ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Силабус навчальної дисципліни
Оптимальне керування

Зв`язок з викладачем (викладачами):
E-mail: *vleonteva15@gmail.com*
СЕЗН ЗНУ повідомлення: *https://moodle.znu.edu.ua/course/view.php?id=5983*
Телефон: *(061) 289-12-74*
Інші засоби зв'язку: *Moodle (форум курсу, приватні повідомлення), Telegram*
Кафедра: *фундаментальної та прикладної математики, ауд. 18-а (1 корпус)*

1. Опис навчальної дисципліни

Метою навчальної дисципліни «Оптимальне керування» є оволодіння студентами науковими основами та методикою практичного застосування апарату оптимального керування у наукових дослідженнях, формування вмінь будувати математичні моделі керованих систем у формі задач оптимального керування та обґрунтовано обирати й застосовувати методи їх розв'язання.

Основними **завданнями** вивчення дисципліни «Оптимальне керування» є:

- формування у студентів уявлення про сутність задач, пов'язаних з оптимальними процесами, та про місце теорії оптимального керування серед інших розділів сучасної математики;
- ознайомлення з постановками основних задач оптимального керування – задач Лагранжа та Больца, лінійних задач, задачі оптимальної швидкодії, задачі синтезу, задач з рухомими межами та задачі оптимальної стабілізації;
- оволодіння особливостями застосування принципу максимуму Понтрягіна до розв'язання задач оптимізації для лінійних та нелінійних систем керування;
- оволодіння методом динамічного програмування, принципом оптимальності та рівнянням Беллмана, розуміння зв'язку цього методу з принципом максимуму;
- набуття практичних навичок розв'язання конкретних задач оптимального керування, в тому числі задач дискретної оптимізації;
- розвиток навичок самостійної роботи зі спеціальною науковою літературою, уміння викладати математичні міркування та обговорювати їх з іншими учасниками розв'язання задачі.

У разі успішного завершення курсу студент зможе:

- знати основні етапи розвитку теорії оптимального керування (варіаційне числення, принцип максимуму, динамічне програмування) і розуміти сучасні тенденції в цій галузі математики;
- знати постановку основних задач оптимального керування, застосування принципу максимуму до лінійних та нелінійних систем керування, а також сутність методу динамічного програмування;
- вміти будувати математичні моделі керованих систем у формі задач оптимального керування;
- вміти розв'язувати лінійну задачу оптимальної швидкодії, задачу синтезу оптимального керування, задачі оптимального керування з рухомими межами та задачу оптимальної стабілізації;
- вміти застосовувати метод динамічного програмування до розв'язання задач оптимального керування та задач дискретної оптимізації;

- розв’язувати задачі придатними математичними методами, перевіряти умови виконання математичних тверджень, знаходити відповідності між поставленою задачею й відомими моделями;
- відшуковувати потрібну науково-технічну інформацію у науковій літературі, базах даних та інших джерелах інформації;
- розуміти правові, етичні та психологічні аспекти професійної діяльності, здійснювати професійну письмову й усну комунікацію українською мовою.

Міждисциплінарні зв’язки. Курс «Оптимальне керування» ґрунтується на знаннях та навичках, набутих студентами при вивченні дисциплін «Теорія керування», «Диференціальні рівняння» та «Варіаційне числення та методи оптимізації» на бакалаврському рівні.

ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Силабус навчальної дисципліни
Оптимальне керування

Паспорт навчальної дисципліни

Нормативні показники	**денна форма здобуття освіти**	**заочна форма здобуття освіти**
1	***2***	***3***
Статус дисципліни	**Вибіркова**	
Семестр	3-й	-
Кількість кредитів ECTS	**5**	
Кількість годин	150	
Лекційні заняття	24 год.	-
Практичні заняття	24 год.	-
Самостійна робота	102 год.	-
Консультації	https://us05web.zoom.us/j/6256131620?pwd=cVdIeDRhWHdwWWhKMG53R3FZSFJMUT09 код доступу: 12345	
Вид підсумкового семестрового контролю:	**залік**	
Посилання на електронний курс у СЕЗН ЗНУ (платформа Moodle)	https://moodle.znu.edu.ua/course/view.php?id=5983	

2. Методи досягнення запланованих освітньою програмою компетентностей і результатів навчання

