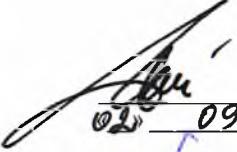
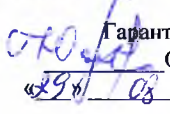




МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНО ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ, ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКИ


«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Перший проректор
Дмитро БАБЕНКО
02 09 2024 р.

Гарант освітньої програми
Олена ЮЛЕВИЧ
«29» 08 2024 р.

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«Автоматизація та управління біотехнологічним
виробництвом» ОК25

Галузь знань	16 «Хімічна інженерія та біоінженерія»
Спеціальність	162 «Біотехнології та біоінженерія»
Освітньо-професійна програма	«Біотехнології та біоінженерія»
Освітній ступінь	бакалавр
Семестр	7 семестр
Форма здобуття освіти	денна форма
Викладач	Циганов Олександр Миколайович, канд. техн. наук, стр.викладач e-mail - ziganov@mnau.edu.ua

Схвалено на засіданні вченої ради факультету технології виробництва і переробки продукції тваринництва, стандартизації та біотехнології.

Протокол № 13 від 25.06. 2024 року.

Голова вченої ради

Михайло ГИЛЬ

Схвалено науково-методичною комісією факультету технології виробництва і переробки продукції тваринництва, стандартизації та біотехнології

(Протокол №11 від 24.06.2024 р.).

Голова науково-методичної комісії, доцент

Галина КАЛИНИЧЕНКО

Розглянуто на засіданні кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки (протокол № 15 від «29» травня 2024 року).

Завідувач кафедри, д-р техн. наук, професор

Андрій СТАВИНСЬКИЙ

Миколаїв 2024

1. Призначення навчальної дисципліни

Метою викладання дисципліни «Автоматизація та управління біотехнологічним виробництвом» є формування у студентів теоретичних, практичних засад і принципів пов'язаних з прийняттям рішень відносно інтенсифікації існуючих біотехнологічних виробництв або запланованих наукових досліджень в цій області, направлених на покращення показників якості мікробіологічних технологій: збільшення кількості продукції, покращення її якості та зниження собівартості завдяки впровадженню сучасних систем автоматизації. Різноманітні виробництва на основі мікробіологічної технології носять багатостадійний характер. Процеси культивування мікроорганізмів проводяться в багатофазних гетерогенних системах з використанням багатокомпонентних живильних середовищ в умовах складних біохімічних механізмів регуляції росту біомаси, синтезу метаболітів та можливістю протікання процесів в автокаталітичному режимі, що і призводить до гострої необхідності автоматичного регулювання цих процесів.

Застосування автоматичних контрольно-вимірювальних пристроїв дозволить забезпечити високу якість мікробіологічної продукції, котра повинна відповідати міжнародним стандартам якості за системою GMP. Підвищення ефективності роботи біотехнологічних виробництв можливо не лише завдяки підготовці спеціалістів – біотехнологів, які володіють спеціальними знаннями в області промислової мікробіології, а і шляхом оптимізації процесів виробництва, які реалізуються за допомогою систем автоматичного керування, контролю біотехнологічних параметрів процесу та збалансованому підборі живильних середовищ.

Під час вивчення навчальної дисципліни «Автоматизація та управління біотехнологічним виробництвом» застосовуються інноваційні педагогічні технології навчання, а саме цілеспрямований системний набір прийомів та засобів з організації освітньої діяльності, які охоплюють процес навчання від мети до програмних результатів. У освітньому процесі використовується освітня платформа Moodle, яка дозволяє використовувати дистанційні підходи у опанування навчального матеріалу, технології Jitsi Meet, а також презентаційні матеріали та відео лекції.

Мовна підготовка у викладанні теоретичного та практичного матеріалу відбувається на державній мові, однак впри застосуванні термінів і понять з іноземних джерел інформації, які стосуються тематики даної навчальної дисципліни, пояснення відбувається на іноземній мові та переводиться на державну.

Методи навчання поділяються на: словесні (розмова), практичні, пояснювально-ілюстративні, оцінка результатів, частково пошукові, дослідницькі методи, самостійна робота, консультації.

Форми оцінювання. Поточний контроль знань: усне опитування, захист повідомлень, тестування, виконання контрольних робіт, перевірка завдань самостійної та індивідуальної роботи. Підсумковий контроль знань: іспит.

2. Мета навчальної дисципліни	Метою дисципліни «Автоматизація та управління біотехнологічним виробництвом» є підготовка фахівців, які здатні проектувати, впроваджувати та експлуатувати автоматизовані системи управління біотехнологічними процесами. Завданням вивчення дисципліни " Автоматизація та управління біотехнологічним виробництвом " є підготовка фахівця до аналізу інформаційних систем та інформаційних технологій для електроенергетичних систем з позицій системного підходу. Завдання: вивчення дисципліни передбачає: - формування класифікації технологічних об'єктів; - оптимальний вибір системи управління технологічними об'єктами; - визначення параметрів управління; - обґрунтування засобів автоматизації. Предмет дисципліни: оптимальний, послідовний біотехнологічний процес завдяки впровадження сучасних систем автоматизації.
3. Компетентності здобувачів бакалаврського рівня вищої освіти	K01. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях; K05. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями; K06. Навички здійснення безпечної діяльності; K18. Здатність обирати і використовувати відповідне обладнання, інструменти та методи для реалізації та контролю виробництв біотехнологічних продуктів різного призначення; K19. Здатність складати технологічні схеми виробництв біотехнологічних продуктів різного призначення; K20. Здатність складати апаратурні схеми виробництв біотехнологічних продуктів різного призначення; K23. Здатність використовувати сучасні автоматизовані системи управління виробництвом біотехнологічних продуктів різного призначення, їх технічне, алгоритмічне, інформаційне і програмне забезпечення для вирішення професійних завдань;

4. Заплановані результати навчальної дисципліни	ПР03. Вміти розраховувати склад поживних середовищ, визначати особливості їх приготування та стерилізації, здійснювати контроль якості сировини та готової продукції на основі знань про фізико-хімічні властивості органічних та неорганічних речовин; ПР07. Вміти застосовувати знання складу та структури клітин різних біологічних агентів для визначення оптимальних умов культивування та потенціалу використання досліджуваних клітин у біотехнології; ПР09. Вміти складати базові поживні середовища для вирощування різних біологічних агентів. Оцінювати особливості росту біологічних агентів на середовищах різного складу; ПР10. Вміти проводити експериментальні дослідження з метою визначення впливу фізико-хімічних та біологічних факторів зовнішнього середовища на життєдіяльність клітин живих організмів; ПР12. Використовуючи мікробіологічні, хімічні, фізичні, фізико-хімічні та біохімічні методи, вміти здійснювати хімічний контроль (визначення концентрації розчинів дезінфікувальних засобів, титрувальних агентів, концентрації компонентів поживного середовища тощо), технологічний контроль (концентрації джерел вуглецю та азоту у культуральній рідині упродовж процесу; концентрації цільового продукту); мікробіологічний контроль (визначення мікробіологічної чистоти поживних середовищ після стерилізації, мікробіологічної чистоти біологічного агента тощо), мікробіологічної чистоти та стерильності біотехнологічних продуктів різного призначення; ПР14. Вміти обґрунтувати вибір біологічного агента, складу поживного середовища і способу культивування, необхідних допоміжних робіт та основних стадій технологічного процесу; ПР24. Вміти розробляти та застосовувати на практиці нові технології, що дозволяють підвищити ефективність рослинництва: регулятори росту рослин, мікробіологічні засоби захисту рослин від хвороб і шкідників, бактеріальні добрива.
--	--

5. У результаті вивчення навчальної дисципліни здобувач бакалавирського рівня вищої освіти повинен	У результаті вивчення модуля студент повинен: – знати основні методи та прилади для вимірювання параметрів біотехнологічних процесів, методи розрахунку похибок засобів вимірювання; статичні та динамічні властивості об'єктів керування, методи побудови математичних моделей об'єктів керування; класифікацію, призначення, структурні схеми, принцип дії систем керування; – уміти будувати структурні схеми систем автоматичного вимірювання параметрів біотехнологічних виробництв та вибирати засоби вимірювання з необхідними технічними та метрологічними характеристиками для їх реалізації; розраховувати похибки систем автоматичного вимірювання; визначати параметри, що характеризують властивості об'єктів регулювання; будувати структурні схеми систем автоматичного регулювання, сигналізації, захисту та блокування. – мати навички: параметричного аналізу об'єктів автоматизації, складання структурних схем контролю і регулювання технологічних параметрів, вибору засобів контролю і регулювання заданих технологічних параметрів, читання схем автоматизації.
--	--

6. Опис навчальної дисципліни	Семестр:	VII
	Кількість кредитів:	3,0 ECTS
	Кількість змістових модулів:	3
	Загальна кількість годин:	90
	Види навчальної діяльності та види навчальних занять, обсяг годин та кредитів:	
	Лекції	30/1 кредитів ECTS
	Практичні заняття:	46/1,53 кредитів ECTS
	Лабораторні заняття	14/0,46 кредитів ECTS
	Самостійна робота:	-
	Форма підсумкова контрольного заходу:	іспит

Календарний план з навчальної дисципліни

Змістовні модулі курсу			Теми	Розподіл навчального часу			Термін виконання, тиждень	Контрольний захід
Найменування	Обсяг, кредити	Сума балів		лекції	пр/лб	самостійна робота		
Змістовий модуль 1. Передаточна функція систем автоматичного	0,41	4,5-6,4	Тема 1. Принципи автоматичного керування. Формалізація диференціальних рівнянь.	4	6,5/2		1 тиждень	

