



## МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ СИСТЕМ

**Викладач:** кандидат фізико-математичних наук, доцент *Клименко Михайло Іванович*

**Кафедра:** фундаментальної та прикладної математики, I корпус, ауд. 21

**E-mail:** *m1655291@gmail.com*

**Телефон:** (061) 289-12-54

**Інші засоби зв'язку:** *Moodle*

**Консультації:** *особисті – п'ятниця, з 12:55 до 14:15, I корпус, ауд. 21; дистанційні – Moodle*

<b>Освітньо-наукова програма, рівень вищої освіти:</b>		прикладна математика доктор філософії					
<b>Статус дисципліни:</b>		Обов'язкова					
<b>Кредити ECTS</b>	3	<b>Навч. рік:</b>	2023-2024	<b>Рік навчання</b>	2	<b>Тижні</b>	12
<b>Вид контролю:</b>		Екзамен					
<b>Посилання на курс в Moodle</b>		<a href="https://moodle.znu.edu.ua/course/view.php?id=12869">https://moodle.znu.edu.ua/course/view.php?id=12869</a>					

### ОПИС КУРСУ

**Метою** викладання навчальної дисципліни є ознайомлення аспірантів з науковими основами, методологією та особливостями математичного моделювання складних систем.

**Основними завданнями** вивчення дисципліни «Математичне моделювання складних систем» є: формування у аспірантів цілісної системи знань та навичок щодо теорії та практики математичного моделювання складних систем, необхідної для подальшої наукової та професійної діяльності фахівців з прикладної математики. За підсумками вивчення курсу аспіранти повинні ознайомитися з методикою моделювання складних природних, технічних та соціально-економічних систем, методами побудови та аналізу динамічних моделей, принципами статистичного та імітаційного моделювання.

Програмні результати навчання	
ПРН1	Мати передові концептуальні та методологічні знання з предметної області та на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні останніх світових досягнень з відповідного напрямку, отримання нових знань та/або здійснення інновацій
ПРН3	Застосовувати сучасні інструменти і технології пошуку, оброблення та аналізу інформації, зокрема, статистичні методи аналізу даних великого обсягу та/або складної структури, спеціалізовані бази даних та інформаційні системи
ПРН6	Вільно презентувати та обговорювати з фахівцями і нефахівцями результати досліджень, наукові та прикладні проблеми зі спеціальності прикладна математика державною та іноземною мовами; оприлюднювати результати досліджень у наукових публікаціях у провідних вітчизняних та міжнародних наукових виданнях з дотриманням правил академічного письма; здійснювати ефективну міжособистісну комунікацію;

	демонструвати навички публічних виступів, аргументації та риторики.
ПРН7	Критично аналізувати та узагальнювати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті всього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної наукової проблеми, визначати перспективи подальших наукових розвідок
ПРН8	Демонструвати системний науковий світогляд та загальний культурний кругозір; володіти техніками і технологіями критичного мислення; дотримуватися принципів академічної доброчесності та професійної етики; забезпечувати безперервний саморозвиток та самовдосконалення протягом життя
ПРН11	Розробляти та досліджувати концептуальні, математичні і комп'ютерні моделі процесів і систем, ефективно використовувати їх для отримання нових знань та/або створення інноваційних продуктів у сфері прикладної математики та дотичних міждисциплінарних напрямках
ПРН12	Здійснювати розробку та вдосконалення методів розв'язання науково-прикладної задачі

### **ОСНОВНІ НАВЧАЛЬНІ РЕСУРСИ**

Базові підручники, конспекти лекцій, матеріали для практичних занять та контрольні завдання розміщені на платформі Moodle:

<https://moodle.znu.edu.ua/course/view.php?id=12869>

Клименко М.І., Гребенюк С.М. Математичне моделювання складних систем. Конспект лекцій для здобувачів третього освітньо-наукового рівня спеціальності «Прикладна математика» освітньо-наукової програми «Прикладна математика». Запоріжжя. ЗНУ, 2021. 73 с.

Павленко П.М., Філоненко С.Ф., Чередніков О.М., Трейтяк В.В. Математичне моделювання систем і процесів. Київ : НАУ, 2017. 392 с.

Маценко В.Г. Математичне моделювання. Чернівці: Чернівецький національний університет, 2014. 519 с.

