

Київський університет імені Бориса Грінченка
Факультет інформаційних технологій та математики
Кафедра математики і фізики

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Проректор з науково-методичної
та навчальної роботи

Олексій Жильцов
« 01 » 09 2022

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Математичне моделювання: Основи математичного моделювання

для студентів

спеціальності	111 Математика
освітньої програми	111.00.02 Математичне моделювання
освітнього рівня	другого (магістерського)

Київ – 2022



Розробник: Астаф'єва Марія Миколаївна, кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри комп'ютерних наук і математики

Викладач: Астаф'єва Марія Миколаївна, кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри комп'ютерних наук і математики

Робочу програму розглянуто і затверджено на засіданні кафедри комп'ютерних наук і математики

Протокол від 29.08.2019 р. № 9

Завідувач кафедри О.С. Литвин (підпис) О.С. Литвин

Робочу програму погоджено з гарантом освітньої програми (керівником освітньої програми 111.00.01 Математика)

_____. 20____ р.

Керівник освітньої програми Д.Д. Димкин (підпис) Д.Д. Димкин

Робочу програму перевірено

_____. 20____ р.

Заступник директора/декана Ч.С. (підпис) Ч.С.

Пролонговано:

на 2020/2021 н.р. О.С. Литвин (підпис) (ПІБ), «28» 08 2020 р., протокол № 10

на 2021/2022 н.р. О.С. Литвин (підпис) (ПІБ), «26» 08 2021 р., протокол № 10

на 2022/2023 н.р. О.С. Литвин (підпис) (ПІБ), «04» 08 2022 р., протокол № 10

на 20____/20____ н.р. _____ (підпис) _____ (ПІБ), «____» ____ 20____ р., протокол № ____

Математичне моделювання: Основи математичного моделювання, 111 Математика

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Характеристика дисципліни за формами навчання		
	денна	заочна	
Вид дисципліни	обов'язкова		
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська		
Загальний обсяг кредитів / годин	2/60		
Курс	5		—
Семестр	9	-	—
Кількість змістових модулів з розподілом:	2	-	—
Обсяг кредитів	2	-	—
Обсяг годин, в тому числі:	60	-	—
Аудиторні	16	-	—
Модульний контроль	4	-	—
Семестровий контроль	10	-	—
Самостійна робота	30	-	—
Форма семестрового контролю	екзамен	екзамен	—

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Дисципліна «Математичне моделювання» є важливою складовою професійної підготовки сучасного фахівця-математика і відповідає освітньо-кваліфікаційним вимогам до випускників. Основи математичного моделювання – складова дисципліни «Математичне моделювання».

Створення будь-якої моделі – процес творчий, близький до мистецтва. Однак є й загальні підходи, методи, інструменти, придатні для різних предметних сфер. Саме на цих питаннях зосереджена увага в пропонованому курсі.

Розглянуто основні поняття, означення, положення і підходи математичного моделювання, подана класифікація математичних моделей. Описані основні етапи, технологія побудови математичних моделей. Аналізуються особливості різних типів математичних моделей (динамічні, статичні; детерміновані, статистичні; дескриптивні, оптимізаційні, управлінські тощо). Значна увага приділена аналізу лінійних та нелінійних моделей, виявленню їх якісних відмінностей. Розглянуто деякі приклади математичних моделей, побудова й дослідження яких ілюструє й доповнює теоретичні положення.

Робоча навчальна програма укладена відповідно до мети, програмних компетентностей та програмних результатів навчання, визначених Освітньою програмою підготовки магістрів за спеціальністю 111 «Математика», схваленого Вченою радою університету і затвердженого в установленому порядку. Програма

визначає обсяги знань та умінь, якими має опанувати студент відповідно до зазначених вимог освітньої програми, алгоритм вивчення навчального матеріалу Основ математичного моделювання, необхідне методичне забезпечення, складові та технологію оцінювання навчальних досягнень студентів.

Мета вивчення курсу: оволодіння основами математичного моделювання, фахова підготовка до самостійного розв'язування задач математичного моделювання з використанням основних положень загальної методології та деяких типових математичних моделей.

Завдання: сформулювати знання теоретичних основ математичного моделювання та навички, необхідні для самостійного розв'язування професійних задач, пов'язаних з розробкою й аналізом математичних моделей.