керування	0,41	4,5-6,4	Тема 2. Уява про передаточну функцію. Властивості передаточної функції. Алгебра передаточної функції.	4	6,5/2		3 тиждень	
Змістовий модуль 2. Частотні характеристики САК	0,41	4,5-6,4	Тема 3 Частотні характеристики систем автоматичного керування (САК). Типові структурні ланки.	4	6,5/2		5 тиждень	Проміжний контроль по завершенню модулю
	0,41	4,5-6,4	Тема 4. Побудова логарифмічних амплітудно частотних (ЛАЧХ) характеристик розімкнутих та замкнутих САК.	4	6,5/2		7 тиждень	
Змістовий модуль 3. Стійкість САК	0,41	4,5-6,4	Тема 5. . Постановка задачі стійкості. Алгебраїчні та частотні критерії стійкості.	4	6,5/2		9 тиждень	
	0,41	4,5-6,4	Тема 6. Аналіз САК. Показники якості керування. Коефіцієнти помилок.	4	6,5/2		13 тиждень	Проміжний контроль по завершенню модулю
	0,41	4,5-6,4	Тема 7. Синтез САК. Коректувальні пристрої	4	6,5/2		15 тиждень	
Всього	3,0	36-60	Всього годин по навчальній дисципліні	30	46/14	-	х	х
*Примітка. Проведення видів занять здійснюється відповідно до графіку освітнього процесу								

7. Порядок та критерії оцінювання

Оцінювання результатів навчання проводиться відповідно до Положення про організацію освітнього процесу у Миколаївському національному аграрному університеті СО 5.258.01-00.2018 та Положення про порядок оцінювання здобувачів вищої освіти у Миколаївському національному аграрному університеті СО 5.270.01-00.2020.

Оцінювання знань здобувачів бакалаврського рівня вищої освіти під час практичних занять та виконання самостійних завдань проводиться за такими критеріями:

- 1) обсяг володіння та розуміння навчального матеріалу;
- 2) вільне, самостійне та аргументоване викладання теоретичного матеріалу та його пояснення під час усних виступів і письмових відповідей на питання;
- 3) здатність до аналізу самостійно вивченого матеріалу;
- 4) розуміння, ступінь засвоєння, та використання професійної та наукової термінології;
- 5) вчасна здача та оформлення звітів з практичних робіт.

Оцінювання знань здобувачів бакалаврського рівня вищої освіти за дисципліни «Автоматизація та управління біотехнологічним виробництвом» за якою відповідно до навчальних планів передбачено іспит, здійснюється на основі результатів поточного та підсумкового контролю знань.

Завданням поточного контролю є перевірка розуміння та засвоєння навчального матеріалу, забезпечення зворотного зв'язку між викладачем і студентом у формі усного опитування, письмового експрес-контролю, комп'ютерного тестування, вироблення навичок проведення розрахункових завдань, умінь працювати в команді, умінь опрацьовувати тексти, здатність осмислити теми чи розділу, умінь публічно чи письмово представити певний матеріал (презентацію) тощо.

Завданням підсумкового контролю є перевірка розуміння здобувачем бакалаврського рівня вищої освіти програмного матеріалу в цілому, логіки та взаємозв'язків між окремими розділами, здатності творчого використання накопичених знань, умінь сформулювати своє ставлення до певної проблеми навчальної дисципліни та виконувати індивідуально-дослідницьку роботу за проблемою, що розглядається в дисципліні.

З навчальної дисципліни «Автоматизація та управління біотехнологічним виробництвом», оцінювання рівня знань здійснюється на основі результатів поточного та підсумкового контролю, завдання поточного контролю оцінюються в 60 балів, а завдання, що виконується на підсумковий контроль – 40 балів.

Здобувачі бакалаврського рівня вищої освіти, що набрали менше 36 балів за поточний контроль до екзаменаційної сесії не допускаються. До складання іспиту з дисципліни «Автоматизація та управління біотехнологічним виробництвом» такі здобувачі можуть бути допущені тільки після того, як наберуть необхідну кількість балів і виконають усі передбачені програмою завдання.

Оцінка за змістовні модулі, теми за видами виконання завдань з дисципліни						
№	Змістові модулі	Кількість заходів	Оцінка в балах		Сума балів	
			min	max	min	max
	Змістовий модуль 1.	x	x	x	x	x
1.	Виконання практичних робіт, аналітична оцінка	1	4	7	4	7
2.	Виконання лабораторних робіт, аналітична оцінка	1	3	5	3	5
3.	Проміжний контроль по завершенню модулю	1	3	5	3	5
	Разом за змістовним модулем 1	3	10	17	10	17
	Змістовий модуль 2.	x	x	x	x	x
1.	Виконання практичних робіт, аналітична оцінка	1	4	7	4	7
2.	Виконання лабораторних робіт, аналітична оцінка	1	3	5	3	5
3.	Проміжний контроль по завершенню модулю	1	3	5	3	5
	Разом за змістовним модулем 2	3	10	17	10	17
	Змістовий модуль 2.	x	x	x	x	x
1.	Виконання практичних робіт, аналітична оцінка	3	13	21	13	21
2.	Виконання лабораторних робіт, аналітична оцінка	1	3	5	3	5
	Разом за змістовним модулем 3	4	16	26	16	26
	Разом за семестр		x		36	60
	Екзаменаційна робота		x		24	40

Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти, та шкала оцінювання - іспит		
Сума балів за всі види освітньої діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою
90-100	A	5 (відмінно)
82-89	B	4 (добре)
75-81	C	4 (добре)
64-74	D	3 (задовільно)
60-63	E	3 (задовільно)
35-59	FX	не зараховано з можливістю повторного складання
0-34	F	2 (незадовільно)

Критерії оцінювання навчальних досягнень			
Рівні навчальних досягнень	100- бальна шкала	Критерії оцінювання навчальних досягнень	
		Теоретична підготовка	Практична підготовка
		здобувач вищої освіти	
Відмінний	100...90	вільно володіє навчальним матеріалом, висловлює свої думки, робить аргументовані висновки, рецензує відповіді інших студентів, творчо виконує індивідуальні та колективні	може аргументовано обрати раціональний спосіб виконання завдання й оцінити результати власної практичної діяльності; виконує за-

		завдання; самостійно знаходить додаткову інформацію та використовує її для реалізації поставлених перед ним завдань; вільно використовує нові інформаційні технології для поповнення власних знань	вдання, не передбачені навчальною програмою; вільно використовує знання для розв'язання поставлених перед ним завдань
Достатній	89....75	вільно володіє навчальним матеріалом, застосовує знання на практиці; узагальнює і систематизує навчальну інформацію, але допускає незначні огріхи у порівняннях, формулюванні висновків, застосуванні теоретичних знань на практиці	за зразком самостійно виконує практичні завдання, передбачені програмою; має стійкі навички виконання завдання
Задовільний	74...60	володіє навчальним матеріалом поверхово, фрагментарно, на рівні запам'ятовування відтворює певну частину навчального матеріалу	з елементами логічних зв'язків, знає основні поняття навчального матеріалу має елементарні, нестійкі навички виконання завдання
Незадовільний	59...26	має фрагментарні знання (менше половини) при незначному загальному обсязі навчального матеріалу; відсутні сформовані уміння та навички; під час відповіді допускаються суттєві помилки	планує та виконує частину завдання за допомогою викладача
Неприйнятний	25...1	студент не володіє навчальним матеріалом	виконує лише елементи завдання, потребує постійної допомоги викладача

8. Політика курсу

Політика курсу визначається системою вимог, які висуваються до здобувачів бакалаврського рівня вищої освіти під час вивчення дисципліни та ґрунтуються до тримання правил академічної доброчесності та корпоративної етики.

Політику навчальної дисципліни будується з урахуванням:

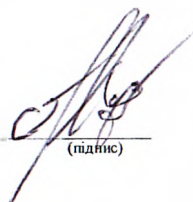
1. Норм законодавства України щодо академічної доброчесності, Ст. 42 ЗУ Про освіту від 05.09.2017 № 2145-VIII;
2. Статуту Миколаївського національного аграрного університету МОН України; Наказ від 21.12.2016 № 1581.
3. Положень та інших нормативних документів Миколаївського національного аграрного університету:
 - Кодекс академічної доброчесності у Миколаївському національному аграрному університеті;
 - Програма реалізації стратегії розвитку Миколаївського національного аграрного університету на період 2016-2023 рр.;
 - Настанова з якості;
 - Положення про раду з якості;
 - Положення «Про Раду здобувачів вищої освіти з якості освіти»;

	Положення «Про опитування учасників освітнього процесу та зацікавлених осіб у Миколаївському національному аграрному університеті»; Положення про вдосконалення організації самостійної роботи студентів в Миколаївському національному аграрному університеті; Положення про апеляційні комісії. За порушення академічної доброчесності здобувачі вищої освіти можуть бути притягнені до академічної відповідальності відповідно до ст. 42 Академічна доброчесність ЗУ Про освіту від 05.09.2017 № 2145-VIII; До здобувачів бакалаврського рівня вищої освіти висуваються наступні вимоги: -виконання мінімального обсягу всіх передбачених завдань; -відпрацювання всіх пропущених (з причини або без) занять за графіком відпрацювань у дні консультацій викладача; -дотримання принципів академічної доброчесності; недопущення плагіату; -активна участь у роботі на парі; обов'язкова участь в усіх видах контролю. Враховуються активність здобувачів щодо використання інформаційних технологій та інновацій у підготовці до занять, використання можливостей участі у науковій роботі та неформальній освіті. Стягнення за порушення принципів академічної доброчесності під час навчання та проходження підсумкового контролю (плагіат, фальсифікація, списування тощо): повторний контроль; зниження оцінки; попередження адміністрації факультету.
9. Інформаційні джерела	Основна 1. Кутін В. М., Лесько В. О., Півнюк Ю. Ю. Теорія автоматичного керування : лабораторний практикум. Вінниця : ВНТУ, 2019. 106 с. 2. Мовчан Л., Лупенко А. Теорія автоматичного керування. Лабораторний практикум. Тернопіль : ТНТУ, 2023. 81 с. 3. Пістун Є. П., Стасюк І. Д. Основи автоматики та автоматизації. Львів : Львів. політехніки, 2018. 336 с. 4. Попович М. Г., Ковальчук О. В. Теорія автоматичного керування. підручник. Київ : Либідь, 2017. 656 с. 5. Ткачев В., Стаднік М., Шевченко В. Технічні засоби автоматизації. підручник. НТУ «Дніпр. політехніка», 2018. 142 с. 6. Штіфзон О. Й., Новіков П. В., Бунь В. Теорія автоматичного управління навчальний посібник. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 144 с.