### **РОЗКЛАД КУРСУ ЗА ТЕМАМИ І КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ**

#### **Поточні контрольні заходи:**

Поточні контрольні заходи здійснюються на платформі Moodle у формі виконання контрольної роботи за матеріалом відповідного змістового модуля.

#### **Підсумкові контрольні заходи:**

До підсумкових контрольних заходів відносяться підготовка тексту доповіді на науковий семінар або конференцію із застосуванням інструментарію моделювання складних систем, іспит у формі тестування.

Підготовка тексту доповіді на науковий семінар або конференцію із застосуванням інструментарію моделювання складних систем. Вони оцінюються у 30 балів.

Екзамен проводиться у формі тестування, що оцінюється максимум у 10 балів. Тестування проводиться на платформі Moodle: <https://moodle.znu.edu.ua/course/view.php?id=12869>

<b>Тиждень і вид заняття</b>	<b>Тема заняття</b>	<b>Контрольні заходи, кількість балів</b>
<b>Змістовий модуль 1. Сутність та задачі математичного моделювання складних систем</b>		

Тиждень 1 Лекція 1	Поняття та характеристики складних систем	<i>Контрольна робота № 1. Сутність та задачі математичного моделювання складних систем (max 10 балів)</i>
Тиждень 2 Практичне заняття 1	Поняття та характеристики складних систем	
Тиждень 3 Лекція 2	Основні принципи моделювання складних систем	
Тиждень 4 Практичне заняття 2	Основні принципи моделювання складних систем	
<b>Змістовий модуль 2. Математичні моделі динамічних систем</b>		
Тиждень 5 Лекція 3	Математичне моделювання динамічних систем	<i>Контрольна № 2. Математичні моделі динамічних систем (max 10 балів)</i>
Тиждень 6 Практичне заняття 3	Математичне моделювання динамічних систем	
<b>Змістовий модуль 3. Статистичне моделювання</b>		
Тиждень 7 Лекція 4	Побудова статистичних моделей	<i>Контрольна робота № 3. Статистичне моделювання (max 20 балів)</i>
Тиждень 8 Практичне заняття 4	Побудова статистичних моделей	
<b>Змістовий модуль 4. Імітаційне моделювання складних систем</b>		
Тиждень 9 Лекція 5	Моделювання випадкових величин	<i>Контрольна робота № 4. Імітаційне моделювання складних систем (max 20 балів)</i>
Тиждень 10 Практичне заняття 5.	Моделювання випадкових величин	
Тиждень 11 Лекція 6	Моделювання з використанням імітаційного підходу	
Тиждень 12 Практичне заняття 6.	Моделювання з використанням імітаційного підходу	
Підготовка тексту доповіді на науковий семінар або конференцію із застосуванням інструментарію моделювання складних систем.		<i>max 30 балів</i>
Екзамен у формі тестування		<i>max 10 балів</i>



### КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

№	Контрольні заходи	Критерії оцінювання
<b>ПОТОЧНИЙ</b>		
1	Контрольна робота №1	Максимальна кількість балів – 10. Контрольна робота містить 3 теоретичні питання та 2 практичні завдання. Розгорнута відповідь на кожне питання та та виконання кожного завдання оцінюється у 2 бали.
2	Контрольна робота № 2	Максимальна кількість балів – 10. Контрольна робота містить 3 теоретичні питання та 2 практичні завдання. Розгорнута відповідь на кожне питання та та виконання кожного завдання оцінюється у 2 бали.
3	Контрольна робота № 3	Максимальна кількість балів – 20. Робота складається з 2 практичних завдань, виконання та захист кожного з них максимально оцінюється у 10 балів.
4	Контрольна робота № 4	Максимальна кількість балів – 20. Робота складається з 2 практичних завдань, виконання та захист кожного з них максимально оцінюється у 10 балів.
<b>ПІДСУМКОВИЙ</b>		
5	Тестування	Максимальна кіль-ть балів – 10. Тест складається з 10 питань. Кожна правильна відповідь оцінюється в 1 бал.
6	Наукова доповідь з використанням математичного моделювання складних систем	Максимальна кіль-ть балів – 30. При цьому оцінюється відповідність інструментарію обраного метода завданням дослідження (5 балів), логічність та послідовність викладення результатів досліджень (5 балів), обґрунтованість висновків (10 балів), стиль наукового мовлення й грамотність (10 балів).