Компетентності / результати навчання	Методи навчання	Форми і методи оцінювання
Компетентності		
ЗК-1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу. ЗК-2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях. ЗК-4. Здатність учитися і оволодівати сучасними знаннями. ЗК-7. Здатність приймати обґрунтовані рішення. СК-1. Здатність розв'язувати проблеми різної складності та формулювати нові проблеми математичною мовою. СК-3. Здатність демонструвати теоретичні основи фундаментальних математичних дисциплін та застосовувати системний підхід під час проведення математичних досліджень та при розв'язанні конкретних прикладних задач. СК-5. Здатність досліджувати прикладні задачі за допомогою сучасних математичних методів, будувати математичні моделі об'єктів та процесів, проводити їх якісний та кількісний аналіз. СК-6. Здатність вибирати адекватний математичний апарат, використовувати відомі теоретичні поняття та факти для розв'язання конкретних дослідницьких задач, оцінювати обґрунтованість й ефективність використовуваних математичних підходів. СК-7. Здатність створювати математичну модель розв'язуваної проблеми та використовувати аналітичні та/або чисельні методи для розв'язання математичних задач, що виникають в межах математичної моделі.	– інтегральні методи; – словесні методи викладення матеріалу на лекціях; – методи аналізу й систематизації; – навчальні дискусії; – самостійна робота студентів; – контроль, самоконтроль і корекція, самокорекція при виконанні робіт поточного, підсумкового контролю, індивідуальних завдань; – методи комунікації на заняттях, при захисті виконаних робіт; – практичні методи: досліди, вправи, навчальна праця; – індуктивні та дедуктивні методи; – репродуктивні та точні методи; – проблемно-пошукові методи.	**Поточний контроль:** захист самостійних робіт, захист практичних робіт, опитування, тестування **Підсумковий контроль:** розв'язання індивідуального практичного завдання, тестування
Програмні результати навчання		
РН-2. Знати методи математичного моделювання природничих та/або соціальних процесів, вміти проводити аналітичні дослідження руху динамічних систем на стійкість.	– дослідницький метод спрямований на залучення студентів до самостійного розв'язання задач; – метод проблемного викладу	**Поточний контроль:** захист самостійних робіт, захист практичних робіт, оцінювання участі в дискусії, опитування,

Компетентності / результати навчання	Методи навчання	Форми і методи оцінювання
РН-3. Розв'язувати задачі придатними математичними методами, перевіряти умови виконання математичних тверджень, коректно переносити умови та твердження на нові класи об'єктів, знаходити й аналізувати відповідності між поставленою задачею й відомими моделями. РН-6. Вміти застосовувати та інтегрувати знання зі споріднених математичних напрямів до розв'язання складних математичних проблем.	навчального матеріалу і створення проблемних ситуацій; – стимулювання до генерації оригінальних ідей при розв'язанні теоретичних і практичних задач; – частково-пошуковий (евристичний) метод спрямований на залучення студентів до самостійного розв'язання пізнавальних завдань з використанням різних джерел інформації; – пояснювально-ілюстративний метод; – репродуктивний метод; – активні методи навчання: послідовна й цілеспрямована постановка перед студентами завдань, розв'язуючи які вони активно засвоюють нові знання і отримують вміння і навички.	тестування **Підсумковий контроль:** розв'язання індивідуального практичного завдання, тестування

3. Зміст навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Основні поняття та основні задачі теорії оптимального керування. Задача Лагранжа у формі Понтрягіна.

Тема 1. Основні поняття та основні види задач теорії оптимального керування. Формулювання та розв'язання задачі Лагранжа у формі Понтрягіна. Предмет і завдання теорії оптимального керування, основні етапи її розвитку. Керована система, керування, фазова траєкторія, допустимі керування та траєкторії, обмеження на керування і на фазові змінні, функціонал якості. Основні види задач: задачі Лагранжа, Больца та Майєра, лінійні задачі, задачі оптимальної швидкодії, програмного керування, синтезу, задачі з рухомими межами. Зв'язок з класичним варіаційним численням. Формулювання задачі Лагранжа у формі Понтрягіна, функція Понтрягіна, спряжена система, необхідні умови екстремуму. Схема розв'язання задач оптимального керування.

Тема 2. Задача Лагранжа у формі Понтрягіна. Задача Больца та лінійні задачі оптимального керування. Необхідні умови оптимальності в задачі Лагранжа: принцип Лагранжа, умови стаціонарності за керуванням і спряжені рівняння, умови трансверсальності. Постановка задачі Больца, особливості виведення необхідних умов, роль термінальної частини функціоналу. Лінійні задачі оптимального керування: властивості множини досяжності, необхідні й достатні умови оптимальності. Розв'язання задач Больца та лінійних задач на практичних прикладах.

Змістовий модуль 2. Принцип максимуму. Задача оптимальної швидкодії.