	Додаткова 1. Варфоломів І., Непом'ящий Д., Мардзявко В. Конструкторська розробка електротехнологічного вузла установки очищення стічних вод. <i>Технічні науки в Україні: сучасні тенденції розвитку</i>: матеріали II Всеукр. науково-техн. інтернет-конф., м. Київ, 21 листоп. 2020 р. 2020. С. 128–130. 2. Мардзявко В. Автоматизація виробництва в елеваторному комплексі як шлях зменшення виробничих та енергетичних втрат. <i>Стратегія інтеграції аграрної освіти, науки, виробництва: глобальні виклики продовольчої безпеки та змін клімату</i>: доп. учасників міжнар. науково-практ. конф. Міжнар. форуму, м. Миколаїв, 28 трав. 2022 р. Миколаїв, 2021. 3. Мардзявко В. Аналіз організації керування об'єднаннями для забезпечення транспортування зернової продукції на елеваторах. <i>Інженерія природокористування</i>. 2020. Т. 4, № 18. С. 35–41. 4. Сакара В. А., Мардзявко В. А. Класичні та нетрадиційні способи вдосконалення електромеханічних пристроїв. <i>Перспективна техніка і технології – 2020</i>: матеріали XVI міжнарод. наук.-практ. конф. молод. уч., аспір. і студ. м. Миколаїв, 24 верес. 2020 р. Миколаїв, 2020. С. 30–32. 5. Тимчук С. О., Сиротенко М. О., Мардзявко В. Підвищення ефективності технологічного процесу елеваторного комплексу за рахунок оптимальної маршрутизації. <i>Інженерія природокористування</i>. 2021. Т. 4, № 22. С. 82–88.
10. Інтеграція здобувачів бакалаврського рівня вищої освіти з особливими освітніми потребами	Набуття програмних результатів в умовах інклюзивної освіти здійснюється відповідно до Положення про організацію інклюзивного навчання осіб з особливими освітніми потребами у Миколаївському національному аграрному університеті СО 5.279.01-00.2020 із застосуванням особистісно орієнтованих методів навчання та з урахуванням індивідуальних особливостей навчально-пізнавальної діяльності усіх здобувачів вищої освіти, рекомендацій індивідуальної програми реабілітації особи з інвалідністю (за наявності) та/або висновку про комплексну психолого-педагогічну оцінку розвитку здобувачів вищої освіти (за наявності), що надається інклюзивно-ресурсним центром. Можливість дистанційного (або очно-дистанційного) навчання з використання наступних засобів: 1. Система Moodle (https://moodle.mnau.edu.ua/course/view.php?id=2896 – лекційний матеріал, практичні завдання, напрями наукової та індивідуальної роботи, завдання для самостійної роботи); 2. Платформа онлайн-занять Zoom – для проведення

	індивідуальних практичних занять, консультацій тощо; 3. Електронний репозитарій МНАУ – для використання інформаційних матеріалів (http://dspace.mnau.edu.ua/jspui/simple-search?query=%D0%BC%D0%B0%D0%BD%D1%83%D1%88%D0%BA%D1%96%D0%BD%D0%B0); 4. Аудіо- та відеоповідомлення з лекційним матеріалом, поясненням особливостей завдань та напрямками їх виконання тощо; 5. Спілкування через електронну пошту (mardziavko@mnau.edu.ua) та телефонний зв'язок; 6. Залучення до освітньо-наукових заходів в онлайн-режимі; 7. Індивідуальний підхід до викладення матеріалу навчальної дисципліни; 8. Можливість залучення до освітнього процесу куратора академічної групи та людини, яка знаходиться поряд з здобувачем вищої освіти з особливими освітніми потребами (батьки, сестра, брат та інших).
II. Доступ до матеріалів навчання	Робоча програма дисципліни, її силабус та навчально-методичний комплекс дисципліни (https://moodle.mnau.edu.ua/course/view.php?id=3840) з необхідним його наповненням розташовано на офіційному сайті Миколаївського національного аграрного університету (https://www.mnau.edu.ua).

Силабус з навчальної дисципліни розроблено:
канд. техн. наук, ст. викл.
кафедри ЕЕЕ



(підпис)

Олександр ЦИГАНОВ
(прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МІКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНО-ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

ПОГОДЖЕНО
Декан факультету ТВППТСБ
Михайло ГИЛЬ
« 23 » 08 2024 р.

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Перший проректор
Дмитро БАБЕНКО
« 02 » 09 2024 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА УПРАВЛІННЯ БІОТЕХНОЛОГІЧНИМ
ВИРОБНИЦТВОМ» ОК25

для здобуття ступеню першого бакалаврського рівня за денною формою здобуття освіти (4 курс) на 2024-2025 навчальний рік

Галузь знань 16 «Хімічна та біоінженерія»

Спеціальність 162 «Біотехнології та біоінженерія»

Освітній ступінь : Перший (бакалаврський) рівень вищої освіти

Кваліфікація: Бакалавр з біотехнологій та біоінженерії

Мова навчання – українська мова.

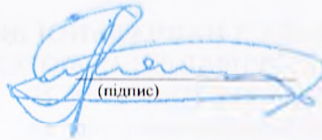
ПЕРЕДМОВА

Програма відповідає вимогам освітньо-професійної програми підготовки здобувачів вищої освіти «Біотехнології та біоінженерія» зі спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, яка затверджена вченою радою Миколаївського національного аграрного університету 30.03.2021 р. (протокол №8).

Розробники: канд. техн. наук, ст. виклд. кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки Олександр ЦИГАНОВ, Миколаївський національний університет.

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, протокол № 15 від " 29 " 05 2024 року.

Завідувач кафедри
електроенергетики,
електротехніки та
електромеханіки
д-р. техн. наук, професор

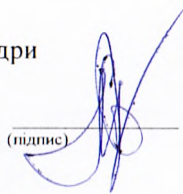


(підпис)

Андрій СТАВИНСЬКИЙ

Схвалено науково-методичною комісією інженерно-енергетичного факультету Миколаївського національного аграрного університету, протокол № 10 від " 12 " 06 2024 року.

Голова науково-методичної
комісії канд. техн. наук, доцент кафедри
електроенергетики,
електротехніки та електромеханіки



(підпис)

Володимир МАРТИНЕНКО

Відповідальна за дотримання вимог нормативних документів щодо розробки робочих програм навчальних дисциплін (практичної підготовки), навчально-методичних комплексів та си́лабусів, д-р. екон. наук, проф.

(підпис) Наталя СІРЕНКО

© МНАУ, 2024 рік

© МНАУ, 2025 рік

І. АНОТАЦІЯ

Автоматизація виробничих процесів створює певні техніко-економічні переваги у всіх галузях сучасного господарства України. В першу чергу змінюється характер і умови праці на виробництві. Скорочуються до мінімуму трудові затрати, знижується психологічне навантаження працівника, на ньому залишаються лише функції по перенастроювані автоматичних систем на нові режими та участь в ремонтно-налагоджувальних роботах. Зменшується число обслуговуючого персоналу і затрати на його утримання.

Важливе питання автоматизації - встановлення її раціонального рівня та об'єму, який повинен бути економічно обгрунтований, і визначення методів та засобів автоматизації. Впровадження автоматизації приносить значний економічний ефект за рахунок заощадження енергетичних ресурсів, збільшення виробничих потужностей, підвищення якості продукції.

Прийняття рішень відносно інтенсифікації існуючих біотехнологічних виробництв або наукових досліджень, що плануються в цій області, направлені на покращення показників мікробіологічних технологій: збільшення кількості продукції, покращення її якості та зниження собівартості завдяки впровадженню сучасних систем автоматизації. Різноманітні виробництва на основі біотехнології носять багатостадійний характер. Процеси культивування мікроорганізмів проводяться в багатофазних гетерогенних системах з використанням багатокомпонентних живильних середовищ в умовах складних біохімічних механізмів регуляції росту біомаси, що й призводить до гострої необхідності автоматичного регулювання цих процесів.

Ключові слова: передаточна функція, частотні характеристики, критерії стійкості, помилка керування, зворотній зв'язок, виконавчі елементи, статичні характеристики, динамічні характеристики, регулятор, коректувальний пристрій, показники якості керування.

ANNOTATION

Automation of production processes creates certain technical and economic advantages in all sectors of the modern economy of Ukraine. First of all, changing the nature and conditions of the workplace. Decreasing minimize labor costs, lowers employee psychological stress, only functions on automated systems and new modes involved in the repair and adjustment work. Reduces the number of staff and the cost of its maintenance.

The important question of automation - the establishment of its management level and volume that must be economically justified, and determine methods and automation. The introduction of automation brings significant economic benefit by saving energy, increase production capacity, improve product quality.

The purpose of teaching is to develop the theoretical and practical foundations and principles related to deciding intensification of existing industries or biotechnological research planned in this field aimed at improvement in microbiological technologies

to increase the number of products, improve its quality and reduce costs through the introduction of modern automation systems. Heterogeneous production through microbial technologies are multi-stage character. Processes of culturing microorganisms held in multiphase heterogeneous systems using multi-nutrient in terms of complex biochemical mechanisms of regulation of growth of biomass, synthesis of metabolites and the possibility of processes in different mode, which results in urgent need of automatic control of these processes.

