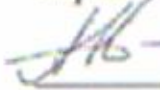


Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра комп'ютерних наук та інформаційних технологій (№ 302)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми


О.В. Прохоров
(підпис) (позначка та організація)

« 29 » 08 2023 р.

Освітня програма:

**РОБОЧА ПРОГРАМА ОБОВ'ЯЗКОВОЇ
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ

(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: 12 «Інформаційні технології»
(код і найменування галузі знань)

Спеціальність: 122 «Комп'ютерні науки»
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма: «Комп'ютеризація обробки інформації та управління»
(найменування освітньої програми)

Форма навчання: **денна**

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Харків 2023 рік

Розробник: Федорович О.Є., зав. каф. 302, д.т.н., професор

(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь і вчене звання)

(підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри комп'ютерних наук та інформаційних технологій

(назва кафедри)

Протокол № 659/09 від « 29 » серпня 2023 р.

Завідувач кафедри д.т.н., проф.

(науковий ступінь і вчене звання)



(підпис)

О.Є. Федорович

(підпис та прізвище)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показника	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання)
Кількість кредитів – 4,5	<p style="text-align: center;">Галузь знань <u>12 «Інформаційні технології»</u> <small>(шифр і найменування)</small></p> <p style="text-align: center;">Спеціальність <u>122 «Комп'ютерні науки»</u> <small>(код і найменування)</small></p> <p style="text-align: center;">Освітня програма <u>«Комп'ютеризація обробки інформації та управління»</u> <small>(найменування)</small></p> <p style="text-align: center;">Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)</p>	<i>Обов'язкова</i>
Кількість модулів – 2		Навчальний рік
Кількість змістовних модулів – 2		2023/2024
Індивідуальне завдання « <u>Методи моделювання процесів та систем</u> » <small>(назва)</small>		Семестр
Загальна кількість годин – 64/135		6-й
		Лекції*
		32 години
		Практичні, семінарські*
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4 самостійної роботи здобувача – 5		- годин
		Лабораторні* 32 години
	Самостійна робота 71 година	
	Вид контролю модульний контроль, іспит	

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: 64/71.

* Аудиторне навантаження може бути зменшене або збільшене на одну годину залежно від розкладу занять.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: дати знання за основними напрямками математичного та програмного моделювання складних систем для завдань управління.

Завдання: вивчити методології, методи та алгоритми моделювання структур та динамічних аспектів функціонування складних систем.

Компетентності, які набуваються:

- Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу (ЗК1),
- Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності (ЗК3),
- Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово (ЗК4),
- Здатність спілкуватися іноземною мовою (ЗК5),
- Здатність вчитися й оволодівати сучасними знаннями (ЗК6),
- Здатність генерувати нові ідеї (креативність) (ЗК8),
- Здатність приймати обґрунтовані рішення (ЗК11),
- Здатність до математичного формулювання та досліджування неперервних та дискретних математичних моделей, обґрунтування вибору методів і підходів для розв'язування теоретичних і прикладних задач у галузі комп'ютерних наук, аналізу та інтерпретування (СК1),
- Здатність використовувати сучасні методи математичного моделювання об'єктів, процесів і явищ, розробляти моделі й алгоритми чисельного розв'язування задач математичного моделювання, враховувати похибки наближеного чисельного розв'язування професійних задач (СК4),
- Здатність до системного мислення, застосування методології системного аналізу для дослідження складних проблем різної природи, методів формалізації та розв'язування системних задач, що мають суперечливі цілі, невизначеності та ризики (СК6),
- Здатність застосовувати теоретичні та практичні основи методології та технології моделювання для дослідження характеристик і поведінки складних об'єктів і систем, проводити обчислювальні експерименти з обробкою й аналізом результатів (СК7),
- Здатність до аналізу та функціонального моделювання бізнес-процесів, побудови та практичного застосування функціональних моделей організаційно-економічних і виробничо-технічних систем, методів оцінювання ризиків їх проектування (СК)15.

