

		Кафедра технічних та програмних засобів автоматизації
МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ОБ'ЄКТІВ ХІМІЧНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ		
Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)		

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>16 «Хімічна та біоінженерія»</i>
Спеціальність	<i>161 «Хімічна технологія та інженерія»</i>
Освітня програма	<i>Промислова екологія та ресурсоефективні чисті технології</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>очна (денна)/змішана/дистанційна</i>
Рік підготовки, семестр	<i>4 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити ECTS / 120 годин</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен, модульна контрольна робота</i>
Розклад занять	<i>Лекції - 1 година на тиждень, лабораторні - 2 години на тиждень</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>к.т.н., старший викладач Запорожець Юлія Анатоліївна,</i> <i>e-mail: zja-ihf@kpi.ua</i>
Розміщення курсу	<i>https://do.ipk.kpi.ua/</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Моделювання – це один із прогресивних методів, що широко застосовується у сучасній науці, і в першу чергу, її прикладних галузях. Моделювання дозволяє прискорити технічний прогрес, суттєво змінити терміни освоєння нових виробництв. Математичне моделювання є одним із найсучасніших напрямків, що тісно пов'язано з впровадженням сучасної комп'ютерної техніки та інформаційних технологій.

Метою даної дисципліни є формування навичок використання системного підходу та методів математичного моделювання в хімічній інженерії.

Дисципліна буде розширювати та поглиблювати компетентності бакалаврської підготовки:

К 01 Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

К 02 Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

К 14 Здатність використовувати обчислювальну техніку та інформаційні технології для вирішення складних задач і практичних проблем в галузі хімічної інженерії.

Програмні результати навчання:

ПР 08 Використовувати сучасні обчислювальну техніку, спеціалізоване програмне

забезпечення та інформаційні технології для розв'язання складних задач і практичних проблем у галузі хімічної інженерії, зокрема, для розрахунків устаткування і процесів хімічних виробництв.

ПР 10 Обговорювати результати професійної діяльності з фахівцями та нефахівцями, аргументувати власну позицію.

Предметом вивчення дисципліни є математичні моделі хімічної технології та методи їх вирішення.

У процесі вивчення дисципліни студент оволодіє методами та підходами до побудови, розв'язку математичних моделей об'єктів хімічної технології.

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

Дана навчальна дисципліна є нормативною і входить у структурно-логічну схему навчання. Для успішного освоєння даної дисципліни студент попередньо опановує «Обчислювальну математику та програмування».

Одержанні під час вивчення дисципліни знання будуть використані при виконанні дипломного проектування.

3. Зміст навчальної дисципліни

Навчальна дисципліна «Математичне моделювання та оптимізація об'єктів хімічної технології» складається з наступних тем:

1. Основні поняття та визначення метода математичного моделювання.	
2. Математичний опис структури потоків в апаратах – основа побудови моделі ОХТ.	
3. Методи побудови детермінованих математичних моделей ОХТ.	
4. Укладання математичних моделей гомогенних хімічних реакцій (кінетичні моделі).	
5. Математичні моделі хімічних реакторів.	
6. Основні принципи моделювання масообмінних процесів.	
7. Принципи побудови статистичних моделей.	
8. Отримання математичної моделі по методу повного факторного експерименту.	
9. Дробовий факторний експеримент.	
10. Особливості планування експериментів для вивчення поверхонь відгуку.	
11. Центральні композиційні ортогональні плани другого порядку (ЦКОП).	
12. Центральні композиційні рототабельні плани другого порядку (ЦКРП).	
13. Прийняття рішень за планами другого порядку.	
14. Планування експерименту на діаграмах склад-властивість.	
15. Постановка задачі оптимізації та етапи її розв'язання. Загальна характеристика методів оптимізації	
16. Аналітичні методи оптимізації.	
17. Пошук оптимуму чисельними методами.	
18. Застосування методів оптимізації в інженерній практиці.	

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Математичне моделювання та оптимізація об'єктів хімічної технології : навчальний посібник / С.О. Кондратов, І.В. Сітак, Т.М. Матейко; Міністерство освіти і науки України, Інститут хімічних технологій Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля (м. Рубіжне) - Харків: Видавництво "Лідер", 2019. - 564 сторінки : рисунки, таблиці.

