

Харківський національний університет ім.В.Н. Каразіна  
Факультет комп'ютерних наук  
Кафедра теоретичної та практичної системотехніки

УХВАЛЕНО

Вченою радою факультету  
комп'ютерних наук, протокол №

від «\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 р.

Голова Вченої ради \_\_\_\_\_



Назва курсу	Математичне моделювання складних систем
Викладач (-і)	Проф. Шматков С.І., доцент Бакуменко Н.С.
Профайл викладача (-ів)	<a href="http://www-csd.univer.kharkov.ua/about-us/sub-faculty/tase-department/personalnijsklad/">http://www-csd.univer.kharkov.ua/about-us/sub-faculty/tase-department/personalnijsklad/</a>
Контактний тел.	Кафедральний 707-50-22
Е-mail:	<a href="mailto:n.bakumenko@karazin.ua">n.bakumenko@karazin.ua</a> , <a href="mailto:s.shmatkov@karazin.ua">s.shmatkov@karazin.ua</a>
Сторінка курсу в системі дистанційного навчання	<a href="https://classroom.google.com/u/0/c/MTUyODUzMDE1MDcy">https://classroom.google.com/u/0/c/MTUyODUzMDE1MDcy</a>
Консультації	<i>Очні консультації:</i> розклад в університеті (на кафедрі) <i>Он лайн- консультації:</i> через e-mail

## ЗМІСТ

1.	Коротка анотація до курсу	3
2.	Мета та цілі курсу	3
3.	Формат курсу	3
4.	Результати навчання	3
5.	Обсяг курсу	4
6.	Ознаки курсу	4
7.	Пререквізити	4
8.	Технічне та програмне забезпечення /обладнання	4
9.	Політики курсу	4
10.	Схема курсу	5
11.	Система оцінювання та вимоги	11
12.	Рекомендована література	12

**1. Коротка анотація до курсу** - курс «Математичне моделювання складних систем» спрямований на формування у студентів умінь застосовувати методи моделювання для розроблення математичних та імітаційних моделей складних систем, для аналізу якості їх функціонування із використанням новітніх комп'ютерних технологій.

**2. Мета та цілі курсу** – оволодіння студентами основних понять та визначень, вивчення принципів та методів моделювання та набуття навичок застосування теорії моделювання при вирішенні практичних задач, тобто ознайомлення з загальними підходами побудови математичних моделей складних систем; вивчення методів математичного моделювання складних систем; набуття навичок застосування існуючих математичних схем при моделюванні складних систем.

**3. Формат курсу** - очний

**4. Результати навчання:**

У результаті вивчення даного курсу студент повинен:

знати:

- основні принципи системного підходу до моделювання систем;
- методи моделювання складних систем;
- наукові і математичні положення, що лежать в основі функціонування комп'ютерних засобів, систем та мереж
- математичні схеми, які застосовуються при моделюванні типових систем.

вміти:

- вміти застосовувати методи моделювання для розроблення математичних та імітаційних моделей окремих елементів та систем автоматизації в цілому, для аналізу якості їх функціонування із використанням новітніх комп'ютерних технологій;
- проводити розрахунки, аналіз та оцінку характеристик типових структур комп'ютерних систем та їх компонент;
- проводити експерименти, збір даних та моделювання в комп'ютерних системах;
- формувати рішення при розробці моделей комп'ютерних систем з використанням формальних методів математичного програмування.

**5. Обсяг курсу**

Вид заняття	лекції	практичні заняття	лабораторні роботи	самостійна робота
К-сть годин	32		32	56

**6. Ознаки курсу:**

Рік викладання	семестр	спеціальність	Курс (рік навчання)	Нормативний \ вибірковий
2020	7	151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології	4	нормативний (Н)

**7. Пререквізити**

Перед вивченням курсу студент повинен знати вищу математику; теорію ймовірностей та математичну статистику, системний аналіз, чисельні методи, алгоритмізація та програмування.

