

**ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»  
ФІЗИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
Кафедра теоретичної фізики**

**«ЗАТВЕРДЖУЮ»**

в.о. декана фізичного факультету

\_\_\_\_\_ Володимир ЛАЗУР

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 року

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**«ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ  
СИСТЕМ І МЕРЕЖ»**

Рівень вищої освіти	<b>другий (магістерський)</b>
Галузь знань	<b>G Інженерія, виробництво та будівництво</b>
Спеціальність	<b>G5 Електроніка, електронні комунікації, приладобудування та радіотехніка</b>
Освітня програма	<b>Оптоелектронні телекомунікаційні системи</b>
Статус дисципліни	<b>вибіркова</b>
Мова навчання	<b>українська</b>

**Ужгород – 2025**

Робоча програма навчальної дисципліни «Імітаційне моделювання телекомунікаційних систем і мереж» для здобувачів вищої освіти галузі знань **G Інженерія, виробництво та будівництво** спеціальності **G5 Електроніка, електронні комунікації, приладобудування та радіотехніка** освітньої програми **Оптоелектронні телекомунікаційні системи**.

**Розробник:**

Нодь Є.А., канд. фіз.-мат. наук, доцент кафедри теоретичної фізики.

Робочу програму розглянуто та затверджено на засіданні кафедри теоретичної фізики

протокол № \_\_\_\_ від «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 р.

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ Мирослав КАРБОВАНЕЦЬ

Схвалено науково-методичною комісією фізичного факультету

протокол № \_\_\_\_ від «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 р.

Голова науково-методичної комісії \_\_\_\_\_ Василь РУБІШ

© Нодь Є. А., 2025 р.

© ДВНЗ «Ужгородський національний університет», 2025 р.

## 1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Розподіл годин за навчальним планом
	Денна форма навчання
Кількість кредитів ЄКТС – 4	Рік підготовки:
Загальна кількість годин – 120	1-й
Кількість модулів – 2	Семестр:
Тижневих годин для денної форми навчання : аудиторних – 2 самостійної роботи студента – 4	2-й
	Лекції:
	22-год.
	Практичні (семінарські):
	– -год.
Вид підсумкового контролю: залік	Лабораторні:
	20-год.
Форма підсумкового контролю: усна	Самостійна робота:
	78-год.

## 2. МЕТА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Метою вивчення навчальної дисципліни «Імітаційне моделювання телекомунікаційних систем і мереж» є здобуття компетенцій, достатніх для самостійного імітаційного моделювання об'єктів та процесів телекомунікаційних систем, отримання цілісного уявлення про загальні принципи імітаційного моделювання телекомунікаційних систем та процесів. Дисципліна забезпечує набуття студентами знань основ, методів, засобів імітаційного моделювання елементів телекомунікаційних мереж, на базі яких будуються телекомунікаційні засоби та системи.

Вивчення дисципліни сприяє формуванню у здобувачів вищої освіти таких компетентностей:

- ІК1 Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми, які характеризуються комплексністю та невизначеністю умов, у професійній діяльності, що передбачає проведення досліджень та/або здійснення інновацій із застосуванням у галузі електроніки та телекомунікацій.
- ЗК5 Здатність генерувати нові ідеї (креативність), самостійно здобувати за допомогою інформаційних технологій і використовувати в практичній діяльності нові знання і вміння, в тому числі в нових галузях знань.
- ФК1 Здатність застосовувати у професійній діяльності наукові факти, концепції, теорії, принципи та методології наукових досліджень.
- ФК3 Здатність обґрунтовано обирати та ефективно застосовувати математичні методи, комп'ютерні технології моделювання, а також підходи та методи оптимізації телекомунікаційних систем, комплексів, технологій, пристроїв та їх компонентів на всіх етапах їх життєвого циклу.
- ФК5 Здатність розробляти, вдосконалювати та використовувати сучасне програмне, апаратне та програмно-апаратне забезпечення телекомунікаційних пристроїв (засобів, систем, комплексів).
- ФК6 Здатність розв'язувати складні професійні задачі на основі застосування новітніх технологій пошуку, оцінювати, передавання, приймання і обробки інформації.
- ФК7 Здатність проектувати, налаштовувати та оптимізувати роботу телекомунікаційних мереж та систем.
- ФК11 Здатність обирати оптимальні методи досліджень, модифікувати та адаптувати існуючі, розробляти нові методи досліджень відповідно до існуючих технічних засобів та формувати методіку обробки результатів досліджень.