Доступне у дистанційному курсі. Доступне у бібліотеці КПП ім. Ігоря Сікорського. Рекомендоване детальне ознайомлення з усім виданням і повне прочитання усіх розділів. Містить матеріали 1-6 тем дисципліни.

2. Планування експерименту. Методичні вказівки до самостійної роботи з курсів «Основи наукових досліджень» та «Сучасні методи наукових досліджень в обробці тиском»: для студентів освітньої програми «Прикладна механіка» денної і заочної форми навчання / уклад. В.І. Кузьменко, А.О. Окунь. – Харків : НТУ «ХПІ», 2021. – 44 с.

Доступне у дистанційному курсі. Доступне у бібліотеці КПП ім. Ігоря Сікорського. Рекомендоване детальне ознайомлення з усім виданням і повне прочитання усіх розділів. Містить матеріали тем дисципліни 7-14.

3. Методи оптимізації в прикладах і задачах : навчальний посібник для вищих навчальних закладів/ Ю.М. Нефьодов, Т.Ю. Балицька; Міністерство освіти і науки України; Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля. - Київ: Кондор, 2018. - 324 с. : схем.

Доступне у дистанційному курсі. Доступне у бібліотеці КПП ім. Ігоря Сікорського. Рекомендоване детальне ознайомлення з усім виданням і повне прочитання усіх розділів. Містить матеріали тем дисципліни 15-18.

Додаткова література

4. Чуйко Г. П. Математичне моделювання систем і процесів: [навчальний посібник] / Г. П. Чуйко, О. В. Дворник, О. М. Яремчук. – Миколаїв: Видво ЧДУ імені Петра Могили, 2015. – 244 с.

Факультативне. Рекомендоване для ознайомлення. Містить матеріали тем дисципліни 1-6.

5. Методи оптимізації та моделювання : навчальний посібник / С. В. Панченко, М. П. Медиченко, В. П. Лисечко; Міністерство освіти і науки України, Українська державна академія залізничного транспорту. - Харків: Укр ДАЗТ, 2015. - ч.: рис., табл.

Факультативне. Рекомендоване для ознайомлення. Містить матеріали з тем дисципліни 15-18.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Структура кредитного модуля

Назви розділів і тем	Кількість годин				
	Всього	у тому числі			СРС
		Лекції	Практичні	Лабораторні	
Розділ 1 - Основні поняття математичного моделювання					
Тема 1 – Основні поняття та визначення метода математичного моделювання.	4	2	-	-	2
Тема 2 – Математичний опис структури потоків в апаратах – основа побудови моделі ОХТ.	8	2	-	4	2
Тема 3 – Методи побудови детермінованих математичних моделей ОХТ.	8	2	-	4	2
Тема 4 – Укладання математичних моделей гомогенних хімічних реакцій (кінетичні моделі).	8	2	-	4	2
Тема 5 – Математичні моделі хімічних реакторів.	12	2	-	8	2
Тема 6 – Основні принципи моделювання масообмінних процесів.	10	2	-	6	2
Розділ 2 – Упорядкування математичних моделей експериментально-статистичними методами					
Тема 7 – Принципи побудови статистичних моделей.	8	2	-	4	2
Тема 8 – Отримання математичної моделі по методу повного факторного експерименту.	10	2	-	8	2
Тема 9 – Дробовий факторний експеримент.	4	2	-	-	2
Тема 10 – Особливості планування експериментів для вивчення поверхонь відгуку.	4	2	-	-	2
Тема 11 – Центральні композиційні ортогональні плани другого порядку (ЦКОП).	4	2	-	-	2
Тема 12 – Центральні композиційні рототабельні плани другого порядку (ЦКРП).	4	2	-	-	2
Тема 13 – Прийняття рішень за планами другого порядку.	4	2	-	-	2
Тема 14 – Планування експерименту на діаграмах склад-властивість.	6	2	-	-	2

Розділ 3 – Методи оптимізації хіміко-технологічних процесів

<i>Тема 15 – Постановка задачі оптимізації та етапи її розв’язання. Загальна характеристика методів оптимізації.</i>	4	2	-	-	2
<i>Тема 16 – Аналітичні методи оптимізації.</i>	6	2	-	2	2
<i>Тема 17 – Пошук оптимуму чисельними методами.</i>	6	2	-	2	2
<i>Тема 18 – Застосування методів оптимізації в інженерній практиці.</i>	4	2	-	-	2
<i>МКР</i>	6	-	-	2	4
Всього годин	120	36		44	40