Очікувані результати навчання:

- Застосовувати знання основних форм і законів абстрактно-логічного мислення, основ методології наукового пізнання, форм і методів вилучення, аналізу, обробки та синтезу інформації в предметній області комп'ютерних наук (ПР1),
- Використовувати методи чисельного диференціювання та інтегрування функцій, розв'язання звичайних диференціальних та інтегральних рівнянь, особливостей чисельних методів та можливостей їх адаптації до інженерних задач, мати навички програмної реалізації чисельних методів (ПР7),
- Використовувати методологію системного аналізу об'єктів, процесів і систем для задач аналізу, прогнозування, управління та проектування динамічних процесів в макроекономічних, технічних, технологічних і фінансових об'єктах (ПР8).

У результаті вивчення даного курсу здобувач вищої освіти повинен знати:

- основні постановки задач системного моделювання;
- основні етапи досліджень за допомогою моделювання складних систем;
- методи структуризації, формалізації й алгоритмізації функціонування систем;
- сучасні технології моделювання систем;
- методи системного імітаційного моделювання.

На підставі отриманих теоретичних знань здобувач вищої освіти повинен уміти:

- проводити дослідження систем, які створюються;
- вибрати методи і засоби моделювання;
- будувати системні моделі;
- складати моделюючі алгоритми;
- проводити інтерпретацію й аналіз результатів моделюючих експериментів;
- використовувати моделювання та комп'ютерні програми при системному дослідженні складних об'єктів;
- практично використовувати методологію моделювання систем при проектуванні комп'ютерних систем;
- застосовувати методи аналітичного та імітаційного моделювання для розрахунку основних характеристик комп'ютерних систем;
- практично володіти технологією програмного моделювання систем.

Крім того, здобувач вищої освіти повинен мати представлення:

- про основи створення моделюючих програм;
- про сферу застосування сучасного програмного моделювання у різних галузях промисловості;
- про перспективи розвитку методів та технології моделювання систем у найближчому майбутньому.

Пререквізити

- Моделі та методи дискретної математики (ОК3),
- Вступ до спеціальності (ОК4),
- Створення візуальних інтерфейсів (ОК7),
- Структуризація інформації в управлінні (ОК8),
- Вища математика (ОК11),
- Веб-технології в розподілених інформаційних системах (ОК14),
- Компонентна технологія проектування інформаційних систем (ОК15),
- Тестування інформаційних систем (ОК16),
- Методи дослідження та оптимізації бізнес-рішень (ОК22),
- Системне уявлення та інтеграція інформаційних систем (ОК23),
- Мовні компетентності (іноземна мова) (ВК1),

- Математично-технічний блок на вибір (ВК6),
- Minor. Дисципліна 1 (ВК8).

Кореквізити

- Вступ до спеціальності (ОК4),
- Створення візуальних інтерфейсів (ОК7),
- Структуризація інформації в управлінні (ОК8),
- Сучасні технології програмування (ОК12),
- Мобільні та хмарні технології (ОК13),
- Веб-технології в розподілених інформаційних системах (ОК14),
- Компонентна технологія проектування інформаційних систем (ОК15),
- Тестування інформаційних систем (ОК16),
- Системне уявлення та інтеграція інформаційних систем (ОК23),
- Моделювання процесів та систем (ОК26),
- Бази даних та знань в інформаційних системах (ОК27),
- Управління створенням програмних продуктів (ОК28),
- Іноземна мова (ОК9),
- Minor. Дисципліна 1 (ВК8).

3. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1.

Змістовий модуль 1. Основи теорії моделювання систем

Тема 1. Вступ до навчальної дисципліни «Моделювання систем».

Предмет, об'єкт, мета і задачі вивчення дисципліни. Місце і роль курсу в системі дисциплін спеціальності 122. Основні тенденції розвитку моделювання систем.

(Набуття компетентностей: здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу (ЗК1), знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності (ЗК3), здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово (ЗК4).

Тема 2. Основні поняття теорії моделювання систем

Надаються основи побудови і використання моделей складних систем. Визначається роль і значення системного моделювання для задач проектування та аналізу складних систем. Місце дисципліни в навчальному плані.