**8. Технічне та програмне забезпечення /обладнання** - лекційні заняття проводяться у аудиторії з мультимедійним обладнанням (комп'ютер та проектор). Студенти отримують практичні навички роботи на комп'ютері, навички розв'язання прикладних задач спеціальності з використанням сучасних математичних пакетів MathCad і MatLab роботи з базовим toolboxes (Simulink), аналізу результатів обчислення у формі таблиць (векторів та матриць), побудови

різних графіків функцій і поверхонь, тощо. Задля цього практичні заняття і лабораторні роботи проводяться у спеціалізованому комп'ютерному класі на робочих місцях, який оснащений сучасними комп'ютерами з операційною системою Windows та пакетами прикладних програм MathCad і MatLab.

### 9. Політики курсу

Академічна доброчесність – це сукупність етичних принципів та визначених законом правил, якими мають керуватися учасники освітнього процесу під час навчання, викладання та провадження наукової (творчої) діяльності з метою забезпечення довіри до результатів навчання та/або наукових (творчих) досягнень. Дотримання академічної доброчесності здобувачами освіти передбачає самостійне виконання навчальних завдань, завдань поточного та підсумкового контролю результатів навчання; посилення на джерела інформації у разі використання ідей, розробок, тверджень, відомостей.

### 10. Схема курсу

Тиж. / акад.год.	Тема, план, короткі тези	Форма діяльності (заняття)* *лекція, ПЗ, ЛР, СРС) / Формат** **аудиторна, СРС	Матеріали	Завдання, год
<b>Розділ 1. Методи математичного моделювання складних систем</b>				
Тиж. 1 8 год.	Тема 1: Основи теорії математичного моделювання систем. Л.1. Основи теорії математичного моделювання систем. Методи моделювання	Лекція / аудиторна		2 год
	СРС. Моделювання з використанням математичних F-схем.	СРС / СРС	Презентація лекції (ppt)	опрацювати лекцію, ознайомитись з літературою, ознайомитись із завданням на ЛР1 4 год
	ЛР1. Випадкові величини, що розподілені за біноміальним законом, законом Пуассона	ЛР, Комп. клас	Завдання на ЛР1	опрацювати лекцію, ознайомитись з літературою, підготувати звіт, 2 год.
Тиж. 2 8 год.	Тема 1 Основи теорії математичного моделювання систем Л.2. Класифікація моделей. Основні	Лекція / аудиторна	Презентація лекції (ppt)	2 год

	вимоги до моделей			
	<b>СРС.</b> Моделювання з використанням математичних Р-схем.	<i>СРС</i>	Презентація лекції (ppt)	опрацювати лекцію, ознайомитись з літературою, ознайомитись із завданням на ЛР2 4 год
	<b>ЛР2.</b> Випадкові величини, що розподілені за нормальним та експоненціальним законами.	ЛР, <i>Комп. клас</i>	Завдання на ЛР2.	опрацювати лекцію, ознайомитись з літературою, підготувати звіт, 2 год.
<b>Тиж. 3</b> <b>8 год</b>	<b>Тема 1.</b> Основи теорії математичного моделювання систем. <b>Л3.</b> Основи теорії математичного моделювання систем.	<i>Лекція / аудиторна</i>	Презентація лекції (ppt)	2 год
	<b>СРС.</b> Моделювання з використанням математичних Р-схем.	<i>СРС</i>	Презентація лекції (ppt)	опрацювати лекцію, ознайомитись з літературою, ознайомитись із завданням на ЛР3 2 год
	<b>ЛР3.</b> Розмічений граф станів та матриця суміжності	ЛР, <i>Комп. клас</i>	Завдання на ЛР3.	опрацювати лекцію, ознайомитись з літературою, підготувати звіт, 2 год.
<b>Тиж. 4</b> <b>8 год</b>	<b>Тема 1.</b> Основи теорії математичного моделювання систем. <b>Л4.</b> . Основи теорії математичного моделювання систем.	<i>Лекція / аудиторна</i>	Презентація лекції (ppt)	2 год
	<b>СРС.</b> Моделювання з використанням математичних Р-схем.	<i>СРС</i>	Презентація лекції (ppt)	опрацювати лекцію, ознайомитись з літературою, ознайомитись із завданням на ЛР4