Keywords: transfer function, frequency characteristics, stability criteria, control error, feedback, actuators, static characteristics, dynamic characteristics, regulator, corrective device, control quality indicators.

2. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

«Автоматизація та управління біотехнологічним виробництвом»

Галузь знань 16 «Хімічна та біоінженерія»

Спеціальність 162 «Біотехнології та біоінженерія»

Освітній ступінь : Перший (бакалаврський) рівень вищої освіти

Кваліфікація: Бакалавр з біотехнологій та біоінженерії

Семестр VII

Кількість кредитів ECTS 3,0

Кількість змістових модулів 3

Загальна кількість годин 90

Види навчальної діяльності та види навчальних занять, обсяг годин та кредитів:

Лекції 30/1 кредитів ECTS

Практичні заняття 46/1,53 кредитів ECTS

Лабораторні заняття 14/0,46 кредитів ECTS

Форма підсумкова контрольного заходу- екзамен.

Дисципліна "Автоматизація та управління біотехнологічним виробництвом" призначена для ознайомлення здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти із впровадження автоматизації в технологічний процес виробництва, значення економічного ефекту, збільшення виробничих потужностей, підвищення якості продукції.

Зміни у змістовному наповненні програми. Робоча програма щорічно оновлюється з урахуванням пропозицій усіх груп стейкхолдерів та результатів опитування здобувачів першого бакалаврського рівня освіти, роботодавців та випускників ОПП 162 «Біотехнології та біоінженерія». Також робоча програма оновлюється відповідно до робочих навчальних планів підготовки здобувачів першого бакалаврського рівня освіти Миколаївського національного університету. Оновлюються теми лекцій відповідно до розвитку досліджень та технічного рівня обладнання, яке стосується даної дисципліни.

Передбачені неформальні освітні заходи. Здобувачів першого бакалаврського рівня освіти пропонуються протягом вивчення дисципліни: індивідуальні завдання, участь у студентських конференціях, всеукраїнських олімпіадах та студентських наукових конкурсах, участь у вебінарах та семінарах, участь у відкритих лекціях, які проводять поза межами навчального процесу, участь в дуальній освіті. Здобувач першого бакалаврського рівня освіти має право самостійно обирати напрям і вид неформальних освітніх заходів. Оцінка їхніх результатів відбувається за наявності документального підтвердження (сертифікат, свідоцтво, скріншот, програма, запрошення тощо). Перезарахування дисципліни або окремих тем відбувається за бажання здобувача першого бакалаврського рівня освіти підстави нормативної внутрішньої документації та Положень МНАУ.

Передбачені інформальні освітні заходи. Під час вивчення навчальної дисципліни «Автоматизація та управління біотехнологічним виробництвом» застосовуються інноваційні педагогічні технології навчання, а саме цілеспрямований системний набір прийомів та засобів з організації освітньої діяльності, які охоплюють процес навчання від мети до програмних результатів. У освітньому процесі використовується освітня платформа Moodle, яка дозволяє використовувати дистанційні підходи у опанування навчального матеріалу, технології Jitsi Meet, а також презентаційні матеріали та відео лекції.

Можливості набуття програмних результатів в умовах інклюзивної освіти. Вхід факультету облаштовано кнопкою виклику чергового. Є відповідальні особи, які організовують освітній процес (декан, заступники декана, куратор).

Можливість дистанційного (або очно-дистанційного) навчання через:

- систему Moodle (<https://moodle.mnau.edu.ua/course/view.php?id=3840> - лекційний матеріал, практичні завдання, напрями наукової та творчої роботи, завдання на самостійне опрацювання);

- платформу онлайн-занять Zoom – для проведення індивідуальних практичних занять, консультацій тощо;

- електронний репозитарій МНАУ – для використання інформаційних матеріалів (<http://dspace.mnau.edu.ua/jspui>);

- аудіо- та відеоповідомлення з лекційним матеріалом, поясненням особливостей завдань та напрямками їх виконання тощо;

- спілкування через електронну пошту (mardzavko@mnau.edu.ua) та телефонний зв'язок;

- залучення до освітньо-наукових заходів в онлайн-режимі;

- індивідуальний підхід до викладення матеріалу навчальної дисципліни;

- можливість залучення до освітнього процесу куратора академічної групи та людини, яка знаходиться поряд з здобувачем першого бакалаврського рівня освіти з особливими освітніми потребами (батьки, сестра, брат та інших).

Мовна підготовка. Дисципліна викладається українською мовою. Водночас, з кожної теми виділено ключові слова, які здобувачі вивчають англійською мовою. При застосуванні термінів і понять з іноземних джерел інформації, які стосуються тематики даної навчальної дисципліни, пояснення відбувається на іноземній мові та переводиться на державну. Здобувачі першого бакалаврського

вищої освіти мають можливість брати участь та доповідатися у вебінарах та наукових заходах на державній або англійській мові.

Форми навчання. Денна або заочна (дистанційна, змішана – за наказом по університету, наприклад у зв'язку із дотриманням карантинних заходів). Освітній процес реалізується у таких формах: навчальні заняття (лекційні заняття, практичні заняття, консультації), індивідуальні завдання, самостійна робота, контрольні заходи.

Методи навчання. Словесні (розмова), практичні, пояснювально-ілюстративні, оцінка результатів, частково пошукові, дослідницькі методи, самостійна робота, консультації.

Форми оцінювання. Поточний контроль знань: усне опитування, захист повідомлень, тестування, виконання контрольних робіт, перевірка завдань самостійної та індивідуальної роботи. Підсумковий контроль знань: екзамен.

3. МЕТА ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

«Автоматизація та управління біотехнологічним виробництвом»

Метою викладання дисципліни «Автоматизація та управління біотехнологічним виробництвом» є формування у студентів теоретичних, практичних засад і принципів пов'язаних з прийняттям рішень відносно інтенсифікації існуючих біотехнологічних виробництв або запланованих наукових досліджень в цій області, направлених на покращення показників якості мікробіологічних технологій: збільшення кількості продукції, покращення її якості та зниження собівартості завдяки впровадженню сучасних систем автоматизації. Різноманітні виробництва на основі мікробіологічної технології носять багатостадійний характер. Процеси культивування мікроорганізмів проводяться в багатофазних гетерогенних системах з використанням багатокомпонентних живильних середовищ в умовах складних біохімічних механізмах регуляції росту біомаси, синтезу метаболітів та можливістю протікання процесів в автокаталітичному режимі, що і призводить до гострої необхідності автоматичного регулювання цих процесів.

Застосування автоматичних контрольно-вимірювальних пристроїв дозволить забезпечити високу якість мікробіологічної продукції, котра повинна відповідати міжнародним стандартам якості за системою GMP. Підвищення ефективності роботи біотехнологічних виробництв можливо не лише завдяки підготовці спеціалістів – біотехнологів, які володіють спеціальними знаннями в області промислової мікробіології, а і шляхом оптимізації процесів виробництва, які реалізуються за допомогою систем автоматичного керування, контролю біотехнологічних параметрів процесу та збалансованому підборі живильних середовищ.

Освоєння дисципліни відкриє студентам нові перспективні напрямки отримання високої якості вторинних метаболітів, котрі широко використовуються в медицині, сільському господарстві, хімічній промисловості, парфумерії, косметичі, а і дозволить планувати проведення технологічних процесів зі зменшенням браку та відходів виробництва, зниженням капітальних витрат, сировини, енергії та збільшенням строків міжремонтного пробігу обладнання.

Завданням вивчення дисципліни " Автоматизація та управління біотехнологічним виробництвом " є підготовка фахівця до аналізу інформаційних систем та інформаційних технологій для електроенергетичних систем з позицій системного підходу.

Завдання: вивчення дисципліни передбачає:

- формування класифікації технологічних об'єктів;
- оптимальний вибір системи управління технологічними об'єктами;
- визначення параметрів управління;
- обґрунтування засобів автоматизації.

Предмет дисципліни: оптимальний, послідовний біотехнологічний процес завдяки впровадження сучасних систем автоматизації.

У результаті вивчення модуля студент повинен:

– знати основні методи та прилади для вимірювання параметрів біотехнологічних процесів, методи розрахунку похибок засобів вимірювання; статичні та динамічні властивості об'єктів керування, методи побудови математичних моделей об'єктів керування; класифікацію, призначення, структурні схеми, принцип дії систем керування;

– уміти будувати структурні схеми систем автоматичного вимірювання параметрів біотехнологічних виробництв та вибирати засоби вимірювання з необхідними технічними та метрологічними характеристиками для їх реалізації; розраховувати похибки систем автоматичного вимірювання; визначати параметри, що характеризують властивості об'єктів регулювання; будувати структурні схеми систем автоматичного регулювання, сигналізації, захисту та блокування.

– мати навички: параметричного аналізу об'єктів автоматизації, складання структурних схем контролю і регулювання технологічних параметрів, вибору засобів контролю і регулювання заданих технологічних параметрів, читання схем автоматизації.