### 3. ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Навчальна дисципліна «Імітаційне моделювання телекомунікаційних систем і мереж» є вибірковою і належить до варіативної частини ОПП за напрямком підготовки.

Передумовами вивчення навчальної дисципліни «Імітаційне моделювання телекомунікаційних систем і мереж» є опанування таких навчальних дисциплін (НД) освітньої програми (ОП):

ОК 5. Моделювання та оптимізація телекомунікаційних систем

ОК 6. Телекомунікаційні системи і мережі наступного покоління

### 4. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Вивчення навчальної дисципліни передбачає формування та розвиток у здобувачів вищої освіти програмних результатів навчання (ПРН) відповідно до стандарту вищої освіти зі спеціальності **G5 Електроніка, електронні комунікації, приладобудування та радіотехніка** та освітньої програми «**Оптоелектронні телекомунікаційні системи**»:

Програмні результати навчання	Шифр ПРН
Знання і розуміння основних понять оптоелектроніки та телекомунікацій, теорії передавання та обробки інформації, математичного та комп'ютерного моделювання телекомунікаційних систем.	ПРН1
Використання сучасних інформаційних технологій; використання програмних засобів телекомунікаційних систем та мереж; застосування інформаційних технологій для розв'язання складних задач телекомунікацій та оптоелектроніки.	ПРН5

Очікувані результати навчання, які повинні бути досягнуті здобувачами освіти після опанування навчальної дисципліни «Імітаційне моделювання телекомунікаційних систем і мереж»:

Очікувані результати навчання з дисципліни	Шифр ПРН
Знати основні поняття, методи, засоби імітаційного моделювання елементів телекомунікаційних мереж, на базі яких будуються телекомунікаційні засоби та системи. Вміти розробляти імітаційні моделі процесів в телекомунікаційних системах для вирішення науково-дослідних завдань у цій області.	ПРН1
Набуття студентами навичок написання програм, які реалізують імітаційне моделювання телекомунікаційних систем та мереж на мові GPSS. Вміти розробляти та тестувати імітаційні математичні моделі, використовуючи	ПРН5

мову імітаційного моделювання; проектувати моделюючі алгоритми, використовуючи методи сумісної роботи аналітичних та імітаційних компонентів; використовувати математичні методи оптимізації з метою одержання найкращих характеристики функціонування засобів та систем.	
---	--

## **5. ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ**

**Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання з навчальної дисципліни є:**

- поточний контроль успішності: стандартизовані тести, презентації результатів виконаних завдань та досліджень, захист лабораторних робіт;
- модульний контроль;
- підсумковий контроль;
- залік.

### **Форми контролю та критерії оцінювання результатів навчання**

**Форми поточного контролю:**

- вибіркоче усне опитування перед початком занять;
- перевірка якості виконання завдань для самостійної роботи, зокрема за конспектами матеріалів;
- оцінювання якості та повноти виконання лабораторних робіт;
- оцінювання якості та повноти виконання завдань модульної контрольної роботи.

Форма модульного контролю: поточне оцінювання та виконання модульної контрольної роботи у письмовій формі, сумарний результати яких оцінюються за 100-бальною шкалою за кожний модуль.

Підсумковий контроль навчальної діяльності студентів здійснюється у формі заліку за результатами поточного контролю.

2 семестр

### **Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (модуль 1)**

<b>Поточне оцінювання та самостійна робота</b>				<b>Модульна контрольна робота</b>	<b>Сума</b>
T1	T2	T3	T4	<b>60</b>	<b>100</b>
10	10	10	10		

## Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (модуль 2)

Поточне оцінювання та самостійна робота					Модульна контрольна робота	Сума
T1	T2	T3	T4	T5	60	100
8	8	8	8	8		

## Оцінювання окремих видів навчальної роботи з дисципліни

Вид діяльності здобувача вищої освіти	Модуль 1		Модуль 2	
	Кількість	Максимальна кількість балів (сумарна)	Кількість	Максимальна кількість балів (сумарна)
Лабораторні заняття (допуск, виконання та захист)	5	40	5	40
Модульна контрольна робота	1	60	1	60
<b>Разом</b>	<b>6</b>	<b>100</b>	<b>6</b>	<b>100</b>

## Критерії оцінювання модульної контрольної роботи

Виконання модульних контрольних робіт здійснюється в письмовій (або електронній) формі. Модульний контроль знань студентів здійснюється після завершення вивчення навчального матеріалу змістового модуля.

