

Міністерство освіти і науки України  
Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника

Факультет математики та інформатики  
Кафедра диференціальних рівнянь і прикладної математики

## **СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

ТЕОРІЯ КЕРУВАННЯ

**Рівень вищої освіти:** Перший (бакалаврський)

**Освітня програма:** Прикладна математика

**Спеціальність:** 113 Прикладна математика

**Галузь знань:** 11 Математика та статистика

Затверджено на засіданні кафедри  
Протокол №1 від 31 серпня 2023 р.

м. Івано-Франківськ – 2023 рік

## **ЗМІСТ**

1. Загальна інформація
2. Анотація до навчальної дисципліни
3. Мета та цілі навчальної дисципліни
4. Загальні і фахові компетентності
5. Програмні результати навчання
6. Організація навчальної дисципліни
7. Система оцінювання навчальної дисципліни
8. Політика навчальної дисципліни
9. Рекомендована література

## 1. ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ

Назва дисципліни	Теорія керування
Викладач(-і)	Мазуренко В.В.
Контактний телефон	(0342)596027
E-mail	<a href="mailto:viktor.mazurenko@pnu.edu.ua">viktor.mazurenko@pnu.edu.ua</a>
Профайл	<a href="http://mazurenko.pnu.edu.ua">mazurenko.pnu.edu.ua</a>
Формат дисципліни	Лекції та практичні заняття
Обсяг дисципліни	3 кредити ЄКТС / 90 год.
Посилання на сайт дистанційного навчання	<a href="https://classroom.google.com/c/MTY0NDUwNzA5MjU4">classroom.google.com/c/MTY0NDUwNzA5MjU4</a>
Консультації	Впродовж семестру згідно з графіком консультацій

## 2. АНОТАЦІЯ ДО НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Чому фахівці з різних галузей змушені вдаватися до математичних методів оптимального керування складними системами? Прикладні задачі якого характеру є в центрі уваги теорії керування і в яких галузях поза математикою ця теорія має широкі застосування? Чому математичні моделі оптимального керування не вдається розв'язати методами варіаційного числення? Які проблеми при цьому виникають і як (якими двома підходами) їх можна вирішувати? На ці і багато інших питань студенти спеціальності Прикладна математика отримають відповіді у курсі «Теорія керування».

Гармонійне поєднання в цьому курсі математичного аспекту (теорія керування) з прикладним (дослідження операцій) робить його однаково привабливим як для теоретиків, так і для практиків.

## 3. МЕТА І ЦІЛІ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Формування у студентів «системного» мислення і усвідомлення необхідності застосування системного підходу при дослідженні математичних моделей оптимального керування динамічними процесами. Ознайомити студентів з методами класичного варіаційного числення і оптимального керування. Показати застосування методів теорії оптимального керування в економіці, техніці, механіці та інших галузях поза математикою.

#### **4. ЗАГАЛЬНІ І ФАХОВІ КОМПЕТЕНТНОСТІ**

Відповідно до освітньо-професійної програми «Прикладна математика» для першого (бакалаврського) рівня вищої освіти:

**ЗК02.** Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;

**ФК01.** Здатність використовувати й адаптувати математичні теорії, методи та прийоми для доведення математичних тверджень і теорем;

**ФК02.** Здатність виконувати завдання, сформульовані у математичній формі;

**ФК03.** Здатність обирати та застосовувати математичні методи для розв'язування прикладних задач, моделювання, аналізу, проектування, керування, прогнозування, прийняття рішень;

**ФК04.** Здатність розробляти алгоритми та структури даних, програмні засоби та програмну документацію;

**ФК13.** Здатність зрозуміти постановку завдання, сформульовану мовою певної предметної галузі, здійснювати пошук та збір необхідних вихідних даних.

**ФК14.** Здатність сформулювати математичну постановку задачі, спираючись на постановку мовою предметної галузі, та обирати метод її розв'язання, що забезпечує потрібні точність і надійність результату.

