захисті виконаної РГР.

Рейтингова шкала РСО розрахунково-графічної роботи оцінюється за залежністю

$$\mathbf{R_{РГР} = R_{РГР}(ВИК) + R_{РГР}(ЗАХ).} \quad (1)$$

Критерії оцінювання

Структурно РГР складається з двох частин: графічної частини та пояснювальної записки, а сума вагових балів за якість її виконання $R_{РГР}$(ВИК) утворюється з балів за:

- якість і повноту оформлення пояснювальної записки (ПЗ) РГР (включно зі специфікацією на використані технічні засоби автоматизації) згідно з вимогами завдання та нормативних документів – **$R_{РГР}$(ПЗ) = 1…10 балів**;

- розробку і виконання схеми автоматизації (СА) відповідно до завдання на РГР на аркуші формату А1, або А2 – $R_{РГР}$(СА) = **1…13 балів**.

Якість виконання завдань РГР оцінюється балами за залежністю

$$\mathbf{R_{РГР}(ВИК) = R_{РГР}(ПЗ) + R_{РГР}(СА).}$$

Якість відповідей під час захисту РГР оцінюється діапазоном $R_{РГР}$(ЗАХ) = **1…10 балів**.

Таким чином,

$$\mathbf{R_{РГР} = R_{РГР}(ПЗ) + R_{РГР}(СА) + R_{РГР}(ЗАХ).} \quad (2)$$

Наведені бали нараховуються, якщо РГР захищається своєчасно, тобто не пізніше встановленого терміну (13-й тиждень – див. табл. 2).

Розрахунок шкали R_C рейтингу

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:

$$\mathbf{R_C = R_{ЛАБ} + R_{ПР} + R_{МКР} + R_{РГР} = 28 + 24 + 15 + 33 = 100 балів.} \quad (3)$$

Таким чином, рейтингова шкала контрольних заходів кредитного модуля «Автоматизація біотехнічних систем» упродовж семестру складає $\boldsymbol{R_C}$**=100 балів**.

Для отримання студентом відповідних оцінок (ECTS та традиційних) його рейтингову оцінку ***R*** переводять згідно з табл. 3:

Таблиця 3

Кількість балів	Оцінка традиційна	
	диференційована	залікова
100 … 95	відмінно	зараховано
94 … 85	дуже добре	
84 … 75	добре	
74 … 65	задовільно	
64 … 60	достатньо	
Менше 60	незадовільно	незараховано
Не виконані умови допуску	не допущено	

Примітка. Якщо у навчальному семестрі на дні проведення лекційних занять, передбачених розкладом, припадають свята чи інші офіційні неробочі дні, що не переносяться на інший час, тоді до суми балів R_C, набраної студентами навчальних груп, для яких такі свята припали на дні прове-

дення цих занять, можуть додаватися відповідні компенсаційні бали, щоб вирівняти їхні рейтингові можливості з групами, в яких ці заняття відбулися.

Умови допуску до семестрового контролю: **позитивна оцінка за модульну контрольну роботу (10 балів або більше) та РГР та виконання і підтвердження правильності отриманих результатів усіх лабораторних та практичних робіт.**

Перелік питань до заліку наведено у додатку Б

ДодатокБ

ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ ДО ЗАЛІКУ

1. Структурні схеми систем автоматичного контролю та керування. Призначення елементів схем. Термінологія («керування», «системи керування», «ОК», «КО», «x», «y», «μ», «λ» тощо).
2. Класифікація систем автоматичного контролю та керування.
3. Регулювання за збуренням (принцип Понселе – Чиколева). Особливості розімкнених систем керування.
9. Регулювання за відхиленням (принцип Ползунова – Уатта). Особливості замкнених систем керування.
10. Комбіновані системи керування.
11. Види керування. Види (класифікація) систем керування.
12. Вимірювання (фізична величина, вимірювана величина, розмір вимірюваної величини, значення вимірюваної величини, рівняння вимірювання). Значущість вимірювань (у науковому і технічному аспекті). Місце вимірювань у системах керування.
13. Класифікація вимірювань. Види вимірювань. Методи вимірювань.
14. Точність вимірювання. Істине та умовно-істине (дійсне) значення вимірюваної величини. Похибки вимірювань (абсолютні й відносні, систематичні й випадкові, інструментальні, методичні, суб'єктивні).
15. Класифікація засобів вимірювальної техніки (ЗВТ): вимірювальні пристрої та засоби вимірювання (ЗВ).
16. Структурні схеми вимірювальних приладів;
17. Структурні схеми вимірювальних перетворювачів.
18. Статичні (діапазон вимірювання, чутливість, поріг чутливості, зона нечутливості) та динамічні (час перехідного процесу, стала часу, час запізнення) характеристики засобів вимірювальної техніки. Елементарні динамічні ланки.
19. Визначення сумарних коефіцієнтів передачі для різних схем з'єднань структурних елементів.
20. Похибки засобів вимірювальної техніки: систематичні та випадкові; основні й додаткові; абсолютна, відносна та зведена.
21. Зворотний вплив засоби вимірювання на вимірювану величину.
22. Похибки засобів вимірювальної техніки: адитивна, мультиплікативна, лінійності, варіація (похибка гістерезису) показань.
23. Нормування метрологічних характеристик (МХ), класи точності засобів вимірювальної техніки. Зв'язок форми зображення класу точності на шкалах засобів вимірювань із особливостями нормування МХ.
24. Державна система приладів і засобів автоматизації (ДСП). Уніфіковані сигнали ДСП.
25. Перетворювачі сигналів (активні та пасивні). Реостатні перетворювачі. Системи дистанційного передавання інформації на базі реостатних перетворювачів, призначення елементів схеми.
26. Ємнісні перетворювачі.
27. Тензометричні перетворювачі.
28. П'єзоелектричні перетворювачі.
29. Види тиску. *Одиниці вимірювання тиску. *Класифікація вимірювачів тиску.
30. Деформаційні вимірювачі тиску, конструкція; поняття та визначення ефективної площі для різних пружних чутливих елементів.