Тема 3. Формулювання та сутність принципу максимуму. Задача оптимальної швидкодії. Принцип максимуму Понтрягіна для нелінійних систем керування: функція Гамільтона–Понтрягіна, спряжена система, умова максимуму, умови трансверсальності та нормування. Геометричний зміст принципу максимуму. Лінійна задача оптимальної швидкодії: релейність оптимального керування, теорема про кількість інтервалів

сталості, точки перемикання, побудова оптимальних траєкторій на фазовій площині. Розв'язання задач оптимальної швидкодії для систем другого порядку.

Змістовий модуль 3. Принцип максимуму у задачах програмного керування.

Тема 4. Принцип максимуму у задачах програмного керування. Програмне керування як функція часу. Застосування принципу максимуму до задач з фіксованим і вільним часом, закріпленими та вільними кінцями траєкторії, інтегральними та термінальними функціоналами. Зведення задач до крайових задач для системи рівнянь стану та спряжених рівнянь. Особливі (сингулярні) керування. Прикладні задачі програмного керування: механічні, економічні та технічні моделі.

Змістовий модуль 4. Задача синтезу оптимального керування. Задача з рухомими межами.

Тема 5. Задача синтезу керування. Задача з рухомими межами. Постановка задачі синтезу: побудова керування як функції фазового стану, поверхні перемикання, синтезуюча функція. Синтез оптимального за швидкодією керування для лінійних систем другого порядку. Задачі оптимального керування з рухомими межами: умови трансверсальності на рухомих кінцях траєкторії, залежність від параметрів та початкових і кінцевих множин. Розв'язання задач синтезу та задач з рухомими межами.

Змістовий модуль 5. Поняття та основні принципи динамічного програмування.

Тема 6. Поняття та основні принципи динамічного програмування. Багатокрокові процеси прийняття рішень. Сутність методу динамічного програмування, прямий і зворотний хід обчислень, умовна та безумовна оптимізація. Математичні моделі, що досліджуються методами динамічного програмування: розподіл ресурсів, управління запасами, заміна обладнання, планування виробництва. Складання рекурентних співвідношень для моделей прикладних задач.

Змістовий модуль 6. Принцип оптимальності та рівняння Беллмана.

Тема 7. Сутність принципу оптимальності Беллмана. Рівняння Беллмана. Зв'язок методу динамічного програмування з принципом максимуму. Принцип оптимальності Беллмана та його наслідки. Функція Беллмана (функція оптимального значення), її властивості. Рівняння Беллмана для дискретних і неперервних систем, рівняння Гамільтона–Якобі–Беллмана. Зв'язок методу динамічного програмування з принципом максимуму: співвідношення між функцією Беллмана та спряженими змінними. Достатні умови оптимальності. Знаходження функції Беллмана та застосування принципу оптимальності до розв'язання задач.

Змістовий модуль 7. Рівняння Беллмана у задачах швидкодії та оптимальної стабілізації.

Тема 8. Рівняння Беллмана у задачі швидкодії. Функція часу швидкодії, рівняння Беллмана для задачі швидкодії, побудова синтезу оптимального керування. Порівняння результатів з розв'язанням на основі принципу максимуму.

Тема 9. Задача оптимальної стабілізації. Постановка задачі оптимальної стабілізації для лінійних систем з квадратичним критерієм якості (аналітичне конструювання регуляторів). Рівняння Беллмана та матричне рівняння Ріккаті, стаціонарний режим, закон оптимального зворотного зв'язку. Приклади розв'язання задач оптимальної стабілізації.

Змістовий модуль 8. Динамічне програмування у задачах дискретної оптимізації.

Тема 10. Застосування методу динамічного програмування для розв'язання задач дискретної оптимізації. Задачі дискретної оптимізації: задача про рюкзак, пошук найкоротшого шляху в графі, оптимальний розподіл інвестицій, задачі планування та

заміни обладнання. Побудова функціональних рівнянь, алгоритми зворотного та прямого ходу, оцінювання обчислювальної складності, програмна реалізація обчислень.

