

# Тема 1. Вступ. Предмет дисципліни, її зміст та завдання

## 1.1. Вступ у теорію моделювання

Моделювання як одну з найважливіших категорій процесу пізнання неможливо відокремити від розвитку людства. З самого дитинства людина пізнає світ, спочатку через іграшки й ігри, відображаючи, тобто моделюючи, дійсність. З роками вона використовує все більш складні моделі, які дають можливість "програвати" різні життєві та виробничі ситуації і тим самим отримувати якнайкращі способи вирішення проблеми [12].

Математичні моделі є одним з основних інструментів пізнання людиною явищ навколишнього світу. Під математичними моделями розуміють основні закономірності і зв'язки, властиві явищу, що вивчається. Це можуть бути формули або рівняння, набори правил або угод, виражені в математичній формі. Так, наприклад, закони Ньютона повністю визначають закономірності руху планет навколо Сонця. Використовуючи основні закони механіки, відносно неважко скласти рівняння, що описують рух космічного апарата, наприклад, від Землі до Місяця. Проте отримати їх розв'язання (чи розв'язок) у вигляді простих формул не є можливим. Тому для розрахунку траєкторій космічних апаратів служать комп'ютери, тобто застосовується комп'ютерне моделювання.

Методи комп'ютерного моделювання широко використовують у всіх сферах діяльності людини – від конструювання моделей технічних, технологічних й організаційних систем до вирішення проблем розвитку людства і навколишнього світу. Класичними об'єктами моделювання є інформаційні, виробничі, транспортні й інші логістичні системи, моделі яких у більшості випадків використовуються для розв'язання задач проектування, реконструкції і довгострокового планування, тобто застосовуються для управління цими системами. Комп'ютерне моделювання повинне застосовуватися завжди, коли потрібно відповісти на запитання: "Що буде, якщо...?", тобто при прийнятті рішення [12].

У розвинених країнах перед інвестуванням коштів у будь-який проект можливості його реалізації перевіряються на імітаційних моделях. Практично всі транснаціональні компанії мають моделі розвитку виробництва, більш того, вони вкладають значні кошти у дослідження цих

моделей. Наприклад, в автомобільній промисловості Німеччини приймають до розгляду технічну документацію тільки за умови її відповідності концепції Digital Fabrik (комп'ютерне виробництво). Важливу роль у цій концепції відіграють 3D-моделі всіх елементів виробничого процесу, що замінюють собою звичайні CAD-креслення. У вигляді 3D-моделей повинні зображуватись усі засоби виробництва: устаткування і робочі місця, окремі цехи і підприємство в цілому, а також вироблена продукція – готові вироби з їх докладною технічною документацією. Зрозуміло також, що демонстрація будь-яких динамічних процесів можлива лише за умови, що ними керуватимуть відповідні імітаційні моделі. Треба чітко уявляти собі, що поряд із традиційними для імітаційного моделювання моделями процесів із дискретними подіями існують кінематичні 3D-моделі устаткування і робочих місць, ергономічні 3D-моделі, моделі типу Digital MockUp тощо [12].

Моделювання як технологія розв'язання задач усередині специфічного середовища широко застосовується під час аналізу і проектування інформаційних систем для перевірки вимог до їх ефективності, до використаних ресурсів й оцінки пропускнуєї спроможності систем. Однак розробка і застосування імітаційних моделей інформаційних систем – це непрості завдання. Етап формулювання абстрактної моделі та етап конструювання моделі часто включають тривалі й дорогі процедури. Абстрактна модель інформаційної системи зазвичай створюється фахівцем із моделювання, який може отримувати знання у потрібній галузі від проєктувальників та аналітиків. Модель може мати математичний характер (наприклад, системи формування черг, ланцюги Маркова або мережі Петрі), але для того щоб вона підлягала аналізу, навіть за допомогою комп'ютера, при її формулюванні роблять деякі узагальнення. Програмна реалізація моделі потім здійснюється фахівцями з моделювання, які можуть використовувати універсальну мову програмування (типу C++ або Java) чи спеціалізовані засоби моделювання (такі як GPSS або iThink). Для цього часто залучаються програмісти, які є проміжною ланкою між аналітиком і людиною, що приймає рішення. Наявність такої ланки може призводити до появи помилок і неточностей не тільки під час побудови моделі, але й під час програмування [12].

Моделювання – складний процес, що потребує багато часу, незважаючи на те, йде мова про окремого фахівця з моделювання чи цілої групи фахівців, упродовж роботи якої потрібні постійний зв'язок і координація. Зазначені причини виправдовують зусилля, докладені для

розробки методів, що допомагають прискорити процес моделювання шляхом автоматизації деяких процесів. Сучасні програмні засоби моделювання використовують графічний інтерфейс і дво- або тривимірну анімацію, що значно полегшує сприйняття результатів моделювання неспеціалістом.