(Набуття компетентностей: здатність вчитися й оволодівати сучасними знаннями (ЗК6)).

Тема 3 Основи моделювання систем. Класифікація моделей складних систем

Надаються основні поняття та визначення, основна термінологія. Розглядаються напрямки, цілі і задачі моделювання, класифікація моделей по ступені складності, структура моделей, об'єктів, моделі системи і її

зовнішнього середовища. Види моделей і їхні особливості (лінгвістичні, математичні, програмні, імітаційні, натурні, фізичні). Дається класифікація моделей (детерміновані, імовірнісні, дискретні, неперервні, комбіновані), технологій моделювання. Визначаються стадії й етапи моделювання. Декомпозиція об'єкта дослідження, виділення аспектів моделювання. Фактори, параметри, характеристики і критерії в моделюванні.

(Набуття компетентностей: здатність генерувати нові ідеї (креативність) (ЗК8)).

Тема 4. Імітаційне моделювання складних систем

Основні поняття імітаційного моделювання. Доцільність використання імітаційного моделювання. Методи проектування імітаційних моделей. Формалізація постановки задачі імітаційного моделювання. Засоби реалізації імітаційної моделі.

(Набуття компетентностей: здатність до математичного формулювання та досліджування неперервних та дискретних математичних моделей, обґрунтування вибору методів і підходів для розв'язування теоретичних і прикладних задач у галузі комп'ютерних наук, аналізу та інтерпретування (СК1)).

Тема 5. Програмне забезпечення імітаційного моделювання

Принципи побудова мов імітаційного моделювання. Орієнтація на події, процеси, активності, пасивності. Керування процесом моделювання. Спискові структури моделювання. Планування моделювання.

(Набуття компетентностей: здатність використовувати сучасні методи математичного моделювання об'єктів, процесів і явищ, розробляти моделі й алгоритми чисельного розв'язування задач математичного моделювання, враховувати похибки наближеного чисельного розв'язування професійних задач (СК4)).

Тема 6. Системи імітаційного моделювання

Загально-цільова система моделювання GPSS. Моделювання простих та багатоканальних пристроїв. Подійна система SMPL. Системи SIMSCRIT, Taylor, Simple, Simulink. Приклади моделювання. Методи штучного інтелекту в імітаційному моделюванні.

(Набуття компетентностей: здатність застосовувати теоретичні та практичні основи методології та технології моделювання для дослідження характеристик і поведінки складних об'єктів і систем, проводити обчислювальні експерименти з обробкою й аналізом результатів (СК7)).

Модульний контроль

Модуль 2.

Змістовий модуль 2. Системи моделювання

Тема 1. Моделювання за допомогою мереж Петрі

Прості мережі. Умови збудження переходів, маркери. Складні моделі мереж Петрі. Логічні умови, синхронізація. Розглядаються приклади моделювання за допомогою мереж Петрі.

(Набуття компетентностей: здатність до системного мислення, застосування методології системного аналізу для дослідження складних проблем різної природи, методів формалізації та розв'язування системних задач, що мають суперечливі цілі, невизначеності та ризику (СК6)).

Тема 2. Планування та проведення експериментів з моделями

Особливості планування експериментів з моделями складних систем. Найпростіші плани експериментів. Факторний план. Повний факторний експеримент. Дворівневий факторний план. Пошук екстремальних значень на поверхні відгуку.

(Набуття компетентностей: здатність приймати обґрунтовані рішення (ЗК11)).

Тема 3. Сучасні системи моделювання

Історія розвитку імітаційного моделювання. Розвиток технології імітаційного моделювання в Україні. Сучасний етап розвитку імітаційного моделювання. Використання веб-технологій в імітаційному моделюванні. Архітектура високого рівня.

(Набуття компетентностей: здатність спілкуватися іноземною мовою (ЗК5)).

Тема 4. Моделювання в різних предметних галузях

Моделювання: виробничих процесів; розподілу ресурсів процесів обслуговування; керування проектами. Імітаційне моделювання комп'ютерних систем та мереж.