Таблиця І Компетентності здобувачів першого бакалаврськогвищої освіти

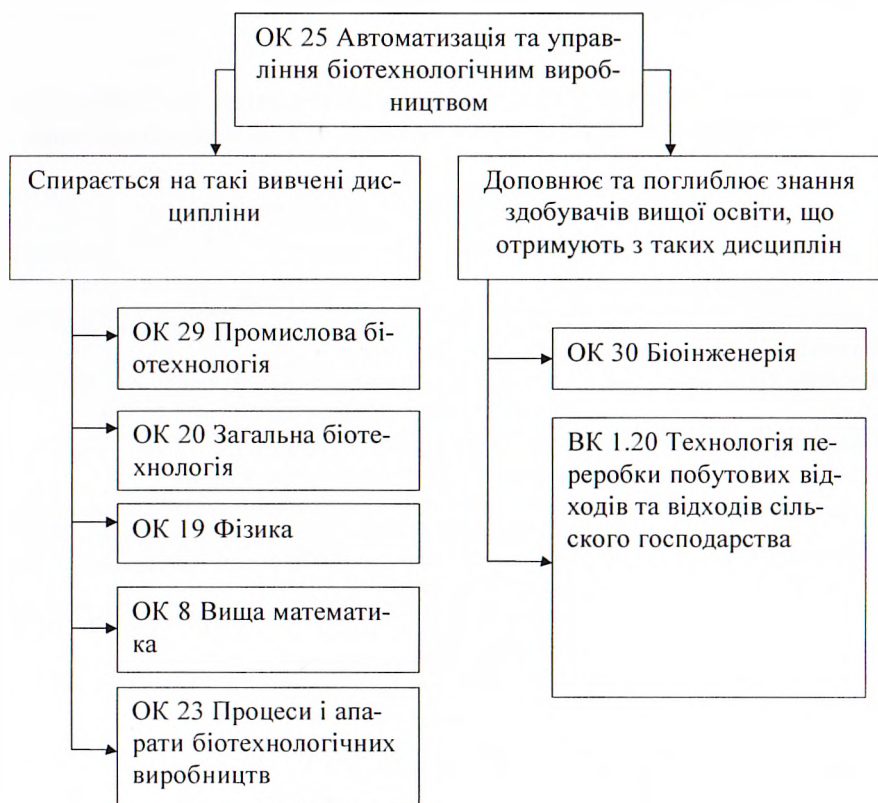
Компетентності	Змістовність
Інтегральні	Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми, що характеризуються комплексністю та невизначеністю умов у біотехнології та біоінженерії, або у процесі навчання, що передбачає застосування теорій та методів біотехнології та біоінженерії.
Загальні	K01. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;
	K05. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями;
	K06. Навички здійснення безпечної діяльності;
Фахові	K18. Здатність обирати і використовувати відповідне обладнання, інструменти та методи для реалізації та контролю виробництв біотехнологічних продук-

Програмні результати навчання	тів різного призначення;
	K19. Здатність складати технологічні схеми виробництв біотехнологічних продуктів різного призначення;
	K20. Здатність складати апаратурні схеми виробництв біотехнологічних продуктів різного призначення;
	K23. Здатність використовувати сучасні автоматизовані системи управління виробництвом біотехнологічних продуктів різного призначення, їх технічне, алгоритмічне, інформаційне і програмне забезпечення для вирішення професійних завдань;
	ПР03. Вміти розраховувати склад поживних середовищ, визначати особливості їх приготування та стерилізації, здійснювати контроль якості сировини та готової продукції на основі знань про фізико-хімічні властивості органічних та неорганічних речовин;
	ПР07. Вміти застосовувати знання складу та структури клітин різних біологічних агентів для визначення оптимальних умов культивування та потенціалу використання досліджуваних клітин у біотехнології;
	ПР09. Вміти складати базові поживні середовища для вирощування різних біологічних агентів. Оцінювати особливості росту біологічних агентів на середовищах різного складу;
	ПР10. Вміти проводити експериментальні дослідження з метою визначення впливу фізико-хімічних та біологічних факторів зовнішнього середовища на життєдіяльність клітин живих організмів;
	ПР12. Використовуючи мікробіологічні, хімічні, фізичні, фізико-хімічні та біохімічні методи, вміти здійснювати хімічний контроль (визначення концентрації розчинів дезінфікувальних засобів, титрувальних агентів, концентрації компонентів поживного середовища тощо), технологічний контроль (концентрації джерел вуглецю та азоту у культуральній рідині упродовж процесу; концентрації цільового продукту); мікробіологічний контроль (визначення мікробіологічної чистоти поживних середовищ після стерилізації, мікробіологічної чистоти біологічного агента тощо), мікробіологічної чистоти та стерильності біотехнологічних продуктів різного призначення;

	ПР14. Вміти обґрунтувати вибір біологічного агента, складу поживного середовища і способу культивування, необхідних допоміжних робіт та основних стадій технологічного процесу; ПР24. Вміти розробляти та застосовувати на практиці нові технології, що дозволяють підвищити ефективність рослинництва: регулятори росту рослин, мікробіологічні засоби захисту рослин від хвороб і шкідників, бактеріальні добрива.
--	--

4. МІСЦЕ ДИСЦИПЛІНИ У СТРУКТУРІ НАВЧАЛЬНИХ ДИСЦИПЛІН

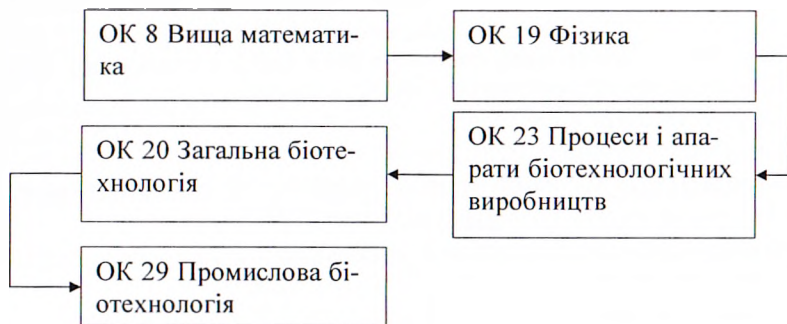
«Автоматизація та управління біотехнологічним виробництвом»



5. ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

«Автоматизація та управління біотехнологічним виробництвом»

Вказуємо перелік навчальних дисциплін, які мають бути вивчені раніше або перелік раніше досягнутих результатів навчання, які дають можливість розпочати навчання за цією дисципліною:



6. СТРУКТУРНО-ЛОГІЧНА СХЕМА ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

«Автоматизація та управління біотехнологічним виробництвом»

Таблиця 2. Змістовні модулі та їхнє наповнення

Модулі	Тем
Змістовний модуль 1. Передаточна функція систем автоматичного керування	Тема 1. Принципи автоматичного керування. Формалізація диференційних рівнянь.
	Тема 2. Уява про передаточну функцію. Властивості передаточної функції. Алгебра передаточної функції.
Змістовний модуль 2. Частотні характеристики САК	Тема 3 Частотні характеристики систем автоматичного керування (САК). Типові структурні ланки.
	Тема 4. Побудова логарифмічних амплітудно частотних (ЛАЧХ) характеристик розімкнутих та замкнутих САК.
Змістовний модуль 3. Стійкість САК	Тема 5. . Постановка задачі стійкості. Алгебраїчні та частотні критерії стійкості.
	Тема 6. Аналіз САК. Показники якості керування. Коефіцієнти помилок.
	Тема 7. Синтез САК. Коректувальні пристрої

7. ЗМІСТ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

«Автоматизація та управління біотехнологічним виробництвом»

Відповідно до навчального плану спеціальності 162–«Біотехнології та біоінженерія» навчальна дисципліна «Автоматизація та управління біотехнологічним виробництвом» вивчається здобувачами вищої освіти протягом 7 семестру (4 курс освітнього ступеня бакалавр). Навчальна дисципліна Автоматизація та управління біотехнологічним виробництвом» розрахована на 90,0 годин / 3 кредити ECTS (3 змістовні модулі), у тому числі теоретичний курс включає: 30,0 годин лекцій / 1 кредит ECTS, 46 годин практичних занять / 1,47 кредит ECTS, лабораторні роботи – 14,0 годин / 0,53 кредити ECTS.

Таблиця 3. Розподіл освітнього часу за видами занять та контрольні заходи

Змістовні модулі курсу			Теми	Розподіл навчального часу			Термін виконання, тиждень	Контрольний захід
Найменування	Обсяг, кредити	Сума балів		лекції	пр/лб	самостійна робота		
Змістовий модуль 1. Передаточна функція систем автоматичного керування	0.41	4,5-6,4	Тема 1. Принципи автоматичного керування. Формалізація диференціальних рівнянь.	4	6.5/2		1 тиждень	
	0.41	4,5-6,4	Тема 2. Уява про передаточну функцію. Власності передаточної функції. Алгебра передаточної функції.	4	6.5/2		3 тиждень	
Змістовий модуль 2. Частотні характеристики САК	0.41	4,5-6,4	Тема 3 Частотні характеристики систем автоматичного керування (САК). Типові структурні ланки.	4	6,5/2		5 тиждень	Проміжний контроль по завершенню модулю
	0.41	4,5-6,4	Тема 4. Побудова логарифмічних амплітудно частотних (ЛАЧХ) характеристик розімкнутих та замкнутих САК.	4	6.5/2		7 тиждень	
Змістовий модуль 3. Стьйкість САК	0.41	4,5-6,4	Тема 5. . Постановка задачі стійкості. Алгебраїчні та частотні критерії стійкості.	4	6.5/2		9 тиждень	
	0.41	4,5-6,4	Тема 6. Аналіз САК. Показники якості керування. Коефіцієнти помилок.	4	6.5/2		13 тиждень	Проміжний контроль по завершенню модулю

	0,41	4,5-6,4	Тема 7. Синтез САК. Коректувальні пристрої	4	6,5/2		15 тиждень	
Всього	3,0	36-60	Всього годин по на- вчальній дисципліні	30	46/14	-	x	x

7.1. Загальний розподіл годин і кредитів, склад, обсяг і терміни виконання змістових модулів

Таблиця 4. Змістовні модулі та розподіл часу

Змістовні модулі курсу			Теми	Розподіл навчального часу			Термін виконання, тиждень	Контрольний захід
Найменування	Обсяг, кредити	Сума балів		лекцій	пр/лб	самостійна робота		
Змістовий модуль 1. Передаточна функція систем автоматичного керування	0.82	9-12,8	Тема 1. Принципи автоматичного керування. Формалізація диференціальних рівнянь. Тема 2. Уява про передаточну функцію. Властивості передаточної функції. Алгебра передаточної функції.	8	13/4		3 тиждень	
Змістовий модуль 2. Частотні характеристики САК	0.82	9-12,8	Тема 3 Частотні характеристики систем автоматичного керування (САК). Типові структурні ланки. Тема 4. Побудова логарифмічних амплітудно частотних (ЛАЧХ) характеристик розімкнутих та замкнутих САК.	8	13/4		7 тиждень	Проміжний контроль по завершенню модулю

Змістовий модуль 3. Сійкість САК	1,23	13,5-19,2	Тема 5. . Постанова задачі сійкості. Алгебраїчні та частотні критерії сійкості. Тема 6. Аналіз САК. Показники якості керування. Коефіцієнти помилок. Тема 7. Синтез САК. Коректувальні пристрої	12	19,5/6		15 тиждень	Проміжний контроль по завершенню модулю
Всього	3,0	36-60	Всього годин по навчальній дисципліні	30	46/14	-	x	x

7.2. Перелік та короткий зміст тем змістовних модулів

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1.