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
<i>Тема 1 – Основні поняття та визначення метода математичного моделювання</i>	
1	Вступ. Визначення ОХТ. Простий та складний ОХТ. “Життєвий цикл” ОХТ. Структура ОХТ. Класифікація параметрів ОХТ. Два підходи до рішення основних розрахункових задач (емпіричний та структурний). Історичні аспекти і особливості використання ЕОМ у хімічній технології. Основні задачі та застосування ЕОМ на різних етапах наукових досліджень, при проектуванні та керуванні хімічними виробництвами. Системний підхід як стратегія дослідження, проектування та керування об’єктами хімічної технології. Поняття хіміко-технологічної системи (ХТС) та фізико-хімічної системи(ФХС). Зв'язок принципової технологічної схеми із ХТС та ФХС (на прикладі). ОХТ і ХТП. Детерміновані та стохастичні процеси. Типові ХТП, їх класифікація. Загальні поняття: математичне моделювання, математична модель, інформаційні технології, кібернетика хіміко-технологічних процесів, автоматизовані системи управління технологічними процесами (АСУТП), автоматизовані системи наукових досліджень (АСНД), системи автоматизованого проектування (САПР). Математичне моделювання як основа побудови автоматизованих систем. Етапи розробки математичної моделі. Основні види математичних моделей: статичні та динамічні; моделі із зосередженими та розподіленими параметрами; детерміновані та статистичні. Характеристика методів побудови математичної моделі (аналітичний, експериментальний). Вимоги до математичних моделей. Принцип побудови математичних моделей за блоками. Декомпозиція задачі математичного опису складних ОХТ. Поняття про ідентифікацію параметрів та встановлення адекватності моделей. Вимоги до математичного опису модуля. Сутність обчислювального експерименту з використанням ЕОМ. Сучасні інтегровані програмні середовища для розв'язування математичних моделей.
<i>Тема 2 – Математичний опис структури потоків в апаратах – основа побудови моделі ОХТ</i>	

2	Структура детермінованих математичних моделей. Обмеження на параметри. Припущення. Принципи складання рівнянь математичного опису. Енергетичні (теплові) та матеріальні баланси для стаціонарних та нестаціонарних процесів. Перехідні процеси. Математичний опис структури потоків в апаратах – основа побудови моделі ОХТ. Методи дослідження. Визначення кривих відгуку. Типові збурюючі сигнали. Застосування операційного числення. Поняття функції відгуку та передаточної функції. Типові гідродинамічні моделі: ідеального перемішування; ідеального витіснення; коміркова; дифузійна (однопараметрична та двопараметрична). Методика їх отримання, порівняльна характеристика, функції відгуку та передаточні функції. Застосування комбінованих гідродинамічних моделей.
<i>Тема 3 – Методи побудови детермінованих математичних моделей ОХТ</i>	
3	Формування математичного опису процесів теплообміну в різних ТОА. Моделюючі алгоритми для розрахунку теплообмінних апаратів. Моделі теплообмінників типу «змішування-змішування», «змішування-витіснення», «витіснення-витіснення». Математичні моделі реакторів безперервної дії в ізотермічних умовах. Моделі реакторів ідеального перемішування (РІП) та ідеального витіснення (РІВ) для проведення простих та складних реакцій. Порівняння РІП та РІВ.
<i>Тема 4 – Укладання математичних моделей гомогенних хімічних реакцій (кінетичні моделі)</i>	
4	Основні поняття хімічної кінетики. Швидкість хімічної реакції. Формально прості та формально складні реакції. Швидкість хімічної одностадійної реакції та швидкість за речовиною. Пряма задача хімічної кінетики. Кінетичні рівняння та моделі. Кінетичні моделі гомогенних хімічних реакцій: простих, складних (паралельних, змішаних, ланцюгових). Складні хімічні реакції: перевірка гіпотез про механізм і оцінку кінетичних констант; побудова стартового плану експерименту; уточнення кінетичних параметрів; дискримінація кінетичних гіпотез. Кінетична модель реакції полімеризації. Особливості кінетичних моделей електрохімічних процесів. Моделювання хімічних реакцій (макрокінетика). Стехіометричний аналіз хімічних реакцій. Розрахунок матеріального балансу реакції за допомогою стехіометричних співвідношень.
<i>Тема 5 – Математичні моделі хімічних реакторів</i>	
5	Розрахунок реакторів. Класифікація моделей. Складання математичного опису. Рівняння матеріальних та теплових балансів для реакторів різних типів. Математичні моделі реакторів з неізотермічним режимом. Математичні моделі реактора ідеального перемішування (РІП) в різних температурних режимах: ізотермічному, авто термічному (адіабатичному) і політропічному. Модель каскада реакторів ідеального перемішування; принципи розрахунку алгебраїчним, графічним та ітераційними методами. Визначення макрокінетики. Класифікація явищ переносу за рівнем: квантовий, молекулярний, конвективний. Принципи отримання математичного опису процесів на молекулярному рівні на прикладі рівняння теплопровідності. Особливості математичного опису конвективного переносу (врахування напряму процесу, модельні уявлення, вплив масообміну на хімічну реакцію для гомогенних та гетерогенних процесів. Загальна схема моделей явищ переносу.
<i>Тема 6 – Основні принципи моделювання масообмінних процесів</i>	