31. Ємнісні, тензометричні та п’єзоелектричні вимірювачі тиску.

32. Диференціальні манометри: обв’язка (підключення до об’єкта); дифманометри тензометричні Сафір/Сапфир. Особливості конструкції дифманометрів-витратомірів. Дифманометр *13ДД11 (пневм.).

33. Вимірювання тиску агресивних і високотемпературних речовин.

34. Температурні шкали. *Класифікація промислових вимірювачів температури.

35. Термометри розширення. Електроконтактні термометри.

36. Манометричні термометри: рідинні, газові. Похибки манометричних термометрів, способи їх усунення.

37. Термоперетворювачі опору – термометри опору (ТО).

38. Незрівноважені мости, умова рівноваги моста; сфера застосування.

39. Зрівноважені мости; умова рівноваги моста; трипровідна схема підключення термометрів опору.

40. Автоматичні мости: будова, принцип дії, призначення елементів. Конструктивні відмінності мостів постійного струму від мостів змінного струму.

41. Логометри.

42. Способи усунення похибок, зумовлених впливом температури довкілля, під час вимірюванні температури за допомогою термометрів опору.

43. Термоелектричнийефект. Термоелектричні перетворювачі – термопари (ТП). Основне рівняння термопари. НСХ термопар.

44. Властивості термопар. Включення третього провідника в контур термопари.

45. Подовжувальні та компенсаційні проводи (вимоги до компенсувальних проводів).

46. Автокомпенсатори.

47. Лабораторні потенціометри;

48. Потенціометри автоматичні: будова, принцип дії, призначення елементів, додаткові пристрої.

49. Способи компенсації похибки, зумовленої відхиленням температури вільних кінців ТП t0’ від температури градуювання t0.

50. Термометрів опору та термопари з уніфікованими вихідними сигналами.

51. Класифікація рівнемірів. Візуальні засоби вимірювання рівня.

52. Поплавкові рівнеміри.

53. Буйкові рівнеміри.

54. Гідростатичні рівнеміри.

55. Електричні вимірювачі рівня (ємнісні, кондуктометричні).

56. Ультразвукові (акустичні) та *радарні рівнеміри.

57. Радіоізотопні рівнеміри.

58. Вагові рівнеміри.

59. Вимірювання рівня сипких та кускових матеріалів.

60. Види витрати. *Класифікація витратомірів.

61. Витратоміри змінного перепаду.

62. Витратоміри постійного перепаду.

63. Тахометричні витратоміри (лічильники кількості та витрати речовини).

64. Електромагнітні (індукційні) витратоміри.

65. Ультразвукові витратоміри.

66. Вихрові витратоміри.

67. Коріолісові витратоміри.
68. Загальні відомості про моделі, види моделей. Методи отримання математичних моделей.
69. Математичне моделювання систем керування.
70. Математичні моделі елементарних динамічних ланок (було – див. пп. 3.3).
71. Загальні підходи до математичного моделювання об'єктів керування (ОК).
72. Загальні підходи до математичного моделювання вимірювача (датчика).
73. Загальні підходи до математичного моделювання регулятора.
74. Загальні підходи до математичного моделювання виконавчого механізму.
75. Загальні підходи до математичного моделювання ліній зв'язку.
76. Загальні підходи до математичного моделювання системи керування (розімкненої, замкнутої).
77. Адекватність моделі.
78. Об'єкти керування (ОК).
79. Класифікація ОК.
80. Канали впливу та їх характеристики. Межі ОК.
81. Статичне моделювання ОК. Методи отримання статичних характеристик ОК. Припущення аналітичного моделювання.
82. Математичне моделювання динаміки ОК. Методи отримання динамічних характеристик.
83. Динамічні властивості ОК:
84. Акумулювальна здатність. Зв'язок з порядком математичної моделі ОК.
85. Самовирівнювання.
86. Швидкодія (транспортне запізнення, інерційність). Кількісні характеристики інерційності ОК.
87. Автоматичні регулятори: принцип роботи, класифікація, загальний алгоритм формуваннярегулювальноговпливу μ, складові μ.
88. Регулятори прямоїдії.
89. Позиційні регулятори.
90. Регулятори з лінійними законами регулювання (складові регулювального впливу μ):
91. П-регулятор.
92. І-регулятор.
93. ПІ-регулятор.
94. Д-регулятор;
95. ПІД-регулятор.
96. Використання ЕОМ у системах керування:
97. Режим радника;
98. Супервізорний режим;
99. Режим прямого цифрового керування.
100. Пристрої зв'язку КЕОМ з об'єктами керування (ПЗО-1, ПЗО-2).

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

- ***склав*** *ст.викл. Жураковський Ярослав Юрійович*
  - ***ухвалено*** *кафедрою технічних та програмних засобів автоматизації (протокол № 16 від 25.06.2025)*
  - ***погоджено*** *Методичною комісією інженерно-хімічного факультету*

(протокол № 11 від 27.06.2025)

Погоджено Методичною комісією факультету біомедичної інженерії (протокол № 1 від 01 вересня 2025р.)