### Шкала оцінювання: 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)		
FХ	35 – 59 (незадовільно – з можливістю повторного складання)	2 (незадовільно)	Не зараховано
F	1 – 34 (незадовільно – з обов'язковим повторним курсом)		

**Оцінка 5 (відмінно) (90 – 100 балів)** виставляється, якщо здобувач у повному обсязі володіє навчальним матеріалом, вільно, самостійно та аргументовано викладає його під час усних

виступів та надання письмових відповідей; демонструє високий рівень застосування отриманих умінь і навичок, а також оригінальний підхід під час виконання практичних завдань.

**Оцінка 4 (добре) (75 – 89 балів)** виставляється, якщо здобувач достатньо повно володіє навчальним матеріалом, обґрунтовано його викладає під час усних виступів та надання письмових відповідей; в основному розкриває зміст теоретичних питань, використовуючи при цьому обов'язкову літературу; демонструє високий рівень застосування отриманих умінь і навичок під час виконання практичних завдань. Проте, при викладенні деяких теоретичних питань та вирішення практичних завдань може припускатися окремих несуттєвих неточностей та незначних помилок.

**Оцінка 3 (задовільно) (60 – 74 бали)** виставляється, якщо здобувач в цілому володіє навчальним матеріалом, демонструє середній рівень застосування отриманих умінь і навичок під час виконання практичних завдань, припускаючись при цьому суттєвих неточностей та окремих помилок.

**Оцінка 2 (незадовільно з можливістю повторного складання) ( 35 – 59 балів)** виставляється, якщо здобувач слабо володіє навчальним матеріалом. Демонструє низький рівень застосування отриманих умінь і навичок під час виконання практичних завдань, припускаючись суттєвих помилок та неточностей.

**Оцінка 1 (незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни) (0 – 34 бали)** виставляється, якщо здобувач майже не володіє навчальним матеріалом, не вміє застосовувати отримані вміння й навички під час виконання практичних завдань.

## ОСНОВНІ ДЖЕРЕЛА

### ОСНОВНІ ДЖЕРЕЛА

#### *до змістового модуля 1*

1. Клименко М.І., Гребенюк С.М. Математичне моделювання складних систем. Конспект лекцій для здобувачів третього освітньо-наукового рівня спеціальності «Прикладна математика» освітньо-наукової програми «Прикладна математика». Запоріжжя. ЗНУ, 2021. 73 с.
2. Павленко П.М., Філоненко С.Ф., Чередніков О.М., Трейтяк В.В. Математичне моделювання систем і процесів. Київ : НАУ, 2017. 392 с.
3. Маценко В.Г. Математичне моделювання. Чернівці: Чернівецький національний університет, 2014. 519 с.
4. Boccaro Nino. Modeling Complex Systems. New York: Springer New York Dodrecht Heidelberg London, 2010. 489 p.
5. Hiroki Sayma. Introduction to the Modeling and Analysis of Complex Systems. New York, Geneseo: Binghamton University SUNY, 2015. 474p.

---

*до змістового модуля 2*

1. Клименко М.І., Гребенюк С.М. Математичне моделювання складних систем. Конспект лекцій для здобувачів третього освітньо-наукового рівня спеціальності «Прикладна математика» освітньо-наукової програми «Прикладна математика». Запоріжжя : ЗНУ, 2021. 73 с.
2. Хусаїнов Д.Я., Харченко І.І., Шатирко А.В. Введення в моделювання динамічних систем. Київ : КНУ ім. Т. Шевченка, 2020. 131 с.
3. Маценко В.Г. Математичне моделювання. Чернівці: Чернівецький національний університет, 2014. 519 с.
6. Boccara Nino. Modeling Complex Systems. New York: Springer New York Dodrecht Heidelberg London, 2010. 489 p.
7. Hiroki Sayma. Introduction to the Modeling and Analysis of Complex Systems. New York, Geneseo: Binghamton University SUNY, 2015. 474p.