#### **5. ПРОГРАМНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ**

**РН01.** Демонструвати знання й розуміння основних концепцій, принципів, теорій прикладної математики і використовувати їх на практиці;

**РН03.** Формалізувати задачі, сформульовані мовою певної предметної галузі; формувати їх математичну постановку та обирати раціональний метод вирішення; розв'язувати отримані задачі аналітичними та чисельними методами, оцінювати точність та достовірність отриманих результатів;

**РН05.** Уміти розробляти та використовувати на практиці алгоритми, пов'язані з пошуком оптимальних рішень;

**РН10.** Володіти методиками вибору раціональних методів та алгоритмів розв'язання математичних задач оптимізації, дослідження операцій, оптимального керування і прийняття рішень, аналізу даних;

**РН12.** Розв'язувати окремі інженерні задачі та/або задачі, що виникають принаймні в одній предметній галузі: в соціології, економіці, екології та медицині.

## 6. ОРГАНІЗАЦІЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Обсяг навчальної дисципліни	
Вид заняття	Загальна кількість годин
Лекції	16
Практичні	16
Самостійна робота	58

Ознаки навчальної дисципліни				
Спеціальність	Рівень освіти	Курс (рік навчання)	Семестр	Нормативна/вибіркова
113 Прикладна математика	Бакалавр	4 <sup>ий</sup>	8 <sup>ий</sup>	нормативна

Тема, план	Форма заняття	Завдання, год	Вага оцінки	Термін виконання
<b>Сильний і слабкий екстремуми функціоналу</b> - постановки прикладних варіаційних задач - поняття про функціонал, функціонали в лінійних нормованих просторах - перша і друга варіації функціоналу за Лагранжем, диференціали Фреше і Гато - сильний і слабкий екстремуми функціоналу, необхідні умови екстремуму - основні леми варіаційного числення	лекція	Опрацювати матеріал лекції з рекомендованою літературою, 2 ауд. год., 4 год. с. р.	–	1ий тиждень
<b>Функціонали в лінійних нормованих просторах</b>	практичне	Знаходити відстань між кривими. Обчислювати першу і другу варіації функціоналів, 2 ауд. год, 2 год. с. р.	–	1ий тиждень
<b>Необхідні умови екстремуму</b> - найпростіша задача варіаційного числення, рівняння Ейлера-Лагранжа та його інтеграли - узагальнення найпростішої варіаційної задачі: у просторі вектор-функцій (система рівнянь Ейлера-Лагранжа), зі старшими похідними (рівняння Ейлера-Пуассона), з частинними похідними (рівняння Ейлера-Остроградського) - задача Больца та її узагальнення, умови трансверсальності - Елементарна задача варіаційного числення, природні крайові умови (с. р.)	лекція	Опрацювати матеріал лекції з рекомендованою літературою, 4 ауд. год., 4 год. с. р.	–	2ий – 3ий тижні
<b>Застосування необхідних умов екстремуму функціоналів варіаційних задач</b>	практичне	Знаходити екстремалі найпростіших варіаційних задач,	–	2ий – 3ий тижні

		задач Больца та їх узагальнень, 4 ауд. год, 2 год. с. р.		
<b>Достатні умови екстремуму</b> - умови Лежандра і Якобі - достатні умови слабого екстремуму найпростішої варіаційної задачі - голкові варіації, умова Вейєрштраса - достатні умови сильного екстремуму найпростішої варіаційної задачі - необхідні та достатні умови екстремуму другого порядку в задачі Больца (с. р.)	лекція	Опрацювати матеріал лекції з рекомендованою літературою, 2 ауд. год., 4 год. с. р.	–	4ий тиждень
<b>Застосування достатніх умов екстремуму функціоналів варіаційних задач</b>	практичне	Досліджувати на екстремум функціонали варіаційних задач, 2 ауд. год, 2 год. с. р.	–	4ий тиждень
<b>Математичні моделі оптимального керування</b> - основні проблеми теорії керування, історичний екскурс - постановки прикладних задач оптимального керування - формалізація задачі оптимального керування - класифікація задач оптимального керування та їх перетворення - принципи керування і структурні схеми керованих систем (с. р.)	лекція	Опрацювати матеріал лекції з рекомендованою літературою, 2 ауд. год., 4 год. с. р.	–	5ий тиждень
<b>Принцип максимуму Понтрягіна</b> - задача оптимального керування у формі Понтрягіна, принцип максимуму Понтрягіна - доведення принципу максимуму (с. р.)	лекція	Опрацювати матеріал лекції з рекомендованою літературою, 4 ауд. год., 4 год. с. р.	–	6ий – 7ий тижні