4. Структура навчальної дисципліни

Вид заняття /роботи	Назва теми	Кількість годин		Згідно з розкладом
		о/д.ф.	з.ф.	
1	*2*	*3*	*4*	*5*
Лекція 1	Основні поняття та основні види задач теорії оптимального керування.	2	–	*1 тиждень*
Лекція 2	Задача Лагранжа у формі Понтрягіна. Задача Больца та лінійні задачі оптимального керування.	2	–	*2 тиждень*
Лекція 3	Формулювання та сутність принципу максимуму. Задача оптимальної швидкодії.	2	–	*3 тиждень*
Лекція 4	Принцип максимуму у задачах програмного керування.	2	–	*4 тиждень*
Лекція 5	Задача синтезу керування. Задача з рухомими межами.	2	–	*5 тиждень*
Лекція 6	Поняття та основні принципи динамічного програмування.	2	–	*6 тиждень*
Лекція 7	Сутність принципу оптимальності Беллмана. Рівняння Беллмана. Зв'язок методу динамічного програмування з принципом максимуму.	2	–	*7 тиждень*
Лекція 8	Рівняння Беллмана у задачі швидкодії.	2	–	*8 тиждень*
Лекція 9	Задача оптимальної стабілізації.	2	–	*9 тиждень*
Лекція 10	Застосування методу динамічного програмування для розв'язання задач дискретної оптимізації.	2	–	*10 тиждень*
Практичне заняття 1	Формулювання та розв'язання задачі Лагранжа у формі Понтрягіна.	2	–	*1 тиждень*
Практичне заняття 2	Розв'язання задачі Больца.	2	–	*2 тиждень*
Практичне заняття 3	Розв'язання задач оптимальної швидкодії.	2	–	*3 тиждень*
Практичне заняття 4	Задачі програмного керування.	2	–	*4 тиждень*
Практичне заняття 5	Задача синтезу керування. Задача з рухомими межами.	2	–	*5 тиждень*
Практичне заняття 6	Математичні моделі, що досліджуються методами динамічного програмування.	2	–	*6 тиждень*
Практичне заняття 7	Функція Беллмана. Застосування принципу оптимальності Беллмана.	2	–	*7 тиждень*
Практичне заняття 8	Рівняння Беллмана у задачі швидкодії.	2	–	*8 тиждень*
Практичне заняття 9	Задача оптимальної стабілізації.	2	–	*9 тиждень*

ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Силабус навчальної дисципліни
Оптимальне керування

Вид заняття /роботи	Назва теми	Кількість годин		Згідно з розкладом
		о/д.ф.	з.ф.	
1	*2*	*3*	*4*	*5*
Практичне заняття 10	Застосування методу динамічного програмування для розв'язання задач дискретної оптимізації.	2	–	*10 тиждень*
Самостійна робота 1	Основні поняття та задачі теорії оптимального керування. Задача Лагранжа у формі Понтрягіна. Задача Больца та лінійні задачі.	14	–	*1-2 тижні*
Самостійна робота 2	Принцип максимуму. Задача оптимальної швидкодії.	14	–	*3 тиждень*
Самостійна робота 3	Принцип максимуму у задачах програмного керування.	14	–	*4 тиждень*
Самостійна робота 4	Задача синтезу керування. Задача з рухомими межами.	14	–	*5 тиждень*
Самостійна робота 5	Поняття та основні принципи динамічного програмування.	14	–	*6 тиждень*
Самостійна робота 6	Принцип оптимальності та рівняння Беллмана. Функція Беллмана.	14	–	*7 тиждень*
Самостійна робота 7	Рівняння Беллмана у задачі швидкодії. Задача оптимальної стабілізації.	13	–	*8-9 тижні*
Самостійна робота 8	Динамічне програмування у задачах дискретної оптимізації.	13	–	*10 тиждень*