*до змістового модуля 3*

1. Клименко М.І., Гребенюк С.М. Математичне моделювання складних систем. Конспект лекцій для здобувачів третього освітньо-наукового рівня спеціальності «Прикладна математика» освітньо-наукової програми «Прикладна математика». Запоріжжя. ЗНУ, 2021. 73 с.
2. Павленко П.М., Філоненко С.Ф., Чередніков О.М., Трейтяк В.В. Математичне моделювання систем і процесів. Київ : НАУ, 2017. 392 с.
3. Богданова Н.В., Богданов О.В. Математичне моделювання систем і процесів. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 85 с.
4. Boccara Nino. Modeling Complex Systems. New York: Springer New York Dodrecht Heidelberg London, 2010. 489 p.

*до змістового модуля 4*

1. Клименко М.І., Гребенюк С.М. Математичне моделювання складних систем. Конспект лекцій для здобувачів третього освітньо-наукового рівня спеціальності «Прикладна математика» освітньо-наукової програми «Прикладна математика». Запоріжжя : ЗНУ, 2021. 73 с.
2. Павленко П.М., Філоненко С.Ф., Чередніков О.М., Трейтяк В.В. Математичне моделювання систем і процесів. Київ : НАУ, 2017. 392 с.
3. Boccara Nino. Modeling Complex Systems. New York : Springer New York Dodrecht Heidelberg London, 2010. 489 p.



- 
4. Hiroki Sayma. Introduction to the Modeling and Analysis of Complex Systems. New York, Geneseo : Binghamton University SUNY, 2015. 474p.

### ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ

1. Система електронного забезпечення навчання ЗНУ. URL:  
<https://moodle.znu.edu.ua/course/view.php?id=12869>
2. [https://alison.com/course/engineering-system-design-modeling-techniques-and-simulations?utm\\_source=google&utm\\_medium=cpc&utm\\_campaign=PPC Tier-4 Course-2439 Engineering-System-Design:-Modeling-Techniques-and-Simulations&utm\\_adgroup=Course-2439](https://alison.com/course/engineering-system-design-modeling-techniques-and-simulations?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=PPC_Tier-4_Course-2439_Engineering-System-Design:-Modeling-Techniques-and-Simulations&utm_adgroup=Course-2439)
3. <https://milneopentextbooks.org/introduction-to-the-modeling-and-analysis-of-complex-systems/>
4. <http://www.disslib.org/fizyko-matematychni-nauky.html>

## РЕГУЛЯЦІЯ І ПОЛІТИКИ КУРСУ<sup>1</sup>

### **Відвідування занять. Регуляція пропусків.**

*Інтерактивний характер курсу передбачає обов'язкове відвідування практичних занять. За необхідності заняття можуть проводитися у очно-дистанційній формі, коли частина слухачів, що не можуть в цей день бути присутніми в аудиторії, приєднуються через зом і беруть активну участь у заняттях. Здобувачі, які за певних обставин не можуть відвідувати практичні заняття регулярно, мусять впродовж тижня узгодити із викладачем графік індивідуального відпрацювання пропущених занять. Окремі пропущені завдання мають бути відпрацьовані у формі співбесіди під час планової консультації викладача впродовж двох тижнів після пропуску. Відпрацювання занять може здійснюватися й шляхом виконання індивідуального письмового завдання. Здобувачі, які станом на початок екзаменаційної сесії мають понад 70% невідпрацьованих пропущених занять, до сесії не допускаються.*

### **Політика академічної доброчесності**

*Одне з основних завдань навчального процесу – формування нульової толерантності до академічної недоброчесності. Відповідно до чинних правових норм, порушенням норм академічної доброчесності зокрема вважається: плагіат - оприлюднення (частково або повністю) наукових результатів, отриманих іншими особами, як результатів власного дослідження та/або відтворення опублікованих текстів інших авторів без зазначення авторства; фабрикація - вигадкування даних чи фактів, що використовуються в освітньому процесі або наукових дослідженнях; фальсифікація - свідомо зміна чи модифікація вже наявних даних, що стосуються освітнього процесу чи наукових досліджень; списування - виконання письмових робіт із залученням зовнішніх джерел інформації, крім дозволених для використання, зокрема під час оцінювання результатів навчання.*

*Якщо ви не впевнені, чи підпадають зроблені вами запозичення під визначення плагіату, будь ласка, проконсультуйтеся з викладачем. Будь-яка ідея, думка чи речення, ілюстрація чи фото, яке ви запозичуєте, має супроводжуватися посиланням на першоджерело. Приклади оформлення цитувань див. на платформі СЕЗН Moodle ЗНУ: <https://moodle.znu.edu.ua/mod/resource/view.php?id=103857>*