Міждисциплінарні зв'язки: основою для вивчення даного курсу є класичні курси вищої математики (алгебра, математичний аналіз, диференціальні рівняння), інформатики; взаємні зв'язки з фізикою, основами економіки, теорією керування.

3. Результати навчання за дисципліною

За підсумками вивчення навчальної дисципліни «Основи математичного моделювання» студент має оволодіти:

- теоретичними основами математичного моделювання, зокрема, загальними принципами моделювання фізичних явищ, методами і підходами щодо моделювання задач з різних наукових галузей і сфер діяльності, природних та соціально-гуманітарних процесів, а також методами дослідження й аналізу математичних моделей;
- деякими методами створення математичних моделей, зокрема, моделлю Леонт'єва, методом найменших квадратів, моделюванням динамічних систем за допомогою диференціальних рівнянь, методами постановки і розв'язування оптимізаційних задач;
- вміннями самостійно поповнювати свої знання в конкретних предметних галузях, до яких належить та чи інша задача моделювання (зокрема й поставлена у майбутньому при підготовці дипломної роботи), обирати для її розв'язання адекватну математичну модель, освоювати нові математичні моделі й методи моделювання.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин			
	денна форма			
	у тому числі			
	Усього	л.	пр.	м.к. с.р.
Змістовий модуль 1. Теоретичні основи математичного моделювання				

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	денна форма				
	Усього	у тому числі			
		л.	пр.	м.к.	с.р.
<i>Основні поняття і принципи математичного моделювання</i> Місце моделювання серед методів пізнання. Означення моделі. Властивості моделі. Мета моделювання. Прямі та обернені задачі математичного моделювання. Універсальність математичних моделей.	7	1	1		5
<i>Класифікація математичних моделей</i> Класифікаційні ознаки. Класифікація математичних моделей у залежності від: складності об'єкта моделювання; оператора моделі; параметрів моделі; мети моделювання; методів реалізації.	7	1	1		5
<i>Етапи математичного моделювання</i> Дослідження об'єкта моделювання. Концептуальна постановка задачі моделювання. Математична постановка задачі моделювання (побудова математичної моделі). Якісний аналіз та перевірка коректності математичної моделі. Вибір методу розв'язання і його обґрунтування. Перевірка адекватності моделі. Отримання результатів та їх інтерпретація. Аналіз результатів моделювання і їх практичне використання.	9	2	2		5
Разом за змістовим модулем 1	25	4	4	2	15
Змістовий модуль 2. Приклади побудови математичних моделей					
<i>Лінійні моделі</i> Приклади найпростіших лінійних моделей (модель ринкової рівноваги, модель національного доходу, модель Леонт'єва). Задачі лінійного програмування та методи їх розв'язання.	9	2	2		5
<i>Динамічні системи</i> Математичні моделі на основі звичайних диференціальних рівнянь. Динамічні моделі. Автономні та неавтономні системи.	7	1	1		5
<i>Оптимізаційні моделі</i> Задачі на максимум, мінімум. Метод найменших квадратів. Метод множників Лагранжа. Задачі нелінійного програмування	7	1	1		5
Разом за змістовим модулем 2	25	4	4	2	15
Семестровий контроль	10				
Усього годин	60	8	8	4	30

5. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Теоретичні основи математичного моделювання

Тема 1. Основні поняття і принципи математичного моделювання

Місце моделювання серед методів пізнання. Означення моделі. Властивості моделі. Мета моделювання. Прямі та обернені задачі математичного моделювання. Універсальність математичних моделей.

Тема 2. Класифікація математичних моделей

Класифікаційні ознаки. Класифікація математичних моделей у залежності від:

- складності об'єкта моделювання;
- оператора моделі;
- параметрів моделі;

- мети моделювання;
- методів реалізації.

Тема 3. Етапи математичного моделювання

Дослідження об'єкта моделювання. Концептуальна постановка задачі моделювання. Математична постановка задачі моделювання (побудова математичної моделі). Якісний аналіз та перевірка коректності математичної моделі. Вибір методу розв'язання і його обґрунтування. Перевірка адекватності моделі. Отримання результатів та їх інтерпретація. Аналіз результатів моделювання і їх практичне використання.