				4 год.
	ЛР4. Випадкові процеси з дискретним станом. Матриці перехідних ймовірностей.	ЛР, Комп. клас	Завдання на ЛР4.	опрацювати лекцію, ознайомитись з літературою, підготувати звіт, 2 год.
Тиж. 5 8 год	Тема 2 Моделювання згідно схем марківських випадкових процесів. Л15. Марківській випадковий процес з дискретним станом	Лекція / аудиторна	Презентація лекції (ppt)	2 год.
	СРС. Марківській випадковий процес з дискретним станом	СРС	Презентація лекції (ppt)	опрацювати лекцію, ознайомитись з літературою, ознайомитись із завданням на ЛР5 4 год.
	ЛР5. Ймовірності переходів для будь-якого шагу для марківського ланцюга	ЛР, Комп. клас	Завдання на ЛР5.	опрацювати лекцію, ознайомитись з літературою, підготувати звіт, 2 год.
Тиж. 6 8 год	Тема 2. Моделювання згідно схем марківських випадкових процесів. Л16 Випадкові процеси з дискретним та безперервним часом. Марківській ланцюг	Лекція / аудиторна	Презентація лекції (ppt)	2 год.
	СРС. Випадкові процеси з дискретним та безперервним часом. Марківській ланцюг	СРС	Презентація лекції (ppt)	опрацювати лекцію, ознайомитись з літературою, ознайомитись із завданням на ЛР6 4 год
	ЛР6. Марківській процес з дискретними станами та безперервним часом. Рівняння Колмогорова для ймовірностей стану	ЛР. Комп. клас	Завдання на ЛР6.	опрацювати лекцію, ознайомитись з літературою, підготувати звіт, 2 год.
Тиж. 7	Тема 2. Моделювання згідно схем	Лекція /	Презентація	2 год

<b>8 год</b>	марківських випадкових процесів. Л7. Марківській процес з дискретними станами та безперервним часом. Рівняння Колмогорова для ймовірностей стану.	<i>аудиторна</i>	лекції (ppt)	
	<b>СРС.</b> Марківській процес з дискретними станами та безперервним часом. Рівняння Колмогорова для ймовірностей стану.	<i>СРС</i>	Презентація лекції (ppt)	опрацювати лекцію, ознайомитись із літературою, 4 год
	<b>ЛР7.</b> Найпростіший потік подій та його властивості	<i>ЛР. Комп. клас</i>	Завдання на ЛР7.	опрацювати лекцію, ознайомитись з літературою, підготувати звіт, 2 год.
<b>Тиж. 8 8 год</b>	Тема 2 Моделювання згідно схем марківських випадкових процесів Л7 Потік подій. Простіший потік та його властивості	<i>Лекція / аудиторна</i>	Презентація лекції (ppt)	2 год
	<b>СРС.</b> Потік подій. Потік Пальма. Потік Єрланга.	<i>СРС</i>	Презентація лекції (ppt)	опрацювати лекцію, ознайомитись із літературою, ознайомитись із завданням на ЛБЗ, 6 год
	<b>ЛР8.</b> Потік Єрланга.	<i>ЛР. Комп. клас</i>	Завдання на ЛР8.	опрацювати лекцію, ознайомитись з літературою, підготувати звіт, 2 год.
<b>Розділ 2. Комп'ютерне моделювання</b>				
<b>Тиж. 9 8 год</b>	<b>Тема 3.</b> Теорія масового обслуговування Л1. Класифікація СМО і їх основні характеристики.	<i>Лекція / аудиторна</i>	Презентація лекції (ppt)	2 год
	<b>СРС.</b> Задачі систем масового обслуговування	<i>СРС</i>	Презентація лекції (ppt)	опрацювати лекцію, ознайомитись із