<ul style="list-style-type: none"> <li>- принцип максимуму для задачі оптимальної швидкодії, оптимальний синтез (приклади Фельдбаума і Бушоу).</li> <li>- достатні умови оптимальності у формі принципу максимуму</li> <li>- принцип максимуму і необхідні умови екстремуму у варіаційному численні</li> <li>- принцип максимуму для задач оптимального керування з дискретним часом (с. р.)</li> </ul>				
<b>Застосування принципу максимуму Понтрягіна</b>	практичне	Розв'язувати задачі оптимального керування з допомогою принципу максимуму, 4 ауд. год, 4 год. с. р.	–	5 <sup>ий</sup> – 6 <sup>ий</sup> тижні
<b>Теорія керованості і спостережуваності</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- постановка та дослідження задач керованості лінійних нестационарних і стаціонарних систем</li> <li>- спостережуваність в лінійних нестационарних і стаціонарних системах керування</li> <li>- принцип двоїстості</li> </ul>	лекція	Опрацювати матеріал лекції з рекомендованою літературою, 2 ауд. год., 4 год. с. р.	–	8 <sup>ий</sup> тиждень
<b>Застосування теорії керованості і спостережуваності</b>	практичне	Досліджувати системи на керованість і спостережуваність, 2 ауд. год, 2 год. с. р.	–	7 <sup>ий</sup> тиждень
<b>Модульний контроль</b>	контрольна робота	Підготовка до к. р., 8 год. с. р. Індивідуальні завдання, 2 ауд. год.	25	8 <sup>ий</sup> тиждень
<b>Підсумковий контроль</b>	іспит	Підготовка до іспиту, 14 год. с. р. Індивідуальні завдання, 2 ауд. год.	50	9 <sup>ий</sup> тиждень



## 7. СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

<b>Загальна система оцінювання</b>	Підсумкова оцінка з дисципліни у відповідному семестрі є сумою оцінок за кожен з таких видів робіт: аудиторна робота (активна робота на практичних заняттях), самостійна робота (опрацювання окремих тем), тематичний контроль (дві контрольні роботи), екзамен. Підсумкова оцінка визначається відповідно до поданої нижче таблиці оцінювання за різними шкалами (100-бальна, ECTS, національна).
<b>Аудиторна і самостійна робота</b>	Максимальна оцінка за активну і змістовну участь у розв'язуванні задач варіаційного числення і оптимального керування на практичних заняттях та опрацювання окремих тем становить 5 балів (додатково).
<b>Модульний контроль</b>	Кожен варіант індивідуальних завдань контрольної роботи містить 4 завдання: 2 завдання – на застосування методів варіаційного числення, 1 комбіноване завдання – на застосування принципу максимуму Понтрягіна, 1 завдання – на застосування теорії керованості і спостережуваності. Максимальна оцінка за контрольну роботу становить 25 балів.
<b>Умови допуску до підсумкового контролю</b>	Загальна кількість балів за аудиторну і самостійну роботу та поточний контроль становить не менше 25 балів.
<b>Підсумковий контроль (екзамен)</b>	Кожен варіант екзаменаційного білета містить 7 основних (і кілька додаткових питань) на класифікацію математичних моделей задач варіаційного числення і оптимального керування, розуміння понять, формулювання тверджень, аналіз методів. Максимальна оцінка за іспит становить 50 балів.