При визначенні оцінки за модуль враховуються результати модульного контрольного оцінювання та поточного контролю під час навчальних занять, результати лабораторних робіт, самостійної та індивідуальної роботи.

На виконання письмового компонента модульного контрольного оцінювання відводиться 2 академічних годин. Здобувач освіти, який не з'явився на модульний контроль, може пройти його додатково у визначений кафедрою термін.

Модульна контрольна робота містить теоретичну і практичну частини, оцінюється у 60 балів. Теоретична частина – 20 балів. Практична частина – 40 балів.

Підсумкова модульна оцінка з навчальної дисципліни визначається як середнє арифметичне результатів усіх модульних контролів та виставляється за 100-бальною шкалою, шкалою ЄКТС та національною шкалою.

Здобувач, який за результатами модульних контролів отримав від 0 до 34 балів, повинен до проведення підсумкового семестрового контролю покращити цю оцінку принаймні до показника не менше 35. Без такого покращення він до семестрового контролю не допускається.

### Критерії оцінювання підсумкового семестрового контролю

Підсумковий семестровий контроль з дисципліни «Імітаційне моделювання телекомунікаційних систем і мереж» здійснюється у формі заліку. Залік проводиться в усній формі шляхом співбесіди. Результати заліку оцінюються за двобальною шкалою: "зараховано" або "незараховано". Підсумкова оцінка визначається наступними критеріями.

Оцінка "зараховано" – якщо студент достатньо чітко і грамотно відповідає на питання в межах матеріалу, викладеного у рамках лекційних занять, може показати та обґрунтувати взаємозв'язок різних частин матеріалу, пройденого у межах матеріалу навчальної дисципліни; демонструє здатність до мислення, при відповіді на питання розмірковує, спираючись на отримані у рамках курсу знання, не допускає істотних неточностей у відповіді, правильно вибудовує логіку вирішення типових завдань;

Оцінка "незараховано" – якщо студент викладає основні питання недостатньо чітко або допускає істотні помилки при їх викладі, не може пояснити зв'язків у рамках викладеного матеріалу, не знає значної частини програмного матеріалу, не може дати точних визначень понять, пройдених у рамках курсу, дає розпливчасті формулювання і не володіє в належній мірі термінологією, плутається при відповіді на додаткові питання, не володіє прийомами вирішення типових завдань.

За бажанням студента результуюча підсумкова оцінка може бути визначена як інтегрована оцінка засвоєння всіх тем дисципліни і кількісно дорівнює середньому арифметичному балів, отриманих за кожний модуль.

Переведення результатів, отриманих за 100-бальною шкалою оцінювання в національну 4-х бальну та шкалу за системою ECTS здійснюється за наступною схемою:

#### Шкала оцінювання: національна та ECTS

Шкала ECTS	Диференційована шкала	Недиференційована шкала	Мін.бал- макс.бал
A	Відмінно	Зараховано	90-100
B	Добре		82-89
C			74-81
D			64-73
E	Задовільно		60-63
Fx	Незадовільно	Не зараховано	35-59
F			0-34

Здобувач, який отримав за результатами підсумкового контролю оцінку "незараховано" (0-34 балів, F), зобов'язаний пройти повторний курс вивчення дисципліни і скласти залік.

Результати підсумкового контролю знань вносяться до відомості обліку успішності.

## 6. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### 6.1. Зміст навчальної дисципліни

СЕМЕСТР 2

#### Модуль 1

Тема 1. *Загальні принципи імітаційного моделювання. Особливості імітаційних моделей складних систем.*

Види моделювання систем і процесів. Основні поняття імітаційного моделювання. Поняття складної телекомунікаційної системи. Переваги імітаційного моделювання при дослідженні складних систем. Поняття «ефективності» функціонування складних систем. Сучасні програмні засоби для імітаційного моделювання.

Тема 2. *Програмне середовище імітаційного моделювання GPSS World.*

Основне меню GPSS World. Меню File, Edit, Search, View, Command, Window, Help. Панель інструментів GPSS World. Вікно моделі у системі GPSS World. Інтерактивний перегляд значень виразів. Налаштування параметрів моделювання.