(Набуття компетентностей: здатність до аналізу та функціонального моделювання бізнес-процесів, побудови та практичного застосування функціональних моделей організаційно-економічних і виробничо-технічних систем, методів оцінювання ризиків їх проектування (СК15)).

Модульний контроль

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	денна форма				
	усього	у тому числі			
		л	п	лаб	с.р.
Модуль 1					
Змістовий модуль 1. Основи теорії моделювання систем.					
Тема 1. Вступ до навчальної дисципліни «Моделювання систем»	2	2	-	-	-
Тема 2. Основні поняття теорії моделювання систем	8	2	-	6	-
Тема 3. Основи моделювання систем. Класифікація моделей складних систем	16	2	-	6	8
Тема 4. Імітаційне моделювання складних систем	14	2	-	6	6
Тема 5. Програмне забезпечення імітаційного моделювання	10	2	-	-	8
Тема 6. Системи імітаційного моделювання	20	4	-	8	8
Модульний контроль	2	2	-	-	-
Усього годин	72	16	-	26	30
Модуль 2					
Змістовий модуль 2. Системи моделювання					
Тема 1. Моделювання за допомогою мереж Петрі	14	4	-	-	10
Тема 2. Планування та проведення експериментів з моделями	13	4	-	-	9
Тема 3. Сучасні системи моделювання	14	2	-	-	12
Тема 4. Моделювання в різних предметних галузях	20	4	-	6	10
Модульний контроль	2	2	-	-	-
Усього годин	63	16	-	6	41
Усього годин з дисципліни	135	32	-	32	71

5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Не передбачено навчальним планом	

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Не передбачено навчальним планом	

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Дослідження динаміки функціонування складних систем	6
2	Імітаційне моделювання процесів функціонування та управління складних систем	6
3	Об'єктно-орієнтоване моделювання складних динамічних систем	6
4	Вивчення загальноцільової системи імітаційного моделювання GPSS	8
5	Моделювання вантажопотоків у розподілених технологічних комплексах	6
	Разом	32

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Моделювання за допомогою системної динаміки	8
2	Моделювання за допомогою систем масового обслуговування	6
3	Типи моделей систем масового обслуговування	8
4	Моделювання за допомогою мереж систем масового обслуговування	8
5	Статистична обробка результатів моделювання	10
6	Програмні генератори імітаційних моделей	9
7	Програмні мови для виконання завдань моделювання систем	12
8	Оцінювання точності результатів моделювання	10
	Разом	71

9. Індивідуальні завдання

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Не передбачено навчальним планом	

10. Методи навчання

Проведення лекцій, лабораторних занять, індивідуальні консультації з питань нового матеріалу, самостійна робота здобувачів вищої освіти.

11. Методи контролю

Здача лабораторних робіт, модульний контроль, іспит.

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачі

12.1. Розподіл балів, які отримують здобувачів вищої освіти (кількісні критерії оцінювання)

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 1			
Виконання і захист	0...10	3	0...30

лабораторних робіт			
Модульний контроль	0...15	1	0...15
Змістовний модуль 2			
Виконання і захист лабораторних робіт	0...10	3	0...30
Модульний контроль	0...15	1	0...15
Виконання і захист РР	0...10	1	0...10
Усього за семестр			0...100

Семестровий контроль (іспит) проводиться у разі відмови здобувача вищої освіти від балів поточного тестування й за наявності допуску до іспиту. Під час складання семестрового іспиту студент має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для іспиту складається з 3 теоретичних запитань. За повну правильну відповідь на два перших запитання здобувач вищої освіти отримує по 30 балів. За повну правильну відповідь на останнє запитання – 40 балів.

12.2. Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:

- основи моделювання складних об'єктів та систем;
- основні поняття моделювання систем;
- методи структуризації складних систем;
- основні етапи моделювання систем;
- основні технології моделювання систем;
- методи програмного та імітаційного моделювання систем.

Необхідний обсяг вмінь для одержання позитивної оцінки:

- практично використовувати моделювання систем при створенні комп'ютерних систем;
- застосовувати методи моделювання систем для розрахунку характеристик складних об'єктів та систем;
- проводити експерименти та аналізувати моделювання систем.