### ШКАЛА ОЦІНЮВАННЯ: НАЦІОНАЛЬНА ТА ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	<b>A</b>	відмінно	зараховано
80 – 89	<b>B</b>	добре	
70 – 79	<b>C</b>		
60 – 69	<b>D</b>	задовільно	
50 – 59	<b>E</b>		
26 – 49	<b>FX</b>	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-25	<b>F</b>	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

## КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ НАВЧАЛЬНИХ ДОСЯГНЕНЬ

(відповідно до Положення про організацію освітнього процесу)

– **«відмінно»** – здобувач освіти міцно засвоїв теоретичний матеріал, глибоко і всебічно знає зміст навчальної дисципліни, основні положення рекомендованої літератури, логічно мислить і будує відповідь, вільно використовує набуті теоретичні знання при аналізі практичного матеріалу, висловлює своє ставлення до тих чи інших проблем, демонструє високий рівень засвоєння практичних навичок;

– **«добре»** – здобувач освіти добре засвоїв теоретичний матеріал, володіє основними аспектами рекомендованої літератури, аргументовано викладає його; має практичні навички, висловлює свої міркування з приводу тих чи інших проблем, але припускається певних неточностей і похибок у логіці викладу теоретичного матеріалу або при аналізі практичного матеріалу;

– **«задовільно»** – здобувач освіти в основному опанував теоретичними знаннями навчальної дисципліни, орієнтується в першоджерелах та рекомендованій літературі, але непереконливо відповідає, плутає поняття, додаткові питання викликають невпевненість або відсутність стабільних знань; відповідаючи на запитання практичного характеру, виявляє неточності у знаннях, не вміє оцінювати факти та явища, пов'язувати їх із майбутньою діяльністю;

– **«незадовільно»** – здобувач освіти не опанував навчальний матеріал дисципліни, не знає наукових фактів, визначень, майже не орієнтується в рекомендованій літературі, відсутнє наукове мислення, практичні навички не сформовані.

## 8. ПОЛІТИКА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

<b>Академічна доброчесність</b>	Важливим є надання достовірної інформації про результати власної навчальної (наукової, творчої) діяльності та посилання на джерела інформації у разі використання ідей, відомостей, розробок. Плагіат та інші види академічної недоброчесності не принесуть користі, тому є недоречними та контролюються відповідно до <a href="#">Положення</a>
<b>Пропуски занять (відпрацювання)</b>	Наслідком періодичних пропусків є самостійне опрацювання навчального матеріалу з можливим консультуванням у викладача відповідно до графіка консультацій. Наслідком систематичних пропусків є додаткові види самостійної роботи, які контролюються на передбачених у графіку навчального процесу тижнях контролю самостійної роботи
<b>Виконання завдань пізніше встановленого терміну</b>	Приводить до втрати частини балів, запланованих у системі оцінюванні навчальної дисципліни (усі види навчальної роботи важливо виконувати належним чином і вчасно, щоб зберігати загальний темп курсу, котрий сприяє ефективному засвоєнню матеріалу без шкоди здоров'ю)
<b>Невідповідна поведінка під час заняття</b>	Приводить до відсторонення від заняття
<b>Додаткові бали</b>	До 5 балів за активність, комунікативність, креативність, наполегливість, самостійність при вивченні дисципліни
<b>Неформальна освіта</b>	Можливість повного або часткового зарахування результатів неформальної освіти відповідно до <a href="#">Положення</a>

## 9. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Моклячук М.П. Варіаційне числення. Екстрем. задачі. – К., 2003.
2. Перестюк М.О., Станжицький О.М., Капустян О.В. Задачі оптимального керування: Навч. посібн. – К.: ТВіМС, 2004.
3. Крак Ю.В., Лєвошич О.Л. Теорія керування: Навч. посіб. – К., 2001.
4. Кириченко М.Ф., Матвієнко В.Т. Аналіз і синтез керованих систем: Навч. пос. – К.: ВПЦ "КУ", 2000.
5. Башняков О.М., Пічкур В.В. Задача синтезу в теорії керування: Навчальний посібник. – К.: Вид-во «Сталь», 2012.
6. Новицький І.В., Ус С.А. Сучасна теорія керування: навч. посіб. – Дніпро: НГУ, 2017. – Режим доступу: [url](#)
7. Frank S.A. Control Theory Tutorial. Basic Concepts Illustrated by Software Examples. Springer Open, 2018. – Access mode: [url](#)

Викладач В.Мазуренко