*Висока академічна культура та європейські стандарти якості освіти, яких дотримуються в ЗНУ, вимагають від дослідників відповідального ставлення до вибору джерел. Посилання на такі ресурси, як Wikipedia, бази даних рефератів та письмових робіт (Studopedia.org та подібні) є неприпустимим. Рекомендовані бази даних для пошуку джерел: електронні ресурси Національної бібліотеки ім. Вернадського: <http://www.nbuv.gov.ua>; наукометрична база Scopus: <https://www.scopus.com>; наукометрична база Web of Science: <https://apps.webofknowledge.com>*

### **Використання комп'ютерів/телефонів на занятті**

*Використання мобільних телефонів, планшетів та інших гаджетів під час лекційних та практичних занять дозволяється виключно у навчальних цілях (для уточнення певних даних, перевірки правопису, отримання довідкової інформації тощо). Будь ласка, не забувайте активувати режим «без звуку» до початку заняття.*

### **Комунікація**

*Планове спілкування викладача зі здобувачами відбувається згідно розкладу під час аудиторних занять та щотижневих консультацій викладача. За необхідністю воно може відбуватися на платформі ZOOM. Базовою платформою для комунікації викладача зі здобувачами є платформа*



*Moodle. Важливі повідомлення загального характеру розміщуються викладачем на форумі курсу. Для індивідуальних питань використовується сервіс приватних повідомлень або месенджери, визначені викладачем. Відповіді на запити здобувачів подаються викладачем упродовж трьох робочих днів. Для оперативного отримання повідомлень про оцінки та нову інформацію, розміщену на платформі Moodle, будь ласка, переконайтеся, що адреса електронної пошти, зазначена у вашому профайлі на Moodle, є актуальною, та регулярно перевіряйте папку «Спам». Якщо за технічних причин доступ до Moodle є неможливим або ваше питання потребує термінового розгляду, надішліть електронного листа на пошту або у зазначені месенджери викладача. У листі обов'язково вкажіть ваше прізвище, ім'я та рік навчання.*

## ДОДАТОК ДО СИЛАБУСУ ЗНУ

**Академічна доброчесність.** *Здобувачі й викладачі Запорізького національного університету несуть персональну відповідальність за дотримання принципів академічної доброчесності, затверджених Кодексом академічної доброчесності ЗНУ: <https://tinyurl.com/ya6yk4ad>. Декларація академічної доброчесності здобувача вищої освіти (додається в обов'язковому порядку до письмових кваліфікаційних робіт, виконаних здобувачем, та засвідчується особистим підписом): <https://tinyurl.com/y6wzzlu3>.*

**Навчальний процес та забезпечення якості освіти.** *Перевірка набутих здобувачами 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 методiku проведення поточного та підсумкового семестрового контролю навчання у ЗНУ: <https://tinyurl.com/y9tve4lk>.*

**Повторне вивчення дисциплін, відрахування.** *Наявність академічної заборгованості до 6 освітніх компонентів за результатами однієї екзаменаційної сесії є підставою для надання здобувачу 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 здобувачів, у тому числі за невиконання навчального плану, регламентуються Положенням про відрахування, переривання навчання, поновлення та переведення здобувачів третього рівня вищої освіти ступеня доктора філософії у ЗНУ: <https://tinyurl.com/3fwvbptk>.*

**Неформальна освіта.** *Порядок зарахування результатів навчання, підтверджених сертифікатами, свідоцтвами, іншими документами, здобутими поза основним місцем навчання, регулюється Положенням про порядок визнання результатів навчання, отриманих у неформальній освіті: <https://tinyurl.com/y8gbt4xs>.*

**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 Марти 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: **Борисов Костянтин Борисович**  
Електронна адреса: [uv@znu.edu.ua](mailto:uv@znu.edu.ua) Гаряча лінія: Тел. (061) 228-75-50

**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.

**Електронне 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](mailto: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/>

**Центр німецької мови, партнер Гете-інституту:** <https://www.znu.edu.ua/ukr/edu/ocznu/nim>

**Школа Конфуція (вивчення китайської мови):** <http://sites.znu.edu.ua/confucius>