ПЕРЕДАТОЧНА ФУНКЦІЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

Тема 1. Принципи автоматичного керування. Формалізація диференційних рівнянь.

Загальні поняття та визначення. Принципи автоматичного керування. Класифікація систем автоматичного керування. Статика, отримання статичних характеристик систем автоматичного керування. Динаміка систем автоматичного керування. Метод малих відхілень у складанні диференційних рівнянь систем автоматичного керування. Формалізація (нормалізація) диференціальних рівнянь систем автоматичного керування. Математичне моделювання руху у просторі станів (метод Коши). Структурний метод математичного моделювання.

Key words: principles of automatic control, formalization of differential equations, automatic control, control theory, regulation of systems, automatic control systems, differential equations, mathematical modeling, integral equations.

Тема 2. Уява про передаточну функцію. Властивості передаточної функції. Алгебра передаточної функції.

Передаточна функція систем автоматичного керування. Методи отримання передаточної функції. Властивості передаточної функції. Алгебра передаточної функції.

Key words: transfer function algebra, linear systems, control system analysis, functional analysis, mathematical modeling, automatic control systems, system regulation, system stability, dynamical systems, Laplace transform.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2.

ЧАСТОТНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ САК

Тема 3. Частотні характеристики систем автоматичного керування (САК). Типові структурні ланки.

Проходження гармонійного сигналу через лінійну безперервну систему автоматичного керування. Частотні характеристики систем автоматичного керування. Ідеальні типові динамічні структурні ланки. Інтегровальні неідеальні типові динамічні структурні ланки. Диференціальні неідеальні типові динамічні структурні ланки.

Key words: analysis of frequency characteristics, amplitude-frequency response (frequency response), phase-frequency response (FFC), Bode diagram, Nyquist diagram, linear systems, dynamic systems, functional blocks.

Тема 4. Побудова логарифмічних амплітудно частотних (ЛАЧХ) характеристик розімкнутих та замкнутих САК.

Статичні та астатичні системи автоматичного керування. Методи підвищення точності систем автоматичного керування. Побудова ЛАЧХ розімкнутої системи автоматичного керування, пряма задача - обернена задача. Загальні правила побудови ЛАЧХ розімкнутої системи автоматичного керування. Побудова ЛАЧХ замкнутої системи автоматичного керування. Ефект сильного та слабого зворотнього зв'язку.

Key words: open automatic control systems (ACC), closed automatic control systems (ACC), LFC construction, analysis of frequency characteristics, linear systems, dynamic systems, transfer function, system stability, mathematical modeling, system control.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 3 СТІЙКІСТЬ САК.

Тема 5. Постановка задачі стійкості. Алгебраїчні та частотні критерії стійкості.

Постановка задачі стійкості. Інтерпретація стійкості системи автоматичного керування на комплексній площині. Алгебраїчний критерій стійкості Гурвиця. Алгебраїчний критерій стійкості Рауса. Частотний критерій стійкості Михайлова, принцип прирощення аргументу, робоче формулювання. Частотний критерій стійкості Найквіста. Логарифмічний критерій стійкості. Запаси стійкості. Протиріччя між стійкістю та точністю систем автоматичного керування.

Key words: Algebraic stability criteria, frequency stability criteria, stability of control systems, Raus-Hurwitz criterion, Lienar-Shypar criterion, Mikhailov criterion, frequency analysis, Nyquist diagram, dynamic systems, linear systems, transfer function.

Тема 6. Аналіз САК. Показники якості керування. Коефіцієнти помилок.

Типові впливи та їх призначення. Прямі показники якості керування. Інтегральні показники якості. Коефіцієнти помилок системи автоматичного керування.

Вплив астатизму на коефіцієнти помилок систем автоматичного керування. Зв'язок дійсної частотної характеристики САК з кривою перехідного процесу. Метод трапецій у побудові перехідної характеристики системи автоматичного керування.

Key words: analysis of automatic control systems (ACS), control quality indicators, error coefficients, automatic control systems, control quality, system accuracy, static error, dynamic error, system sensitivity, transient process, system stability, transfer function, mathematical modeling.

Тема 7. Синтез САК. Коректувальні пристрої.

Постанова задачі синтезу. Статичний та динамічний синтез. Послідовні та паралельні коректувальні пристрої. Ввод інтегралу та диференціалу у закон керування. Пропорційно-інтегральний, пропорційно-диференціальний, пропорційно інтегро-диференціальний регулятори. Уява про бажану ЛАЧХ. Синтез САК, метод Солодовникова. Вибір елементів САК.

Key words: synthesis of automatic control systems (ACS), correction devices, automatic control systems, design of control systems, regulators, amplifiers, compensators, filters, dynamic systems, transfer function, optimization of control systems, system stability, system sensitivity.

7.3. Перелік тем практичних робіт змістовних модулів

Таблиця 5. Перелік тем практичних занять

Назва змістового модуля/тема	Обсяг годин	Форма контролю
Змістовий модуль 1. Передаточна функція систем автоматичного керування.	х	х
1. Формалізація диференціальних рівнянь та отримання передаточної функції активних та пасивних чотирьох-полосників.	10	Письмовий або усний захист практичної роботи за результатами розрахунків та відповідей на контрольні питання.
Змістовий модуль 2. Частотні характеристики САК	х	х
2. Побудова лачх розімкнутих сак. пряма та обернена задачі.	10	Письмовий або усний захист практичної роботи за результатами розрахунків та відповідей на контрольні питання.
Змістовий модуль 3. Стійкість САК.	х	х

Назва змістового модуля/тема	Обсяг годин	Форма контролю
3. Алгебраїчний критерій стійкості гурвиця та рауса.	10	Письмовий або усний захист практичної роботи за результатами розрахунків та відповідей на контрольні питання.
4. Синтез послідовного коректувальних пристроїв.	10	Письмовий або усний захист практичної роботи за результатами розрахунків та відповідей на контрольні питання.
5. Синтез паралельного коректувальних пристроїв.	6	Письмовий або усний захист практичної роботи за результатами розрахунків та відповідей на контрольні питання.
Разом по дисципліні	46	х

Таблиця 6. Перелік тем лабораторних занять змістовних модулів

Назва змістового модуля/тема	Обсяг годин	Форма контролю
Змістовий модуль 1. Передаюча функція систем автоматичного керування.	х	х
1. Дослідження систем автоматичного регулювання із запізнюванням.	4	Усний захист лабораторної роботи за результатами відповідей на контрольні питання.
Змістовий модуль 2. Частотні характеристики САК	х	х
2. Вивчення методів підвищення точності у сталих режимах.	5	Усний захист лабораторної роботи за результатами відповідей на контрольні питання.
Змістовий модуль 3. Стійкість САК.	х	х
3. Дослідження стійкості та якості лінійної безперервної системи автоматичного управління на ПЕОМ.	5	Усний захист лабораторної роботи за результатами відповідей на контрольні питання.
Разом по дисципліні	14	х

7.4. Перелік та план практичних занять

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1 ПЕРЕДАЮЧА ФУНКЦІЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

ПЗ 1. Формалізація диференційних рівнянь та отримання передаточної функції активних та пасивних чотирьохполосників.

План:

1. Теоретична частина.
2. Виконання практичних вправ (розробка інструментарію, проведення розрахунків, алгебра передаточної функції).
3. Самостійна робота (Отримання передаточних функцій активних та пасивних чотирьохполосників).

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2 ЧАСТОТНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ САК

ПЗ 2. Побудова лачх розімкнутих сак. пряма та обернена задачі.

План:

1. Теоретична частина.
2. Виконання практичних вправ (розробка інструментарію, проведення розрахунків).
3. Самостійна робота (Побудова ЛАЧХ розімкнених САК).

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 3 СТІЙКІСТЬ САК.

ПЗ 4. Алгебраїчний критерій стійкості гурвиця та рауса.

План:

1. Теоретична частина.
2. Виконання практичних вправ (розробка інструментарію, проведення розрахунків).
3. Самостійна робота (визначення стійкості систем за характеристичним рівнянням).

ПЗ 5. Синтез послідовного коректувальних пристроїв.

План:

1. Теоретична частина.
2. Виконання практичних вправ (розробка інструментарію, проведення розрахунків).
3. Самостійна робота (Вибір елементів САК).

ПЗ 6. Синтез та паралельного коректувальних пристроїв.

План:

1. Теоретична частина.
2. Виконання практичних вправ (розробка інструментарію, проведення розрахунків).
3. Самостійна робота.

7.5. Перелік та план лабораторних робіт

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1 ПЕРЕДАТОЧНА ФУНКЦІЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

ЛБ. 1. Дослідження систем автоматичного регулювання із запізнюванням.

План:

1. Теоретична частина.
2. Виконання лабораторних робіт (розробка інструментарію, проведення розрахунків).

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2 ЧАСТОТНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ САК.

ЛБ. 2. Вивчення методів підвищення точності у сталих режимах.