Тема 3. *Система імітаційного моделювання GPSS World. Моделі систем з одноканальними пристроями.*

Основне меню GPSS World. Подання моделей у вигляді блок-діаграм. Основні складові системи GPSS World. Об'єкти обчислювальної категорії. Введення транзактів у модель і вилучення їх із неї. Блоки для зміни значень параметрів транзактів. Блоки апаратної категорії зайняття та звільнення одноканальних пристроїв. Блоки перевірки стану та передавання керування в одноканальних пристроях. Блоки статистичної категорії. Блоки для зміни послідовності руху транзактів у моделі. Блоки апаратної категорії для переривань одноканальних пристроїв. Блоки апаратної категорії для переведення одноканальних пристроїв у стан недоступності. Створення і застосування списків користувача.

Тема 4. *Створення і відлагодження імітаційних моделей у GPSS World. Моделювання багатоканальних пристроїв у GPSS World.*

Команди GPSS World. Інтерактивні можливості GPSS World. Відлагодження моделей у GPSS World. Блоки зайняття та звільнення багатоканальних пристроїв. Блоки апаратної категорії для переведення багатоканальних пристроїв у стан недоступності та відновлення доступності. Блоки перевірки стану багатоканальних пристрів. Моделювання перемикачів.

#### Модуль 2

Тема 1. *Мова Plus та Plus-процедури.*

Основні елементи мови. Побудова виразів. Plus-оператори та їх призначення.

Вбудована бібліотека процедур. Генератори випадкових чисел. Налагодження Plus-процедур. Команда INTEGRATE і блок INTEGRATION для моделювання неперервних систем. Використання PLUS-процедур для моделювання неперервних систем.

Тема 2. *Технології моделювання у GPSS World.*

Основні відомості з теорії планування експериментів. Повний факторний експеримент. Оцінювання точності результатів моделювання. Дисперсійний аналіз. Технологія дисперсійного аналізу у GPSS World. Організація експериментів користувача у GPSS World.

Тема 3. *Моделювання випадкових процесів у телекомунікаційних системах.*

Закони розподілу значень випадкового процесу: місце в імітаційному моделюванні. Способи завдання випадкових процесів, що описують сигнали. Формування безперервних випадкових величин. Моделювання випадкових подій з пуасонівським та з біноміальним законом розподілу. Верифікація законів розподілу: показники і критерії.

Тема 4. *Моделювання сигналів і завад у каналі телекомунікацій.*

Об'єкти моделювання систем зв'язку на фізичному рівні та їх математичні моделі. Аналітичний опис взаємодії сигналів та завад. Приклади математичних та імітаційних моделей сигналів і завад в каналах телекомунікацій. Моделювання процесів перетворення сигналів у приймально-передавальних трактах систем телекомунікацій.

Тема 5. *Моделювання об'єктів мережевого рівня телекомунікаційних систем.*

Моделювання поширення хвиль у вільному просторі. Моделювання поширення сигналу в радіорелейній лінії. Взаємодія просторового та енергетичного факторів. Моделювання з метою визначення продуктивності системи передачі в зоні обслуговування.

## 6.2. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	Форма навчання					
	Усього	у тому числі				
		лекції	практичні (семінарські)	лабораторні	індивідуальна робота	самостійна робота
<b>2-й семестр</b>						
<b>Модуль 1</b>						
Тема 1. Загальні принципи імітаційного моделювання. Особливості імітаційних моделей складних систем.	6	2				4
Тема 2. Програмне середовище імітаційного моделювання GPSS World.	10	2		2		6
Тема 3. Система імітаційного моделювання GPSS World. Моделі систем з одноканальними пристроями.	22	4		4		14
Тема 4. Створення і відлагодження імітаційних моделей у GPSS World. Моделювання багатоканальних пристроїв у GPSS World.	20	2		4		14
Разом за модуль 1	58	10		10		38
<b>Модуль 2</b>						
Тема 1. Мова Plus та Plus-процедури.	10	2		2		6
Тема 2. Технології моделювання у GPSS World.	12	2		2		8
Тема 3. Моделювання випадкових процесів у телекомунікаційних системах.	12	2		2		8
Тема 4. Моделювання сигналів і завад у каналі телекомунікацій.	12	2		2		8
Тема 5. Моделювання об'єктів мережевого рівня телекомунікаційних систем.	14	2		2		10
Модульна контрольна робота	2	2				
Разом за модуль 2	62	12		10		40
<b>Разом</b>	<b>120</b>	<b>22</b>		<b>20</b>		<b>78</b>