12.3 Критерії оцінювання роботи здобувач вищої освіти протягом семестру

Задовільно (60-74). Мати мінімум знань та умінь. Відпрацювати та захистити всі лабораторні роботи. Вміти виконувати завдання з моделювання систем. Знати основи моделювання систем. Знати основні етапи моделювання. Знати технологію програмного моделювання системи.

Добре (75-89). Твердо знати мінімум знань, виконувати усі завдання. Показати вміння виконувати та захищати всі лабораторні роботи в обумовлений викладачем строк з обґрунтуванням рішень та заходів, які запропоновано у роботах. Вміти пояснювати інструменти моделювання складних об'єктів та систем. Знати принципи побудови програмних моделей імітаційного моделювання для аналізу складних об'єктів та систем.

Відмінно (90-100). Повно знати основний та додатковий матеріал. Знати усі теми. Орієнтуватися у підручниках та посібниках. Досконально знати усі технології моделювання систем та вміти використовувати їх на практиці. Знати основи моделювання при створенні програмних моделей складних об'єктів та систем. Самостійно ставити завдання та виконувати дослідження за допомогою моделювання систем. Безпомилково виконувати та захищати всі лабораторні роботи в обумовлений викладачем строк з докладним обґрунтуванням рішень та заходів, які запропоновано у роботах.

Шкала оцінювання: бальна і традиційна

Сума балів	Оцінка за традиційною шкалою	
	Іспит, диференційований залік	Залік
90 – 100	Відмінно	Зараховано
75 – 89	Добре	
60 – 74	Задовільно	
0 – 59	Незадовільно	Не зараховано

13. Методичне забезпечення

1. Федорович О.Є. Логістичні моделі управління виробництвом: моногр. / О.Є. Федорович, О.М. Замірець, А.В. Попов. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т «Харк. авіац. ін-т», 2010. – 218с.
2. Моделі аналізу розподілених технологічних комплексів / О.Є. Федорович, К.О. Западня, Т.Ф. Прокопенко. – Харков: Нац. аерокосм. ун-т «Харк. авіац. ін-т», 2006. – 65с.
3. Моделі інформаційної підтримки організаційних структур управління / О.Є. Федорович, В.О. Попов, Н.В. Єременко, Є.Ю. Синєбрюхова. – Харків: Нац. аерокосм. ун-т «Харк. авіац. ін-т», 2013. – 128 с.
4. Математичні методи та моделі аналізу інформаційних систем / О.В. Малєєва, А.А. Філатова. – Навч. Посіб. по лаб. практикуму. – Харков: Нац. аерокосм. ун-т «Харк. авіац. ін-т», 2007. – 44с.
5. Системні моделі аналізу складних систем та процесів / В.А. Попов, Н.В. Єременко, С.В. Сергєєв, Ю.І. Сергєєва. – Харков: Нац. аерокосм. ун-т «Харк. авіац. ін-т», 2014. – 89с.

14. Рекомендована література

Базова

1. Томашевський, В.М. Моделювання систем. – К.: Видавнича група ВНУ, 2007. – 352 с.
2. Системний підхід і моделювання в наукових дослідженнях : підручник з грифон МОН України / Бутко, М.П., Бутко, І.М., Дітковська, М.Ю., Мурашко, М.І., Олійченко, І.М., Оліференко, Л.Д. – К. : Видавництво «Україна», 2018. – 360 с.
3. Зеленський, К.Б. Комп'ютерне моделювання систем : навч. посіб. – К. Видавництво 2Україна», 2014. – 278 с.
4. Основи математичного моделювання економічних, екологічних та соціальних процесів : навч. посіб. / Ляшенко, І.М., Коробова, М.В., Столяр, А.М. – К. : Видавництво «Богдан», 2019. – 304 с.
5. Інформаційні технології та моделювання бізнес-процесів : навч. посіб. / Томашевський, О.М., Цислик, Г.Г., Вігер, МБ., Дубук, В.І. – К. : Центр учбової літератури, 2012. – 237 с.
6. Полляк, Ю. Г. Вірогідносте моделювання. – К., 1971. – 400 с.
7. Моделювання складних систем. Ч. 1 / О.В. Прохоров, А.С. Садовничий. – Навч. посіб. по лабораторному практикуму. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т «Харк. авіац. ін-т», 2003. – 63 с.
8. Моделі аналізу розподілених технологічних комплексів / О.Є. Федорович, К.О. Западня, Т.Ф. Прокопенко. – Навч. посіб. по лабораторному практикуму. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т «Харк. авіац. ін-т», 2006. – 65 с.