5. Види і зміст поточних контрольних заходів

Вид заняття / роботи	Вид поточного контрольного заходу	Зміст поточного контрольного заходу	Критерії оцінювання та термін виконання	Усього балів
1	2	3	4	5
Поточний контроль				
Практична робота №1	Практична робота №1	Письмове виконання завдань Практичної роботи за практичним матеріалом змістового модуля 1. Звіт з виконаною Практичною роботою надсилається у СЕЗН ЗНУ Moodle. Завдання для виконання викладено в СЕЗН ЗНУ.	0-5 Робота проводиться на другому тижні; звіт подається не пізніше ніж через 7 днів після її проведення	5
Практична робота №2	Практична робота №2	Письмове виконання завдань Практичної роботи за практичним матеріалом змістового модуля 2. Звіт з виконаною Практичною роботою надсилається у СЕЗН ЗНУ Moodle. Завдання для виконання викладено в СЕЗН ЗНУ.	0-5 Робота проводиться на третьому тижні; звіт подається не пізніше ніж через 7 днів після її проведення	5
Практична робота №3	Практична робота №3	Письмове виконання завдань Практичної роботи за практичним матеріалом змістового модуля 3. Звіт з виконаною Практичною роботою надсилається у СЕЗН ЗНУ Moodle. Завдання для виконання викладено в СЕЗН ЗНУ.	0-5 Робота проводиться на четвертому тижні; звіт подається не пізніше ніж через 7 днів після її проведення	5
Практична робота №4	Практична робота №4	Письмове виконання завдань Практичної роботи за практичним матеріалом змістового модуля 4. Звіт з виконаною Практичною роботою надсилається у СЕЗН ЗНУ Moodle. Завдання для виконання викладено в СЕЗН ЗНУ.	0-5 Робота проводиться на п’ятому тижні; звіт подається не пізніше ніж через 7 днів після її проведення	5
Практична робота №5	Практична робота №5	Письмове виконання завдань Практичної роботи за практичним матеріалом змістового модуля 5. Звіт з виконаною Практичною роботою надсилається у СЕЗН ЗНУ Moodle. Завдання для виконання викладено в СЕЗН ЗНУ.	0-5 Робота проводиться на шостому тижні; звіт подається не пізніше ніж через 7 днів після її проведення	5
Практична робота №6	Практична робота №6	Письмове виконання завдань Практичної роботи за практичним матеріалом змістового модуля 6. Звіт з виконаною Практичною роботою надсилається у СЕЗН ЗНУ Moodle. Завдання для виконання викладено в СЕЗН ЗНУ.	0-5 Робота проводиться на сьомому тижні; звіт подається не пізніше ніж через 7 днів після її проведення	5
Практична робота №7	Практична робота №7	Письмове виконання завдань Практичної роботи за практичним матеріалом змістового модуля 7. Звіт з виконаною Практичною роботою надсилається у СЕЗН ЗНУ Moodle. Завдання для виконання викладено в СЕЗН ЗНУ.	0-5 Робота проводиться на дев’ятому тижні; звіт подається не пізніше ніж через 7 днів після її проведення	5
Практична робота №8	Практична робота №8	Письмове виконання завдань Практичної роботи за практичним матеріалом змістового модуля 8. Звіт з виконаною Практичною роботою надсилається у СЕЗН ЗНУ Moodle. Завдання для виконання викладено в СЕЗН ЗНУ.	0-5 Робота проводиться на десятому тижні; звіт подається не пізніше ніж через 7 днів після її проведення	5

ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Силабус навчальної дисципліни
Оптимальне керування

Вид заняття / роботи	Вид поточного контрольного заходу	Зміст поточного контрольного заходу	Критерії оцінювання та термін виконання	Усього балів
1	**2**	**3**	**4**	**5**
Самостійна робота №1	Самостійна робота №1	Письмове виконання завдань для самостійної роботи за теоретичним матеріалом змістового модуля 1. Звіт з виконаною самостійною роботою надсилається у СЕЗН ЗНУ Moodle. Завдання для виконання викладено в СЕЗН ЗНУ.	0-4 Звіт подається на другому тижні	4
Самостійна робота №2	Самостійна робота №2	Письмове виконання завдань для самостійної роботи за теоретичним матеріалом змістового модуля 2. Звіт з виконаною самостійною роботою надсилається у СЕЗН ЗНУ Moodle. Завдання для виконання викладено в СЕЗН ЗНУ.	0-2 Звіт подається на третьому тижні	2
Самостійна робота №3	Самостійна робота №3	Письмове виконання завдань для самостійної роботи за теоретичним матеріалом змістового модуля 3. Звіт з виконаною самостійною роботою надсилається у СЕЗН ЗНУ Moodle. Завдання для виконання викладено в СЕЗН ЗНУ.	0-2 Звіт подається на четвертому тижні	2
Самостійна робота №4	Самостійна робота №4	Письмове виконання завдань для самостійної роботи за теоретичним матеріалом змістового модуля 4. Звіт з виконаною самостійною роботою надсилається у СЕЗН ЗНУ Moodle. Завдання для виконання викладено в СЕЗН ЗНУ.	0-2 Звіт подається на п’ятому тижні	2
Самостійна робота №5	Самостійна робота №5	Письмове виконання завдань для самостійної роботи за теоретичним матеріалом змістового модуля 5. Звіт з виконаною самостійною роботою надсилається у СЕЗН ЗНУ Moodle. Завдання для виконання викладено в СЕЗН ЗНУ.	0-2 Звіт подається на шостому тижні	2
Самостійна робота №6	Самостійна робота №6	Письмове виконання завдань для самостійної роботи за теоретичним матеріалом змістового модуля 6. Звіт з виконаною самостійною роботою надсилається у СЕЗН ЗНУ Moodle. Завдання для виконання викладено в СЕЗН ЗНУ.	0-2 Звіт подається на сьомому тижні	2
Самостійна робота №7	Самостійна робота №7	Письмове виконання завдань для самостійної роботи за теоретичним матеріалом змістового модуля 7. Звіт з виконаною самостійною роботою надсилається у СЕЗН ЗНУ Moodle. Завдання для виконання викладено в СЕЗН ЗНУ.	0-4 Звіт подається на дев’ятому тижні	4
Самостійна робота №8	Самостійна робота №8	Письмове виконання завдань для самостійної роботи за теоретичним матеріалом змістового модуля 8. Звіт з виконаною самостійною роботою надсилається у СЕЗН ЗНУ Moodle. Завдання для виконання викладено в СЕЗН ЗНУ.	0-2 Звіт подається на десятому тижні	2
Усього поточний контроль				**60**
Підсумковий контроль				

ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Силабус навчальної дисципліни
Оптимальне керування

Вид заняття / роботи	Вид поточного контрольного заходу	Зміст поточного контрольного заходу	Критерії оцінювання та термін виконання	Усього балів
1	**2**	**3**	**4**	**5**
Залік	Письмова залікова робота (теоретичні питання та задачі)	Залікова робота містить 2 теоретичні питання та 2 задачі, які охоплюють увесь матеріал дисципліни. Питання для підготовки: список теоретичних питань, що вимагають обґрунтованої відповіді, розміщено в СЕЗН ЗНУ Moodle.	Кожне теоретичне питання оцінюється у 4 бали, кожна задача – у 6 балів. Максимальна кількість балів за залікову роботу становить 20 балів. У разі дистанційної форми навчання залік проходить на платформі Moodle.	**20**
	Підсумкове індивідуальне завдання (захист)	Підсумкове індивідуальне завдання містить задачі, що висвітлюють основні теми курсу, та виконується за індивідуальним варіантом. Змістовна форма завдання відповідає задачам, які розв'язуються на практичних заняттях протягом семестру.	Завдання здається викладачу за 1 тиждень до заліку та захищається. Оцінювання здійснюється за формулою (1)*. Максимальна кількість балів становить 20 балів.	**20**
Усього підсумковий контроль				**40**

* Оцінювання кожного окремого завдання Практичної роботи здійснюється за формулою

$$s = m \cdot v / 100 \qquad (1)$$

де s – підсумковий бал за завдання, m – максимальний бал за завдання, v – відсоток виконання.

Критерії визначення *v* (%):

- 90-100%: завдання повністю виконано без помилок; відповідає виявленню студентом всебічного системного і глибокого знання програмного матеріалу; засвоєнню ним основної і додаткової літератури; чіткому володінню понятійним апаратом, методами, методиками та інструментами, передбаченими програмою дисципліни; вмінню використовувати їх для вирішення як типових, так і нетипових практичних ситуацій; виявленню творчих здібностей в розумінні, викладі та використанні навчально-програмного матеріалу;
- 60-89%: повністю виконано без суттєвих помилок; відповідає виявленню знань основного програмного матеріалу; засвоєнню інформації в межах лекційного курсу; володінню необхідними методами, методиками та інструментами, передбаченими програмою; вмінню використовувати їх для вирішення типових ситуацій, припускаючи окремих незначних помилок;
- 0-59%: більше 30% завдання виконано невірно; відповідає виявленню значних прогалин у знаннях основного програмного матеріалу; не досить упевненому володінню окремими поняттями, методиками та інструментами, про що свідчать принципові помилки під час їх використання.

Загальний бал за роботу визначається підсумовуванням балів за всі виконані завдання.

Шкала оцінювання ЗНУ: національна та ECTS

За шкалою ECTS	***За шкалою університету***	***За національною шкалою***	
		Екзамен	***Залік***
A	90 – 100 (відмінно)	***5 (відмінно)***	***Зараховано***
B	85 – 89 (дуже добре)	4 (добре)	
C	75 – 84 (добре)		
D	70 – 74 (задовільно)	3 (задовільно)	
E	60 – 69 (достатньо)		
FX	35 – 59 (незадовільно – з можливістю повторного складання)	2 (незадовільно)	Не зараховано
F	1 – 34 (незадовільно – з обов'язковим повторним курсом)		

6. Основні навчальні ресурси

1. Ладієва Л. Р. Оптимальне керування системами. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 162 с.
2. Теорія систем керування: підручник / В.І. Корнієнко, О.Ю. Гусєв, О.В. Герасіна, В.П. Щокін; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. Дніпро: НГУ, 2017. 497 с.
3. Дерев'янко Т., Кирилич В., Мільченко О. Задачі оптимального керування гіперболічними системами. Globe Edit. Chisinau, 2021. 142 с.
4. Перестюк М.О., Станжицький О.М., Капустян О.В., Ловейкін Ю.В. Варіаційне числення та методи оптимізацій : навч. посіб. Київ : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2010. 121 с.
5. Теорія керування. Частина І : методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи здобувачів першого (бакалавр.) рівня вищої освіти спеціальності 113 Прикладна математика / уклад.: О. Д. Кічмаренко, Н. В. Скрипник, А. О. Стехун. Одеса : Олді+, 2023. 67 с.
6. Кирилич В. М., Терещук О. В., Флюд В. М. Оптимальне керування соціально-економічними системами в середовищі Matlab : навч. посіб. Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2021. 412 с.
7. Лаврик В. І. Методи математичного моделювання в екології. К, 2002. 203 с.