Змістовий модуль 2. Приклади побудови математичних моделей

Тема 4. Лінійні моделі

Приклади найпростіших лінійних моделей (модель ринкової рівноваги, модель національного доходу, модель Леонт'єва). Задачі лінійного програмування та методи їх розв'язання.

Тема 5. Динамічні системи

Математичні моделі на основі звичайних диференціальних рівнянь. Динамічні моделі. Поняття фазового простору. Фазовий портрет динамічної системи. Автономні та неавтономні системи.

Тема 6. Оптимізаційні моделі

Задачі на максимум, мінімум. Метод найменших квадратів. Метод множників Лагранжа. Задачі нелінійного програмування.

6. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми або завдання	Кількість годин
1.	Вивчення лекційного матеріалу та опрацювання літератури за темою (підготовка до практ. занять)	10
2.	Виконання практичних домашніх завдань	10
3.	Підготовка до модульних контрольних робіт	10
	Разом	30

Приклад домашнього завдання

1. У чому суть методу найменших квадратів? Для чого він використовується? Які обмеження використання у зазначеного методу? Відповідь має бути аргументованою, стислою і повною.

2. *Розв'язати задачу.* Результати пробного продажу нового виду шампуню за різними цінами у п'яти торгових точках наведено в наступній таблиці.

	ТЧ-1	ТЧ-2	ТЧ-3	ТЧ-4	ТЧ-5
Ціна (p), ум. гр. од.	20,5	19,5	21	22	21,5
Обсяг продажу (q), шт.	1674	1745	1602	1028	1346

Підібрати не менше трьох варіантів емпіричної формули залежності попиту від ціни. Для кожного варіанту методом найменших квадратів визначити параметри емпіричної формули. Побудувати діаграму, що містить таблично задану та емпіричну функції. Обчислити середньоквадратичну похибку. Яка із побудованих Вами емпіричних формул є оптимальною для прийняття рішень щодо ціноутворення та оцінки еластичності попиту за ціною.

(Задачу розв'язати за допомогою MS Excel).

7. Контроль навчальних досягнень

7.1. Система оцінювання навчальних досягнень студентів

Вид діяльності студента	Макс. к-сть балів	ЗМ 1		ЗМ 2	
		К-сть од.	Макс. к-сть балів	К-сть од.	Макс. к-сть балів
Відвідування лекцій	1	2	2	2	2
Відвідування практичних занять	1	2	2	2	2
Робота на практичному занятті	10	1*	10	1*	10
Домашня самостійна робота	10	1	10	1	10
Виконання модульної роботи	25	1	25	1	25
Разом		-	49	-	49
Максимальна кількість балів		98			
Розрахунок коефіцієнта: $60:98=0,61$		$98 \times 0,61 = 60$ балів			

* На практичному занятті оцінюється усна або / та письмова відповідь, ураховується також виконання домашнього завдання. За кожний змістовий модуль студент може отримати максимально 10 балів і це число балів є середнім арифметичним (округленим до цілого) балів, отриманих на тих практичних заняттях даного змістового модуля, де він був опитаний і оцінений. Якщо цей середній арифметичний показник менший, ніж 6 балів, студент має відповідні теми модуля опрацювати і в індивідуальному порядку здати викладачу; іншими видами робіт бали не компенсуються.

7.2. Методи контролю

Навчальні досягнення студентів з дисципліни оцінюються за модульно-рейтинговою системою, в основу якої покладено принцип поопераційної звітності, обов'язковості модульного контролю, накопичувальної системи оцінювання рівня знань, умінь та навичок, розширення кількості підсумкових балів до 100.

Оцінка за кожний змістовий модуль включає бали за поточну роботу студента на практичних заняттях, виконання самостійної роботи, модульну контрольну роботу. Виконання модульних контрольних робіт здійснюється в електронному вигляді або з використанням роздрукованих завдань. Модульний контроль знань студентів здійснюється після завершення вивчення навчального матеріалу змістового модуля.

У процесі оцінювання навчальних досягнень студентів застосовуються такі методи:

- *Методи усного контролю:* індивідуальне опитування, фронтальне опитування, співбесіда, екзамен.
- *Методи письмового контролю:* модульне письмове тестування; підсумкове письмове тестування, реферат.
- *Комп'ютерного контролю:* тестові програми.
- *Методи самоконтролю:* уміння самостійно оцінювати свої знання, самоаналіз.