				літературою, ознайомитись із завданням на ПЗ1, 4 год
	ЛР9. Моделювання СМО з одним засобом обслуговування зі відмовами.	ЛР. <i>Комп. клас</i>	Завдання на ЛР9.	опрацювати лекцію, ознайомитись з літературою, підготувати звіт, 2 год.
Тиж. 10 8 год	Тема 3. Теорія масового обслуговування. ЛІ2. Одноканальна СМО з відмовою.	<i>Лекція / аудиторна</i>	Презентація лекції (ppt)	опрацювати лекцію, переглянути презентацію, 2 год
	СРС. Показники ефективності одноканальної СМО з відмовою.	<i>СРС</i>	Презентація лекції (ppt)	опрацювати лекцію, ознайомитись із літературою, ознайомитись із завданням на ЛБ1, 4 год
	ЛР10. Моделювання багатоканальної СМО з відмовами	ЛР. <i>Комп. клас</i>	Завдання на ЛР10.	опрацювати лекцію, ознайомитись з літературою, підготувати звіт, 2 год.
Тиж. 11 8 год	Тема 3. Теорія масового обслуговування. ЛІ3. Многоканальні СМО з відмовою.	<i>Лекція / аудиторна</i>	Презентація лекції (ppt)	опрацювати лекцію, переглянути презентацію, 2 год
	СРС. Показники ефективності многоканальних СМО з відмовою	<i>СРС</i>	Презентація лекції (ppt)	опрацювати лекцію, ознайомитись із літературою, ознайомитись із завданням на ПЗ2, 4 год
	ЛР11. Моделювання СМО з одним	ЛР.	Завдання на	опрацювати



	засобом обслуговування з очікуванням.	<i>Комп. клас</i>	ЛР11.	лекцію, ознайомитись з літературою, підготувати звіт, 2 год.
Тиж. 12 6 год	<b>Тема 3.</b> Теорія масового обслуговування. <b>Л4.</b> Одноканальна СМО з очікуванням.	Лекція <i>Аудит.</i>	Презентація лекції (ppt)	опрацювати лекцію, переглянути презентацію, 2 год
	<b>СРС.</b> Показники ефективності одноканальної СМО з очікуванням.	<i>СРС</i>	Презентація лекції (ppt)	опрацювати лекцію, ознайомитись із завданням на ПЗ3, 2 год
	<b>ЛР12.</b> Моделювання багатоканальної СМО з очікуванням.	ЛР. <i>Комп. клас</i>	Завдання на ЛР12.	опрацювати лекцію, ознайомитись з літературою, підготувати звіт, 2 год.
Тиж. 13 6 год	<b>Тема 3.</b> Теорія масового обслуговування. <b>Л15</b> Многоканальна СМО з очікуванням	<i>Лекція / аудиторна</i>	Презентація лекції (ppt)	опрацювати лекцію, переглянути презентацію, 2 год
	<b>СРС.</b> Показники ефективності многоканальних СМО з очікуванням	<i>СРС</i>	Презентація лекції (ppt)	опрацювати лекцію, ознайомитись із літературою, ознайомитись із завданням на ПЗ, 2 год
	<b>ЛР13</b> Моделювання випадкових процесів методом Монте-Карло.	ЛР. <i>Комп. клас</i>	Завдання на ЛР13.	опрацювати лекцію, ознайомитись з літературою, підготувати звіт, 2 год.
Тиж. 14 6 год	<b>Тема 4</b> Моделювання методом статистичних випробувань. <b>Л14</b> Метод статистичних випробувань	<i>Лекція / аудиторна</i>	Презентація лекції (ppt)	опрацювати лекцію, ознайомитись із