План:

1. Теоретична частина.
2. Виконання лабораторних робіт (розробка інструментарію, проведення розрахунків).

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 3 СТІЙКІСТЬ САК.

ЛБ. 3. Дослідження стійкості та якості лінійної безперервної системи автоматичного управління на ПЕОМ.

План:

1. Теоретична частина.
2. Виконання лабораторних робіт (розробка інструментарію, проведення розрахунків).

7.6. Наукова робота здобувачів вищої освіти

Під час вивчення навчальної дисципліни «Автоматизація та управління біотехнологічним виробництвом» здобувачі першого бакалаврського рівня вищої освіти мають можливість прийняти участь у неформальних освітніх заходах та підготувати тез наукові доповіді, щодо обраної тематики дослідження на студентських науково-теоретичних конференціях які проводять на базі університету:

- Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Перспективна техніка і технології»;
- Студентська науково-теоретична конференція «Участь молоді у розбудові агропромислового комплексу країни»;
- Всеукраїнської науково-технічної інтернет-конференції «Технічні науки в Україні: сучасні тенденції розвитку».

Вивчення навчальної дисципліни передбачає підготовку індивідуальних робіт у вигляді тез доповідей щодо досліджуваних питань. За результатами наукової роботи та участі у студентських науково-теоретичних конференціях готуються збірки тез доповідей, які представлено на сайті університету.

7.7. Питання для підсумкового контролю знань здобувачів першого бакалаврського рівня вищої освіти

1. Принципи автоматичного керування. Їх переваги та недоліки. Класифікація САК.
2. Уява про зворотній зв'язок. Види зворотних зв'язків.
3. Формалізація диференціальних рівнянь на прикладі активних та пасивних чотирьохполіусників.
4. Математичне моделювання у просторі станів (форма Коши).
5. Структурний метод математичного моделювання динамічних процесів, на прикладі двигуна постійного струму незалежного збудження.
6. Уява про передаточну функцію. Властивості передаточної функції.
7. Алгебра передаточної функції. Правила структурних перетворень.
8. Застосування алгебри передаточної функції для знаходження передаточної функції електромеханічних систем.
9. Частотні характеристики в САК. Їх особливості та принципи побудови.
10. Безинерційна типова структурна ланка.
11. Ідеальна інтегровальна типова структурна ланка.
12. Аперіодична типова структурна ланка.
13. Коливальна типова структурна ланка.
14. Ідеальна диференціальна типова структурна ланка.
15. Диференціальна типова структурна ланка I-го порядку.
16. Диференціальна типова структурна ланка II-го порядку.
17. Побудова частотних характеристик розімкнених САК. Пряма та обернена задачі.
18. Побудова частотних характеристик замкнених САК.
19. Постановка задачі стійкості. Її інтерпретація на комплексній площині.
20. Алгебраїчний критерій Гурвиця.
21. Частотний критерій стійкості Михайлова. Принцип аргументу. Робоче формулювання.
22. Загальні відомості про якість САК. Типові впливи. Показники якості керування.
23. Коефіцієнти помилок.
24. Постановка задачі синтезу. Коректуючі пристрої та їх особливості.
25. Основні шляхи підвищення точності керування.
26. Ввід похідної до закону керування.
27. Ввід інтегралу до закону керування.
28. Пропорційне регулювання.
29. ПД-регулятор.

- 30.ПІ–регулятор.
- 31.ПІД–регулятор.
- 32.Послідовна корекція за допомогою ПД регулятора.
- 33.Послідовна корекція за допомогою ПІ регулятора.
- 34.Послідовна корекція за допомогою ПІД регулятора.
- 35.Уява про бажану ЛАЧХ.
- 36.Зв'язок частотних характеристик с показниками якості керування.
- 37.Метод синтезу Солодовнікова–Бесекерського.

8. ФОРМА ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ, КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ ТА РЕЙТИНГОВА ОЦІНКА ЗНАЬ ЗДОБУВАЧІВ ПЕРШОГО БАКАЛАВРСЬКОГОВИЩОЇ ОСВІТИ З ДИСЦИПЛІНИ

Оцінювання знань здобувачів першого бакалаврського рівня вищої освіти під час семінарських і практичних занять та виконання самостійних завдань проводиться за такими критеріями:

- 1) обсяг володіння та розуміння навчального матеріалу;
- 2) вільне, самостійне та аргументоване викладання теоретичного матеріалу та його пояснення під час усних виступів і письмових відповідей на питання;
- 3) здатність до аналізу самостійно вивченого матеріалу;
- 4) розуміння, ступінь засвоєння, та використання професійної та наукової термінології;
- 5) вчасна здача та оформлення звітів з практичних робіт.

Оцінювання знань здобувачів першого бакалаврського рівня вищої освіти за дисципліни «Автоматизація та управління біотехнологічним виробництвом» за якою відповідно до навчальних планів передбачено іспит, здійснюється на основі результатів поточного та підсумкового контролю знань.

Завданням поточного контролю є перевірка розуміння та засвоєння навчального матеріалу, забезпечення зворотного зв'язку між викладачем і студентом у формі усного опитування, письмового експрес-контролю, комп'ютерного тестування, вироблення навичок проведення розрахункових завдань, умінь працювати в команді, умінь опрацьовувати тексти, здатність осмислити теми чи розділу, умінь публічно чи письмово представити певний матеріал (презентацію) тощо.

Завданням підсумкового контролю є перевірка розуміння здобувачем першого бакалаврського рівня вищої освіти програмного матеріалу в цілому, логіки та взаємозв'язків між окремими розділами, здатності творчого використання накопичених знань, уміння сформулювати своє ставлення до певної проблеми навчальної дисципліни та виконувати індивідуально-дослідницьку роботу за проблемою, що розглядається в дисципліні.

З навчальної дисципліни «Автоматизація та управління біотехнологічним виробництвом», оцінювання рівня знань здійснюється на основі результатів поточного та підсумкового контролю, завдання поточного контролю оцінюються в 60 балів, а завдання, що виконується на підсумковий контроль – 40 балів.

Таблиця 9. Форма поточного та підсумкового контролю знань

№	Змістові модулі	Кількість заходів	Оцінка в балах		Сума балів	
			мін	мак	мін	мак
	Змістовий модуль 1.	х	х	х	х	х
1.	Виконання практичних робіт, аналітична оцінка	1	4	7	4	7
2	Виконання лабораторних робіт, аналітична оцінка	1	3	5	3	5
3.	Проміжний контроль по завершенню модулю	1	3	5	3	5
	Разом за змістовним модулем 1	3	10	17	10	17
	Змістовий модуль 2.	х	х	х	х	х
1.	Виконання практичних робіт, аналітична оцінка	1	4	7	4	7
2.	Виконання лабораторних робіт, аналітична оцінка	1	3	5	3	5
3.	Проміжний контроль по завершенню модулю	1	3	5	3	5
	Разом за змістовним модулем 2	3	10	17	10	17
	Змістовий модуль 2.	х	х	х	х	х
1.	Виконання практичних робіт, аналітична оцінка	3	13	21	13	21
2.	Виконання лабораторних робіт, аналітична оцінка	1	3	5	3	5
	Разом за змістовним модулем 3	4	16	26	16	26
	Разом за семестр		х		36	60
	Екзаменаційна робота		х		24	40

Підсумковий контроль знань здійснюється шляхом складання письмового іспиту. До іспиту допускається здобувач першого бакалаврського рівня вищої освіти.

ти, який виконав всю форму поточного контролю знань (див. табл. 9).

Після отримання здобувачем першого бакалаврського рівня вищої освіти оцінки за поточний контроль знань, за приведеною вище таблицею, проводиться іспит за одним варіантом в письмовій формі. Класична схема завдання: три теоретичні питання, за модулями 1 – 3. Здобувач першого бакалаврського рівня вищої освіти письмово відповідає на запитання, поставлені в завданні і отримує екзаменаційну оцінку у відповідності до розподілу балів (табл.10) та за наступними критеріями (табл.11).

Таблиця 10. Розподіл балів, які отримують здобувачі першого бакалаврського рівня вищої освіти, та шкала оцінювання - іспит

Сума балів за всі види освітньої діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою
90 - 100	A	5 (відмінно)
82 - 89	B	4 (добре)
75 - 81	C	4(добре)
64 - 74	D	3 (задовільно)
60 - 63	E	3 (задовільно)
35 - 59	FX*	не зараховано з можливістю повторного складання 2 (незадовільно)*
0 - 34	F*	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни 2 (незадовільно)*

*Оцінки FX та F у залікову книжку здобувача першого бакалаврського рівня вищої освіти не виставляється відповідно до Положення про організацію освітнього процесу у МНАУ.

Таблиця 11. Критерії оцінювання навчальних досягнень

Рівні навчальних досягнень	100-бальна шкала	Критерії оцінювання навчальних досягнень	
		Теоретична підготовка	Практична підготовка
		здобувач вищої освіти	
Відмінний	100...90	вільно володіє навчальним матеріалом, висловлює свої думки, робить аргументовані висновки, рецензує відповіді інших студентів, творчо виконує індивідуальні та колективні завдання; самостійно знаходить додаткову інформацію та	може аргументовано обрати раціональний спосіб виконання завдання й оцінити результати власної практичної діяльності; виконує завдання, не передбачені навчальною

		використовує її для реалізації поставлених перед ним завдань; вільно використовує нові інформаційні технології для поповнення власних знань	програмою; вільно використовує знання для розв'язання поставлених перед ним завдань
Достатній	89....75	вільно володіє навчальним матеріалом, застосовує знання на практиці; узагальнює і систематизує навчальну інформацію, але допускає незначні огріхи у порівняннях, формулюванні висновків, застосуванні теоретичних знань на практиці	за зразком самостійно виконує практичні завдання, передбачені програмою; має стійкі навички виконання завдання
Задовільний	74...60	володіє навчальним матеріалом поверхово, фрагментарно, на рівні запам'ятовування відтворює певну частину навчального матеріалу	з елементами логічних зв'язків, знає основні поняття навчального матеріалу має елементарні, нестійкі навички виконання завдання
Незадовільний	59...26	має фрагментарні знання (менше половини) при незначному загальному обсязі навчального матеріалу; відсутні сформовані уміння та навички; під час відповіді допускаються суттєві помилки	планує та виконує частину завдання за допомогою викладача
Неприйнятний	25...1	студент не володіє навчальним матеріалом	виконує лише елементи завдання, потребує постійної допомоги викладача

9. ІНСТРУМЕНТИ, ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЧЕННЯ, ЯКЕ ПЕРЕДБАЧЕНО НАВЧАЛЬНОЮ ДИСЦИПЛІНОЮ

З метою поширення знань щодо застосування дистанційних технологій у освітньому процесі МНАУ використовується програмний продукт Moodle, який дозволяє значно розширити можливості спілкування усіх учасників освітнього процесу. Платформа Moodle, має доступ до програми Jitsi, яка є комунікаційним клієнтом, що підтримує здійснення голосових викликів, відео дзвінків і обмін миттєвими повідомленнями. Jitsi Meet – це безкоштовне програмне забезпечення з відкритим кодом для відео конференцій.