6	Масообмінні процеси. Декомпозиція задач моделювання: підсистеми “міжфазна рівновага”, “гідродинаміка”, “теплопередача”, “масообмін”. Принцип побудови математичних моделей ОХТ та моделі явищ переносу, що базуються на фізико-хімічних принципах: багаторівневість математичного опису ХТП (принцип за блоками); механізми переносу речовини; класифікація моделей явищ переносу; баланси дисперсійний, максимального градієнту та
	макроскопічний (з міжфазним переносом); граничні умови. Особливості математичного опису багатостадійних гетерогенних систем. Урахування лімітуючої стадії (зовнішня кінетика, внутрішня, змішано-дифузійна). Особливості моделювання киплячих і нерухомих прошарків для гетерогенних систем. Особливості моделювання киплячого прошарку для гетерогенних систем (адсорбер із провальними тарілками для системи газ-рідина). Загальна характеристика математичної моделі процесу, що враховує розподіл концентрації цільового компонента (сорбтива) у частках адсорбенту. Модель адсорберу безперервної дії для системи рідина-тверде із киплячим шаром адсорбенту. Моделювання процесу адсорбції у нерухомому прошарку адсорбенту для системи рідина-тверде тіло: загальна характеристика об'єкту моделювання; аналіз процесу його функціонування; математичні моделі без урахування зворотного перемішування і з урахуванням. Особливості математичного опису процесів абсорбції. Математичне моделювання процесів абсорбції в насадковому апараті без урахування подовжнього перемішування
<i>Тема 7 – Принципи побудови статистичних моделей</i>	
7	Принципи побудови статистичних моделей технологічних процесів. Активний та пасивний експеримент. Методи регресійного та кореляційного аналізу при обробці даних хімічного експерименту. Види регресії. Визначення параметрів моделі за методом найменших квадратів. Статистичний аналіз регресійного аналізу: визначення однорідності дисперсій по критерію Кохрена; оцінка дисперсії відновлюваності; оцінка значимості коефіцієнтів регресії по критерію Стюдента; оцінка адекватності регресійного рівняння по критерію Фішера. Приклад побудови математичної моделі за даними пасивного експерименту. Особливості застосування програмного забезпечення STATISTIKA для вирішення задач експериментально-статистичного моделювання.
<i>Тема 8 – Отримання математичної моделі по методу повного факторного експерименту</i>	
8	Методи планування експериментів. Кодування факторів. Факторний простір та матриці планування. Повний факторний експеримент: основні особливості, алгоритм побудови плану, обробка результатів дослідження і аналізу моделей. Ефекти взаємодії факторів. Оптимальне планування експериментів.
<i>Тема 9 – Дробовий факторний експеримент</i>	
9	Побудова дробових реплік (визначальний контраст, генеруюче співвідношення. Алгоритм отримання математичних моделей. Приклади отримання математичних моделей за результатами дробового факторного експерименту. Властивості планів першого порядку (ортогональність, ротобабельність). Прийняття рішень за планами першого порядку.
<i>Тема 10 – Особливості планування експериментів для вивчення поверхонь відгуку</i>	
10	Планування експериментів для вивчення поверхонь відгуку. Загальні відомості про плани і моделі другого порядку. Принципи побудови. Композиційні плани (центральної, ортогональні та рототабельні).
<i>Тема 11 – Центральні композиційні ортогональні плани другого порядку (ЦКОП)</i>	