Допоміжна

1. Моделювання систем у середовищі MATLAB : навч. посіб. / Забара, С.С., Гагирін, О.О., Кузьменко, І.М., Щербашин, Ю.Д. – К. : Центр учбової літератури, 2011. – 137 с.

2. Вовк, Л.В. Математичний інструментарій моделювання економічних процесів : навч. посіб. – К. : Видавництво «Ліра-К», 2019. – 252 с.
3. Форнальчик, Є.Ю. Моделювання транспортних потоків : навч. посіб. – Львів : Видавництво «Львівська політехніка», 2020. – 218 с.
4. Філяшкін, М.К. Програма забезпечення моделювання систем цивільної авіації : навч. посіб. – К. : Видавництво «НАУ», 2017. – 244 с.
5. Додонов, О.Г. Мережеві організаційні структури управління моделювання та візуалізація : навч. посіб./ Додонов, О.Г., Кузьмичов, А.І. – К. : Центр учбової літератури, 2021. – 217 с.
6. Клейнрок, Л. Теорія масового обслуговування: пер. с англ. – К.: Машинобудування, 1979. – 432 с.
7. Костін, А.Є. Принципи моделювання складних дискретних систем. – К., 1983.
8. Котов, В.Є. Мережі Петрі. – К.: Наука, 1984. – 160 с.
9. Технологія системного моделювання /Під ред. С.В. Ємельянова та інш. – К.: Машинобудування; Берлін: Технік, 1988. – 520 с.
10. Філіппс Д., Гарсія-Діас А. Методи аналізу мереж: Пер. с англ./Під ред. Б.Г. Сушкова. – К., 1984. – 496 с.
11. Гаврилова, Т.А. Онтологічний підхід до управління знаннями при розробці корпоративних інформаційних систем // Новини штучного інтелекту. – №2, 2003. – С. 24-30.

12. Інформаційні ресурси

1. Стеценко, І.В. Моделювання систем: навч. посіб. [Електронний ресурс, текст] / І.В. Стеценко ; М-во освіти і науки України, Черкас. держ. технол. ун-т – Режим доступу: http://web.kpi.kharkov.ua/auts/wp-content/uploads/sites/67/2017/02/MOCS_Kachanov_posobie.pdf
2. Советов, Б.Я. Моделювання систем: підручник для студентів онлайн [Електронний ресурс] / Б.Я. Советов, С.А. Яковлев; info{at}stud.com.ua. – Режим доступу: https://stud.com.ua/86666/informatika/modelyuvannya_sistem
3. Томашевський, В.М. Моделювання систем: навч. посіб. [Електронний ресурс] / Державний університет телекомунікацій – Режим доступу http://www.immsp.kiev.ua/postgraduate/Biblioteka_trudy/Tomashevsky_Model.system_2005.pdf
4. Моделювання систем: методичні матеріали щодо змісту та організації самостійної роботи студентів [Електронний ресурс] / КНЕУ – Режим доступу: https://kneu.edu.ua/ua/depts9/k_ekon_matematychn_modeljuvannja/Designing_systems/
5. Поняття про моделювання систем, класифікації підходів і методів моделювання: підручник для студентів онлайн [Електронний ресурс] / Підручники для студентів онлайн (info{at}stud.com.ua) – Режим доступу: https://stud.com.ua/24997/menedzhment/ponyattya_modelyuvannya_sistem_klasifikatsiyi_idhodiv_metodiv_modelyuvannya