Кількість балів за роботу з теоретичним матеріалом, на практичних заняттях, під час виконання самостійної роботи залежить від дотримання таких вимог:

- систематичність відвідування занять;
- своєчасність виконання навчальних і індивідуальних завдань;
- повний обсяг їх виконання;
- якість виконання навчальних і індивідуальних завдань;
- самостійність виконання;
- творчий підхід у виконанні завдань;
- ініціативність у навчальній діяльності;
- виконання тестових завдань.

Контроль успішності студентів з урахуванням поточного і підсумкового оцінювання здійснюється відповідно до навчально-методичної карти дисципліни (п. 8), де зазначено види контролю і кількість балів за видами. Систему рейтингових балів для різних видів контролю та порядок їх переведення у національну (4-бальну) та європейську (ECTS) шкалу подано нижче у таблицях.

7.3. Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка за шкалою ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90-100	A	відмінно	Зараховано
82-89	B	добре	
75-81	C		
69-74	D	задовільно	
60-68	E		
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
1-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

7.4. Методика розрахунків модульної і семестрової оцінок студента

№ з/п	Оцінка студента	Макс. оцінка	Модуль 1	Модуль 2
1	Максимальна підсумкова семестрова модульна оцінка (МС)	60	-	-
2	Максимальні підсумкові оцінки за змістовими модулями (ММ)		30	30
3	Фактична кількість балів, отриманих студентом за видами поточного контролю (ФБ) <i>(приклад)</i>		45	40
4	Підсумкові фактичні оцінки студента за змістовими модулями $M = \text{ФБ} / \text{МВ} * \text{ММ}$		28	24
5	Підсумкова семестрова модульна оцінка студента $C = M_1 + M_2$		52	
6	Екзаменаційна рейтингова оцінка студента (Е)	40	40	
7	Підсумкова семестрова рейтингова оцінка студента $P = C + E$		92 / А	

8. Навчально-методична карта дисципліни

Разом: 60 год., із них: лекції – 8 год., практичні заняття – 8 год., модульний контроль – 4 год., самостійна робота – 30 год.; семестровий контроль – 10 год.

Модулі (назви, бали)	Змістовий модуль 1. Теоретичні основи математичного моделювання (49 балів)		Змістовий модуль 2. Приклади побудови математичних моделей (49 балів)	
Лекції (теми, бали)	Теоретичні основи мат. моделювання: основні поняття і принципи; етапи; класифікація моделей (2 бали)		Лінійні моделі (1 бал)	Динамічні системи. Оптимізаційні моделі (1 бал)
Практичні заняття (теми, бали)		Основні поняття і принципи мат. моделюв.; класифікація моделей; побудова, аналіз, інтерпретація мат. моделей (10+2 балів)	Лінійні моделі (5+1 балів)	Динамічні системи. Оптимізаційні моделі (5+1 балів)
Домашня робота	Домашня робота (10 балів)		Домашня робота (10 балів)	
Поточний контроль (вид, бали)	Модульна контрольна робота 1 (25 балів)		Модульна контрольна робота 2 (25 балів)	
Підсумковий контроль	Екзамен (10 балів)			

9. Рекомендовані джерела

Основні:

1. Станжицький О.М., Таран Є.Ю., Гординський Л.Д. Основи математичного моделювання : Навчальний посібник. – К.: Видавничо-поліграфічний центр “Київський університет”, 2006. – 96 с.
2. Павленко П.М. Основи математичного моделювання систем і процесів: Навчальний посібник. – К.: Книжкове вид-во НАУ, 2010.– 198 с.
3. Маценко В.Г. Математичне моделювання: навчальний посібник– Чернівці: Чернівецький національний університет, 2014.–519 с.

Додаткові:

1. Фізико-математичне моделювання та інформаційні технології: Наук. зб. Вип. 12 / Гол. ред. Я. Бурак. — Л. : Центр мат. моделювання Ін-ту приклад. проблем механіки і мат. ім. Я. Підстригача НАН України, 2010. — 215 с.
2. Velten K. Mathematical Modeling and Simulation: Introduction for Scientists and Engineers. Weinheim: Wiley-VCH-Verl., 2010. 348 p