11	Центральні композиційні ортогональні плани другого порядку (ЦКОП). Алгоритм побудови ЦКОП та обробки результатів експерименту.
<i>Тема 12 – Центральні композиційні рототабельні плани другого порядку (ЦКРП)</i>	
12	Центральні композиційні рототабельні плани другого порядку (ЦКРП). Принципи побудови, алгоритм обробки результатів експерименту на основі ЦКРП. Особливості статистичного аналізу експериментально-статистичних моделей.
<i>Тема 13 – Прийняття рішень за планами другого порядку</i>	
13	Класифікація задач, що вирішуються на основі поліноміальних моделей. Вирішення інтерполяційних, екстраполяційних задач на основі експериментально-статистичних моделей. Оптимізаційні задачі. Канонічний аналіз поверхні відгуку на основі результатів експериментально-статистичного моделювання процесів хімічної технології.
<i>Тема 14 – Планування експерименту на діаграмах склад-властивість</i>	
14	Планування експерименту на діаграмах склад-властивість. Системи, у яких присутні сумішеві фактори. Уявлення про симплекс-гратчасті плани в задачах продуктової інженерії. Діаграми “склад-властивість”, симплексна система координат. Планування експерименту на діаграмах склад-властивість. Метод симплексних решіток.
<i>Тема 15 – Постановка задачі оптимізації та етапи її розв’язання</i>	
15	Загальна характеристика методів оптимізації. Загальне формулювання задач оптимізації хіміко-технологічних процесів та систем. Постановка задачі оптимізації хімічних виробництв. Види критеріїв оптимізації (цільових функцій): економічні та технологічні. Ресурси оптимізації. Етапи розв’язання задачі оптимізації. Експериментальний пошук оптимуму.
<i>Тема 16 – Аналітичні методи оптимізації</i>	
16	Аналітичні методи оптимізації. Метод класичного математичного аналізу. Загальна характеристика. Необхідні умови для застосування оптимізаційних методів. Приклади оптимізації: задача визначення оптимальної температури єдиної хімічної реакції; оптимальний розподіл потоку по паралельно працюючим апаратам.
<i>Тема 17 – Пошук оптимуму чисельними методами</i>	
17	Пошук оптимуму чисельними методами. Необхідні і достатні умови екстремуму функції однієї змінної. Методи одномірного пошуку: метод випадкового пошуку; метод сканування; метод дихотомії; метод «золотого перетину». Необхідні і достатні умови екстремуму функції декількох змінних. Методи багатомірного пошуку.
<i>Тема 18 – Застосування методів оптимізації в інженерній практиці</i>	
18	Застосування методів оптимізації в інженерній практиці. Градієнтні методи (метод градієнта, метод релаксації, метод найшвидшого спуску). Методи умовної оптимізації (комплексний метод Бокса)

Лабораторні заняття

№з/ п	Назва лабораторної роботи (комп’ютерного практикуму)	Кількість ауд. годин
----------	--	-------------------------

1	Побудова математичних моделей процесів з використанням методу найменших квадратів (нелінійна регресія)	4
2	Моделювання гідродинаміки потоку у насадковій колоні за допомогою коміркової моделі	4
3	Дослідження теплообмінних апаратів на основі математичних моделей	4
4	Комп'ютерне визначення констант швидкості зворотної хімічної реакції	4
5	Комп'ютерне моделювання ізотермічного реактора ідеального витиснення	2
6	Комп'ютерне моделювання ізотермічного реактора ідеального перемішування (РІП) безперервної дії	2
7	Комп'ютерне дослідження температурних режимів реактора ідеального змішування періодичної дії	4
8	Моделювання процесу абсорбції	6
9	Оптимізація роботи реактора	4
10	Розроблення статистичної моделі процесу хімічної технології методом повного факторного експерименту	8
	<i>МКР до модуля</i>	2

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студентів у межах даного курсі 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 плануються задати протягом лекції (до 1 год на кожную лекцію);
- підготовка до лабораторним заняттям, яка включає у себе ознайомлення з темою та метою заняття, завданням, ознайомлення з контрольними запитаннями та формування відповідей на них;
- оформленні звітів за результатами лабораторних робіт.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

7.1. Відвідування занять та поведінка на них.