8. Моклячук М.П. Варіаційне числення. Екстремальні задачі : підручник. Київ : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2009. 380 с.
9. Моклячук М.П. Збірник задач із варіаційного числення та методів оптимізації: навч. посіб. Київ : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2014. 256 с.
10. Перестюк М.О., Станжицький О.М., Капустян О.В. Екстремальні задачі : навч. посіб. Київ : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2004. 50 с.
11. Яровий А. Т., Страхов Є. М. Методи оптимізації та варіаційне числення. Навчально-методичний посібник. Видавництво «Освіта України», Одеса. 2017. 156 с.
12. Bellman R. Dynamic Programming. Princeton : Princeton University Press, 1957.
13. Bryson A. E., Ho Y.-C. Applied Optimal Control: Optimization, Estimation and Control. New York : Taylor & Francis, 1975.
14. Bertsekas D. P. Dynamic Programming and Optimal Control. Vol. I. 4th ed. Belmont : Athena Scientific, 2017.
15. Hritonenko N., Yatsenko Yu. Mathematical Modeling in Economics, Ecology and the Environment: Springer, 2013. 296 p.
16. Kirk D. E. Optimal Control Theory: An Introduction. Mineola : Dover Publications, 2004.
17. Lachowicz M.-A. Teoria Sternowania. UW: Warshawa, 2012. 88 p.
18. Lawrence C. Evans. An Introduction to Mathematical Optimal Control Theory. Berkeley: University of California, 2017. 300 p.
19. Lewis F. L., Vrabie D. L., Syrmos V. L. Optimal Control. 3rd ed. Hoboken : Wiley, 2012. 540 p.
20. Papageorgiou M. Optimierung: statische, dynamische, stochastische Verfahren fur die Anwendung. Munhen, Wien: Olgenbourg, 1991. 587 c.
21. Ravindran A., Reklaitis G.V. Engineering Optimization Methods and Application. 2nd ed. NJ: John Willy and sons, Inc, 2006. 688p.
22. Robert F. Stengel Optimal Control and Estimation (Dover Books on Mathematics) Paperback. September 20, 1994. 672 p.
23. Sage A.P., White C.C. Optimum systems control. 2nd ed. NJ: Englewood Cliffs, Prentice-Hall. Inc., 1977. 413 p.
24. Sethi Suresh P. Optimal Control Theory. Applications to Management Science and Economics. Springer Nature Switzerland AG, 2019. 520 p. (https://doi.org/10.1007/978-3-030-91745-6).

7. Регуляції і політики курсу

Відвідування занять. Регуляція пропусків.
Відвідування усіх занять є обов'язковим. Студенти зобов'язані дотримуватися усіх строків, визначених для виконання усіх видів робіт, передбачених даною дисципліною. Пропуски та запізнення на заняття є недопустимими.

Політика академічної доброчесності
Недопустимо списування та плагіат, а також несвоєчасне виконання поставленого завдання. При використанні інформації необхідно дотримуватися норм цитування. Неприпустиме складання роботи, виконаної іншою особою.

Використання комп'ютерів/телефонів на занятті
Використання мобільних телефонів, ноутбуків та інших гаджетів під час лекційних та лабораторних занять дозволяється виключно у навчальних цілях (з активованим режимом «без звуку»).
Під час виконання поточних тестів та підсумкового контролю використання гаджетів заборонено.

Комунікація
Комунікація викладача зі студентами здійснюється на заняттях, через Telegram і в СЕЗН Moodle (форум курсу, приватні повідомлення)

ДОДАТКОВА ІНФОРМАЦІЯ

ГРАФІК ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ 2025-2026 н. р. доступний за адресою: https://sites.znu.edu.ua/navchalnyj_viddil/1635.ukr.html.

НАВЧАЛЬНИЙ ПРОЦЕС ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ОСВІТИ. Перевірка набутих студентами знань, навичок та вмінь (атестації, заліки, іспити та інші форми контролю) є невід'ємною складовою системи забезпечення якості освіти і проводиться відповідно до Положення про організацію та методику проведення поточного та підсумкового семестрового контролю навчання студентів ЗНУ: https://tinyurl.com/y9tve4lk.