З сервісних функцій можна підняти організацію телеконференцій, запис розмов, надання віддаленого доступу до робочого столу, передача файлів, повідо-

млення про пропущені виклики, імпорт адресної книги Google Contacts, використання фільтрів. Організації відеоконференцій підтримується на базовому рівні. Можливо створювати багатопроTOCOLNІ телеконференції, в яких можуть брати участь користувачі різних мереж, об'єднати різні дзвінки в телеконференцію.

Під час викладання навчальної дисципліни використовуються усі можливості освітньої платформи Moodle. Проводяться онлайн лекції, захист практичних та лабораторних робіт.

Лабораторія енергетики та електротехнічних систем № 302 (48 м²). вулиця Крилова, 17А

Навчальний корпус №2

Мультимедійне обладнання:

- екран проєкційний -1шт.

- ноутбук ACERTravelMateP2 IntelCorei3-10110U, 8GB/256 GBPCleN-VMeSSD, IntelUHDGraphics – 1 шт.

- проєктор Epson

Прикладне програмне забезпечення:

Корпоративне ліцензування «VolumeLicensing», Parentprogram: OPEN 93947897ZZE1608, SoftwareAssurance (SA) №63986644, 63986649, 63986652: MS Excel; MS Word; GoogleChrome; MozillaFirefox

Доступ до мережі Internet.

Онлайн-сервісвідеозв'язку (на власних серверах) на базі JitsiMeet, Zoom.

Інформаційне забезпечення:

Презентації у режимі PowerPoint.

Спеціальне технічне обладнання:

Лабораторний стенд «Універсальний монтажний стенд» (3 шт):

- магнітний пускач ПМЛ (3 шт);

- теплове реле РТЦ-1314 (3 шт);

- контактор ПКМ (6 шт);

- шина ГНИ (3 шт);

- лампи сигнальна неона М-47 (3 шт);

- вимикач автоматичний 3ф (3 шт);

- вимикач автоматичний 1ф (3 шт);

- магнітний пускач КУ25 (3 шт);

- електродвигун (3 шт);

- гумові килимки (3шт);

- електроізоляційні рукавиці (3 пар);

- монтажний набір (3 шт);

- ноутбук HD ProBook 4330s (1 шт);

Перетворювач частоти CFM 110 (3шт).

Вогнегасник – 1 шт.

Столи – 8 шт.

Стільці – 18 шт.

Стіл викладача – 1 шт.

Стілець викладача – 1 шт.

Дошка для крейди – 1 шт.

Лабораторія електротехніки та електромеханіки № 001 (48 м²). вулиця Крилова, 17А

Навчальний корпус №2

Мультимедійне обладнання:

- екран проєкційний -1шт.

- ноутбук ACERTravelMateP2 IntelCorei3-10110U, 8GB/256 GBPCIeN-VMeSSD, IntelUHDGraphics – 1 шт.

- проєктор Epson

Прикладне програмне забезпечення:

Корпоративне ліцензування «VolumeLicensing», Parentprogram: OPEN 93947897ZZE1608, SoftwareAssurance (SA) №63986644, 63986649, 63986652:

MS Excel; MS Word; GoogleChrome; MozillaFirefox

Доступ до мережі Internet.

Онлайн-сервісвідеозв'язку (на власних серверах) на базі JitsiMeet, Zoom.

Інформаційне забезпечення:

Презентації у режимі PowerPoint.

Спеціальне технічне обладнання:

Навчальний макет «Потокова лінія агропромислового комплексу» (1 шт);

Лабораторний стенд «Віброконв'єр» (1 шт);

Печі індукційного нагріву (2 шт);

Вогнегасник – 1 шт.

Столи – 8 шт.

Стільці – 16 шт.

Стіл викладача – 1 шт.

Стілець викладача – 1 шт.

Дошка для крейди– 1 шт.

Шафа - 1шт.

Кабінет проєктування технологічних процесів переробки підприємств № 310 (48 м²). вулиця Крилова, 17А

Навчальний корпус №2

Мультимедійне обладнання:

- екран проєкційний -1шт.

- ноутбук ACERTravelMateP2 IntelCorei3-10110U, 8GB/256 GBPCIeN-VMeSSD, IntelUHDGraphics – 1 шт.

- проєктор Epson

Прикладне програмне забезпечення:

Корпоративне ліцензування «VolumeLicensing», Parentprogram: OPEN 93947897ZZE1608, SoftwareAssurance (SA) №63986644, 63986649, 63986652:

MS Excel; MS Word; GoogleChrome; MozillaFirefox

Доступ до мережі Internet.

Онлайн-сервісвідеозв'язку (на власних серверах) на базі JitsiMeet, Zoom.
Інформаційне забезпечення:
Презентації у режимі PowerPoint.
Спеціальне технічне обладнання:

Навчальний макет «Транспортні технологічні лінії підйомні машини» - 1 шт.

Навчальний макет «Стрійковий конвеєр» - 1 шт.

Навчальний макет «Підйомна машина» - 1 шт.

Вогнегасник – 1 шт.

Столи – 12 шт.

Стільці – 24 шт.

Стіл викладача – 1 шт.

Стілець викладача – 1 шт.

Дошка для крейди – 1 шт.

10. ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

Основна

1. Кутін В. М., Лесько В. О., Півнюк Ю. Ю. Теорія автоматичного керування : лабораторний практикум. Вінниця : ВНТУ, 2019. 106 с.

2. Мовчан Л., Лупенко А. Теорія автоматичного керування. Лабораторний практикум. Тернопіль : ТНТУ, 2023. 81 с.

3. Пістун Є. П., Стасюк І. Д. Основи автоматики та автоматизації. Львів : Львів. політехніки, 2018. 336 с.

4. Попович М. Г., Ковальчук О. В. Теорія автоматичного керування. підручник. Київ : Либідь, 2017. 656 с.

5. Ткачев В., Стаднік М., Шевченко В. Технічні засоби автоматизації. підручник. НТУ «Дніпр. політехніка», 2018. 142 с.

6. Штіфзон О. Й., Новіков П. В., Бунь В. Теорія автоматичного управління навчальний посібник. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 144 с.

Додаткова

1. Варфоломійєв І., Непом'ящий Д., Мардзяк В. Конструкторська розробка електротехнологічного вузла установки очищення стічних вод. *Технічні науки в Україні: сучасні тенденції розвитку* : матеріали ІІ Всеукр. науково-техн. інтернет-конф., м. Київ, 21 листоп. 2020 р. 2020. С. 128–130.

2. Мардзяк В. Автоматизація виробництва в елеваторному комплексі як шлях зменшення виробничих та енергетичних втрат. *Стратегія інтеграції аграрної освіти, науки, виробництва: глобальні виклики продовольчої безпеки та змін клімату* : доп. учасників міжнар. науково-практ. конф. Міжнар. форуму, м. Миколаїв, 28 трав. 2022 р. Миколаїв, 2021.

3. Мардзяк В. Аналіз організації керування обладнанням для забезпечення транспортування зернової продукції на елеваторах. *Інженерія природокористу-*

вання. 2020. Т. 4, № 18. С. 35–41.

4. Сакара В. А., Мардзявко В.А. Класичні та нетрадиційні способи вдосконалення електромеханічних пристроїв. *Перспективна техніка і технології – 2020* : матеріали XVI міжнарод.наук.-прак.конф.молод.уч., аспір. і студ. м. Миколаїв, 24 верес. 2020 р. Миколаїв, 2020. С. 30–32.

5. Тимчук С. О., Сиротенко М. О., Мардзявко В. Підвищення ефективності технологічного процесу елеваторного комплексу за рахунок оптимальної маршрутизації. *Інженерія природокористування*. 2021. Т. 4, № 22. С. 82–88.

II. ДОСТУП ДО МАТЕРІАЛІВ ДИСЦИПЛІНИ

Офіційні сайти для збору та обробки інформації (інтернет джерела):

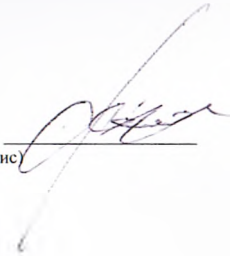
-Матеріали з навчальної дисципліни узагальнено у освітній платформі Moodle за посиланням — <https://moodle.mnau.edu.ua/course/view.php?id=3840>

-Бібліотека Миколаївського національного аграрного університету за посиланням — <https://lib.mnau.edu.ua/>

-Репозитарій Миколаївського національного аграрного університету за посиланням — <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/>

Розробник програми:
канд. техн. наук., ст. викл.
кафедри ЕЕЕ

(підпис)



Олександр ЦИГАНОВ

(прізвище та ініціали)