				літературою, 2 год
	<b>СРС.</b> Поодіночний жребій	<i>СРС</i>	Презентація лекції (ppt)	опрацювати лекцію, ознайомитись з літературою, підготувати звіт, 2 год.
	<b>ЛР14.</b> Визначення характеристик стаціонарного випадкового процесу методом Монте-Карло за однією реалізацією	ЛР. <i>Комп. клас</i>	Завдання на ЛР14.	ознайомитись з літературою, виконати завдання, підготувати звіт, 2 год.
<b>Тиж. 15</b> <b>6 год</b>	<b>Тема 4</b> Моделювання методом статистичних випробувань <b>Л15.</b> Розіграш значення нормально розподіленої випадкової величини.	<i>Лекція / аудиторна</i>	Презентація лекції (ppt)	опрацювати лекцію, переглянути презентацію, 2 год
	<b>СРС.</b> Отримання випадкового числа R від 0 до 1.	<i>СРС</i>	Презентація лекції (ppt)	опрацювати лекцію, ознайомитись із літературою, ознайомитись із завданням на ЛБЗ, 2 год
	<b>ЛР15.</b> Моделювання нормально розподілених випадкових величин.	ЛР. <i>Комп. клас</i>	Завдання на ЛБ6.	ознайомитись з літературою, виконати завдання, підготувати звіт, 2 год.
<b>Тиж. 16</b> <b>8 год</b>	<b>Тема 4</b> Моделювання методом статистичних випробувань <b>Л8.</b> Визначення характеристик стаціонарного випадкового процесу методом Монте-Карло по одиночній реалізації. Оцінка точності характеристик. Необхідна кількість випробувань	Лекція <i>Аудит.</i>	Презентація лекції (ppt)	опрацювати лекцію, переглянути презентацію, 2 год
	<b>СРС.</b> Провести моделювання ГВЧ випадкових чисел для довільного	<i>СРС</i> <i>Комп. клас</i>	Презентація лекції (ppt)	опрацювати лекцію,

	дискретного розподілення.			ознайомитись із літературою, ознайомитись із завданням на ЛР 3, 2 год
	<b>Контрольна робота</b>	<i>Контр. робота / аудиторна</i>	Тестові завдання	Повторити матеріал розділів 1-4. 4 год.

\*\*\*якщо література подається в скороченому вигляді, то розшифрування подаєте вкінці

## 11. Система оцінювання та вимоги

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання							Екзамен	Сума
Розділ 1		Розділ 2		Контрольна робота, передбачена навчальним планом	Курсова робота	Разом		
T1	T2	T3	T4					
8	8	10	4	10	20	60	40	100

T1, T2 ... – теми розділів.

### Критерії оцінювання знань студентів за лабораторні роботи

Вимоги	Кількість балів
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Завдання відзначається повнотою виконання без допомоги викладача.</li> <li>▪ Робить висновки і відповідає на контрольні питання. Володіє уміннями творчо-пошукової діяльності</li> </ul>	2
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Завдання відзначається неповнотою виконання за консультацією викладача.</li> <li>▪ Застосовує запропонований вчителем спосіб отримання інформації, має фрагментарні навички в роботі.</li> </ul>	1
Завдання відзначається фрагментарністю виконання за консультацією викладача або під його керівництвом.	0

### Критерії оцінювання знань студентів за контрольну роботу

Вимоги	Кількість балів
Повнота виконання завдання повна, студент здатен формулювати закони та закономірності, структурувати судження, умовиводи, доводи, описи.	8-10
Повнота виконання завдання повна, студент здатен формулювати	5-7

операції, правила, алгоритми, правила визначення понять.	
Повнота виконання завдання елементарна, студент здатен вибирати відомі способи дій для виконання фахових завдань.	3-5
Повнота виконання завдання фрагментарна.	1-2