ПОВТОРНЕ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІН, ВІДРАХУВАННЯ. Наявність академічної заборгованості до 6 навчальних дисциплін (в тому числі проходження практики чи виконання курсової роботи) за результатами однієї екзаменаційної сесії є підставою для надання студенту права на повторне вивчення зазначених навчальних дисциплін. Порядок повторного вивчення визначається Положенням про порядок повторного вивчення навчальних дисциплін та повторного навчання у ЗНУ: https://tinyurl.com/y9pkmmp5. Підстави та процедури відрахування студентів, у тому числі за невиконання навчального плану, регламентуються Положенням про порядок переведення, відрахування та поновлення студентів у ЗНУ: https://tinyurl.com/ycds57la.
ВИРІШЕННЯ КОНФЛІКТІВ. Порядок і процедури врегулювання конфліктів, пов'язаних із корупційними діями, зіткненням інтересів, різними формами дискримінації, сексуальними домаганнями, міжособистісними стосунками та іншими ситуаціями, що можуть виникнути під час навчання, регламентуються Положенням про порядок і процедури вирішення конфліктних ситуацій у ЗНУ: https://tinyurl.com/57wha734. Конфліктні ситуації, що виникають у сфері стипендіального забезпечення здобувачів вищої освіти, вирішуються стипендіальними комісіями факультетів, коледжів та університету в межах їх повноважень, відповідно до: Положення про порядок призначення і виплати академічних стипендій у ЗНУ: https://tinyurl.com/yd6bq6p9; Положення про призначення та виплату соціальних стипендій у ЗНУ: https://tinyurl.com/y9r5dpwh.

ПСИХОЛОГІЧНА ДОПОМОГА. Телефон довіри практичного психолога **Марті Ірини Вадимівни** (061) 228-15-84, (099) 253-78-73 (щоденно з 9 до 21).

УПОВНОВАЖЕНА ОСОБА З ПИТАНЬ ЗАПОБІГАННЯ ТА ВИЯВЛЕННЯ КОРУПЦІЇ Запорізького національного університету: **Банах Віктор Аркадійович**
Електронна адреса: v_banakh@znu.edu.ua
Гаряча лінія: тел. (061) 227-12-76, факс 227-12-88

РІВНІ МОЖЛИВОСТІ ТА ІНКЛЮЗИВНЕ ОСВІТНЄ СЕРЕДОВИЩЕ. Центральні входи усіх навчальних корпусів ЗНУ обладнані пандусами для забезпечення доступу осіб з інвалідністю та інших маломобільних груп населення. Допомога для здійснення входу у разі потреби надається черговими охоронцями навчальних корпусів. Якщо вам потрібна спеціалізована допомога, будь ласка, зателефонуйте (061) 228-75-11 (начальник охорони). Порядок супроводу (надання допомоги) осіб з інвалідністю та інших маломобільних груп населення у ЗНУ: https://tinyurl.com/ydhcsagx.

РЕСУРСИ ДЛЯ НАВЧАННЯ

НАУКОВА БІБЛІОТЕКА: http://library.znu.edu.ua. Графік роботи абонементів: понеділок-п’ятниця з 08.00 до 16.00; вихідні дні: субота і неділя.

СИСТЕМА ЕЛЕКТРОННОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАВЧАННЯ (MOODLE): https://moodle.znu.edu.ua
Якщо забули пароль/логін, направте листа з темою «Забув пароль/логін» за адресою: moodle.znu@znu.edu.ua.
У листі вкажіть: прізвище, ім’я, по-батькові українською мовою; шифр групи; електронну адресу.
Якщо ви вказували електронну адресу в профілі системи Moodle ЗНУ, то використовуйте посилання для відновлення паролю https://moodle.znu.edu.ua/mod/page/view.php?id=133015.

ЦЕНТР ІНТЕНСИВНОГО ВИВЧЕННЯ ІНОЗЕМНИХ МОВ: http://sites.znu.edu.ua/child-advance/

ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МАТЕМАТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

ЗАТВЕРДЖУЮ
Декан математичного факультету
_____ С.І. Гоменюк
(підпис) (ініціали та прізвище)
«26» серпня 2026

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ОПТИМАЛЬНЕ КЕРУВАННЯ

підготовки магістра
денної та заочної форм здобуття освіти
освітньо-професійна програма «Математика»
спеціальності Е7 Математика
галузі знань Е Природничі науки, математика та статистика

ВИКЛАДАЧ: Леонтьєва В.В., к.ф.-м.н., доцент, доцент кафедри фундаментальної та прикладної математики

Обговорено та ухвалено
на засіданні кафедри фундаментальної та
прикладної математики

Протокол № 1 від "26" серпня 2026 р.
Завідувач кафедри фундаментальної та
прикладної математики
_____ С.М. Гребенюк
(підпис) (ініціали, прізвище)

Погоджено

Гарант освітньо-професійної програми
_____ І.В. Красікова
(підпис) (ініціали, прізвище)

2026 рік