- на заняття студент повинен з'являтися підготовленим (див. п. 6 силабусу);
- відключення мобільних телефонів або їх переведення в беззвучний режим на усіх заняттях та під час консультацій обов'язкове;
- відвідування лекцій з дисципліни вітається і буде сприяти більше якісному засвоєнню дисципліни;
- вітається активність студента на лекціях та уміння ставити запитання за темою лекції до викладача;
- відвідування лабораторних занять та виконання завдань протягом заняття є обов'язковим;
- дозволяється (окрім контрольних занять) використання засобів пошуку інформації;
- дозволяється вільне переміщення аудиторією під час лабораторних (але не лекційних) занять.

7.2. Виставлення штрафних та заохочувальних балів.

- студентам, які запропонували інший, не передбачений планом роботи, спосіб виконання завдання нараховуються заохочувальні бали;
- пропуск лабораторних занять без поважної причини призводить до нарахування двох

штрафних балів;

- пропуск модульної контрольної без поважної причини призводить до виставлення за її результатами нуля балів;

7.3. Політика дедлайнів та перескладань.

- повторне виконання модульної контрольної роботи не допускається;
- написання модульної контрольної роботи студентами, які не написали її вчасно без поважної причини не допускається;
- перескладання заліку допускається лише у спосіб, передбачений нормативними документами з організації навчального процесу КПП ім. Ігоря Сікорського.

7.4. Політика щодо академічної доброчесності.

- студенти, які вивчають дисципліну, повинні дотримуватися правил і норм академічної доброчесності під час виконання усіх видів робіт.

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

Рейтинг студента з кредитного модуля складається з балів, отриманих за:

- 1) виконання 10 лабораторних робіт на аудиторних заняттях;
- 2) виконання модульної контрольної роботи.

8.1. Виконання лабораторних робіт.

Всього протягом семестру передбачено 10 лабораторних робіт. Ваговий бал – 4. Максимальна кількість балів за всі роботи дорівнює $10 \times 4 = 40$ балів.

Бали виставляються наступним чином:

- завдання роботи виконано вірно і вчасно, протягом встановленого часу заняття, отримані вірні відповіді – 4 балів;
- завдання роботи виконано вірно, але робота виконана не вчасно, у термін, що перевищує час практичного заняття, отримані вірні відповіді – 3 балів;
- завдання роботи виконано частково вірно протягом встановленого часу заняття, і виконана не повністю, у термін, що перевищує час практичного заняття, отримана частина вірних відповідей – 2 бали;
- за кожне невірно виконане завдання роботи відраховується від 1 до 2 балів в залежності від складності завдання, але не нижче 0 балів.
- завдання роботи не виконано або виконано повністю невірно – 0 балів.

Примітка: в разі якщо студент був відсутній на занятті з поважної причини, що підтверджується документально і пред'явив на наступному занятті виконане завдання пропущеної роботи, робота вважається виконаною вчасно.

8.2. Модульна контрольна робота.

Ваговий бал – 20. Модульна контрольна робота складається з 5 завдань. Ваговий бал завдань від 2 до 8 балів в залежності від складності. Оцінювання кожного завдання роботи проводиться окремо за наступною шкалою:

- відповідь вірна – від 2 до 8 балів;
- відповідь вірна частково – від 1 до 4 балів;
- відповідь не вірна або завдання відсутнє – 0 балів.

Максимальна сума балів протягом семестру складає: $R = 40 + 20 = 60$ балів.

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

Семестровий контроль: *іспит*

Умови допуску до семестрового контролю: *позитивна оцінка за домашню контрольну роботу (10 балів або більше) та виконання і підтвердження правильності отриманих результатів усіх лабораторних робіт та стартовий рейтинг не менше 25 балів.*

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

<i>Кількість балів</i>	<i>Оцінка</i>
100 ... 95	<i>відмінно</i>
94 ... 85	<i>дуже добре</i>
84 ... 75	<i>добре</i>
74 ... 65	<i>задовільно</i>
64 ... 60	<i>достатньо</i>
0 ... 60	<i>незадовільно</i>
не виконані умови допуску	<i>не допущено</i>

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

- *склав к.т.н., старший викладач Запорожець Юлія Анатоліївна*
- *ухвалено кафедрою технічних та програмних засобів автоматизації*
(протокол № 17 від 20.05.2022 р.)
- *Погоджено методичною комісією ІХФ*
(протокол № 10 від 24.06.2022 р.)