### Критерії оцінювання знань студентів за курсову роботу

Параметри оцінювання	Діапазон оцінки, балів	Критерії оцінювання за бальною шкалою
Вміння чітко та стисло викласти основні результати дослідження	0-20	0 – студент неспроможний чітко та стисло викласти основні результати дослідження
		10 – студент невпорядковано викладає основні результати дослідження
		20 – студент спроможний чітко та стисло викласти основні результати дослідження
Використання роздаткового ілюстративного матеріалу	0-10	0 – роздатковий ілюстративний матеріал не використано
		10 – доповідь супроводжена роздатковим ілюстративним матеріалом
Повнота, глибина, обґрунтованість відповідей на питання	0-5	0 – студент неспроможний надати відповіді на поставлені питання
		2 – студент надає неповні, поверхові, необґрунтовані відповіді на поставлені питання
		5 – студент надає повні, глибокі, обґрунтовані відповіді на поставлені питання

### Критерії оцінювання екзаменаційних робіт студентів

Вимоги	Кількість балів
Показані всебічні систематичні знання та розуміння навчального матеріалу; безпомилково виконані завдання.	35-40
Показані повні знання навчального матеріалу; помилки, якщо вони є, не носять принципового характеру.	30-35
Показано повне знання необхідного навчального матеріалу, але допущені помилки.	20-30
Показано повне знання необхідного навчального матеріалу, але допущені суттєві помилки	10-20
Показано недосконале знання навчального матеріалу, допущені суттєві помилки.	5-10
Показано недосконале знання навчального матеріалу, допущені суттєві помилки, які носять принциповий характер; обсяг знань не дозволяє засвоїти предмет.	1-5

### Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка	
	для екзамену	для заліку
90 – 100	відмінно	зараховано
70-89	добре	
50-69	задовільно	
1-49	не задовільно	не зараховано

## 12. Рекомендована література

### Основна література

1. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем: Учебник для вузов. - М.: Высшая школа, 1985. – 271с.
2. Снепелев Ю. М., Старосельский В. А. Моделирование и управление в сложных системах. – М., «Соврадио», 1974. – 264 с.
3. В. Дэвид Кельтон. Имитационное моделирование, 3-е издание. – СПб.: Питер, Киев: Издательская группа BHV. – 847 с.
4. Стеценко, І.В. Моделювання систем: навч. посіб. [Електронний ресурс, текст] / І.В. Стеценко ; М-во освіти і науки України, Черкас. держ. технол. ун-т. – Черкаси : ЧДТУ, 2010. – 399 с.
5. Алиев Т. И. Основы моделирования дискретных систем: учебное пособие — СПб.: СПбГУ ИТМО, 2009. — 363 с.
6. Томашевський В.М., Жданова О.Г., Жолдакова О.О. Вирішення практичних завдань методами комп'ютерного моделювання: Навч. посібник. - К.:Корнійчук, 2001. – 267с.

### Допоміжна література

1. Бражник А.Н., Имитационное моделирование: возможности GPSS WORLD [Текст] — СПб.: Реноме, 2006.— 438с.
2. Столлингс В. Современные компьютерные сети, 2-е издание Энциклопедия, СПб: Питер, 2003, с.-782 с.
3. Кемени Дж., Снелл Дж. Конечные цепи Маркова. – М.: Наука, 1970 – 272 с.
4. Таха Хемди А. Введение в исследование операций, 7-е изд.: пер. с англ. – М.: изд. дом «Вильямс», 2005. – 912 с., ил.
5. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем. - М.: Мир, 1984. – 264 с.

### Посилання на інформаційні ресурси в Інтернеті, відео-лекції, інше методичне забезпечення

<http://lib.chdu.edu.ua/pdf/posibnuku/33/3.pdf>

<https://studopedia.org/4-164729.html>

[https://pidruchniki.com/12281128/menedzhment/modeli\\_metodi\\_priynyattya\\_optimalnih\\_rishen](https://pidruchniki.com/12281128/menedzhment/modeli_metodi_priynyattya_optimalnih_rishen)