### 6.3. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Ознайомлення з системою імітаційного моделювання GPSS World. Установка студентської версії.	2
2	Проектування найпростіших імітаційних моделей на GPSS. Створення моделей систем з одноканальними пристроями (моделювання роботи магазину, моделювання руху на пішохідному переході, моделювання роботи переговорного пункту). Оцінка надійності роботи системи.	6
3	Моделювання у GPSS World багатоканальних СМО та оцінка якості їх функціонування.	2
4	Використання PLUS-процедур для моделювання неперервних систем.	2
5	Технології моделювання у GPSS World. Оцінювання точності результатів моделювання.	2
6	Побудова моделі імітації випадкових процесів у телекомунікаційних системах.	2
7	Моделювання сигналів і завад у каналі зв'язку.	2
8	Побудова просторових моделей телекомунікаційних систем.	2
	<b>Разом</b>	<b>20</b>

#### 6.4. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Загальні принципи імітаційного моделювання. Особливості імітаційних моделей складних систем.	4
2	Програмне середовище імітаційного моделювання GPSS World.	6
3	Система імітаційного моделювання GPSS World. Моделі систем з одноканальними пристроями.	14
4	Створення і відлагодження імітаційних моделей у GPSS World. Моделювання багатоканальних пристроїв у GPSS World.	14
5	Мова Plus та Plus-процедури.	6
6	Технології моделювання у GPSS World.	8
7	Моделювання випадкових процесів у телекомунікаційних системах.	8
8	Моделювання сигналів і завад у каналі телекомунікацій.	8
9	Моделювання об'єктів мережевого рівня телекомунікаційних систем.	10
<b>Разом</b>		<b>78</b>

## **7. ІНСТРУМЕНТИ, ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, ВИКОРИСТАННЯ ЯКИХ ПЕРЕДБАЧАЄ НАВЧАЛЬНА ДИСЦИПЛІНА**

Технічні засоби та обладнання: мультимедійний проектор, комп'ютер.

Обладнання: персональні комп'ютери, ноутбуки, планшети, веб-камери.

Програмне забезпечення: MS Power Point, MS Excel, система імітаційного моделювання GPSS World.

## **8. РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ**

### **Основна література**

1. Уривський Л. О., Мошинська А. В., Осипчук С. О. Імітаційне моделювання систем і процесів у телекомунікаціях. Навч. посібник. – Київ: Електронне мережне навчальне видання, 2022. – 202 с.
2. Нодь Є.А. Методичні вказівки до вивчення курсу “Імітаційне моделювання телекомунікаційних систем і мереж” для студентів спеціальності 172 – “Електронні комунікації та радіотехніка” / ДВНЗ “УжНУ”: уклад. Є.А. Нодь. – Ужгород: “Говерла”, 2023. – 22 с.
3. Соколовський Я. І., Шабатура Ю. В., Виклюк Я. І. та ін. Моделювання систем в середовищі GPSS World : навч. посіб.; за ред. В. В. Пасічника. – Львів : «Новий Світ – 2000», 2020. – 288 с.
4. Виклюк Я. І., Камінський Р. М., Пасічник В. В. Моделювання складних систем: посібник. - Львів: Видавництво «Новий Світ – 2000», 2020. – 404 с.
5. Корнієнко В.І., Гусев О.Ю., Герасіна О.В. Інтелектуальне моделювання нелінійних динамічних процесів в керуванні, кібербезпеці, телекомунікаціях: підручник. Дніпро, НТУ «ДП», 2020. – 531 с.

### **Допоміжна література**

1. Толубко В.Б., Кожухівський А.Д., Вишнівський В.В., Гайдур Г.І., Кожухівська О.А. Імітаційне моделювання систем масового обслуговування: навч. посіб. [для студентів техн. спец. вищ. навч. закл.] – Київ: ДУТК, 2018. – 175 с.
2. Гудзовата О.О., Артищук І.В. Проектування інформаційних систем: навч. посібник. - Львів, вид-во ЛТЕУ, 2018. – 211 с.
3. Литвинов А. Л. Теорія систем масового обслуговування : навч. посібник / Харків. нац. ун-т міського господарства ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 141 с.
4. GPSS World Tutorial Manual. Copyright Minuteman Software. Holly Springs, NC, U.S.A. – 2001.
5. GPSS World reference manual. Fourth Edition 2001. Copyright Minuteman Software. Holly Springs, NC, U.S.A. – 2001.