Програми реалізації моделей взагалі складно писати й налагоджувати. Для того щоб перевірити правильність і достовірність імітаційної моделі та її відповідність цілям моделювання, необхідно мати вичерпну інформацію щодо сфери застосування системи, методології моделювання і мови програмування. Таку роботу зазвичай виконує експерт. У якісній моделі повинні враховуватися всі можливі варіанти вихідних даних, і починати моделювання можна лише отримавши позитивні результати. Після огляду числових результатів моделювання може виникнути потреба у внесенні деяких змін в абстрактну модель і (або) програмну реалізацію моделі, що може призвести до повторного виконання деяких або всіх операцій на різних етапах моделювання. Таким чином, жоден серйозний проект з моделювання не може бути успішно реалізований без участі експерта. Великі за обсягом моделі створює, як правило, команда розробників, і хоча б один з її членів має виконувати при цьому роль експерта. Експерт повинен [12]:

- володіти базовими інженерними знаннями, необхідними для розуміння принципів функціонування визначених класів систем;
- володіти методами системного аналізу і керування проектами, необхідними для коректної постановки задачі моделювання й організації робіт з реалізації та використання моделей;
- володіти методами математичного та імітаційного моделювання незалежно від того, які програмні засоби моделювання використовуються;
- знати і вміти застосовувати одну або декілька імітаційних систем і мов програмування;
- бути обізнаним із сучасними інформаційними технологіями, що забезпечують інтеграцію моделей у системи проектування, планування і керування;
- бути спроможним приймати рішення за результатами моделювання;
- знати основні класи математичних моделей і методи моделювання систем, а також принципи побудови імітаційних моделей процесів функціонування систем, методи та етапи їх формалізації й алгоритмізації;

– вміти вибирати та використовувати методи математичного моделювання при проектуванні та експлуатації складних систем управління, розробляти схеми алгоритмів для імітаційного моделювання технічних, технологічних, організаційних, інформаційних систем та їх об'єктів, реалізовувати моделюючі програми на комп'ютері;

– мати уявлення про сучасний стан і перспективи розвитку методів моделювання в галузі інформаційних технологій, систем управління та систем обробки інформації з використанням сучасних програмних систем, таких як, програмні генератори, інтерактивні, інтелектуальні та візуальні системи моделювання.

Для того щоб стати досвідченим експертом і професіоналом, необхідно також мати досвід роботи у проектах з моделювання.

З 1952 року існує всесвітнє добровільне товариство міжнародного комп'ютерного моделювання – SCS ([www.scs.org](http://www.scs.org)), основними завданнями якого є вивчення, розповсюдження, використання й удосконалення методів комп'ютерного моделювання для вирішення реальних проблем, що існують у світі. До SCS входять професіонали, діяльність яких пов'язана з розробленням методології та застосуванням сучасних технологій і методів моделювання. Регіональні ради SCS існують у США, Канаді, країнах Європи ([www.scs-europe.net](http://www.scs-europe.net)), включаючи Східну Європу, в Китаї, Мексиці та інших країнах.

Щороку SCS проводить конференції з проблем моделювання, публікує доповіді та випускає журнали ([www.scs.org/pubs/pubsinfo.html](http://www.scs.org/pubs/pubsinfo.html)). В Європі існує федерація європейських товариств моделювання – EUROSIM ([www.eurosim.info](http://www.eurosim.info)), товариство моделювання та технології імітації – EUROSIS (<http://biomath.rug.ac.be/~eurosis/index.html>), а також інститути науки моделювання – McLeod. Комп'ютерне моделювання активно застосовується у дослідницьких центрах в усьому світі. Тільки у Великій Британії існує близько десяти груп дослідників в університетах, що працюють у цій галузі, – в Лондонській школі економіки, Імперіалколеджі, Університеті Варвік, Університеті Ланкастера, Саутамптонському університеті тощо. Американське і європейські товариства моделювання регулярно проводять конференції та публікують їх матеріали [12].

На жаль, активне застосування методів імітаційного моделювання за кордоном не викликало поки що значного його поширення у нашій країні. Пояснити це, мабуть, можна двома причинами: по-перше, пануванням у певні часи принципу витратної економіки, за якої імітаційні моделі були не потрібні; по-друге, необхідністю перебудови стереотипу мислення у

процесі розробки імітаційних моделей, який суттєво відрізняється від процесу проектування традиційних програмних засобів для автоматизації систем управління [12].

У зв'язку з розвитком ринкової економіки та переходом до ринкових моделей ситуація почала змінюватись. Це підтверджує і поява в мережі Інтернет за останні два роки портала [www.simulation.org.ua](http://www.simulation.org.ua) в Україні, [www.gpss.ru](http://www.gpss.ru) – в Росії, та сайта [www.gpss-forum.narod.ru](http://www.gpss-forum.narod.ru) в Росії.

Призначення конспекту лекцій з навчальної дисципліни "Моделювання систем" – подати всебічне і сучасне трактування всіх важливих аспектів моделювання, включаючи формальні моделі систем масового обслуговування, системної динаміки та мереж Петрі, технологію і програмне забезпечення моделювання, перевірку достовірності та правильності моделей, методи моделювання випадкових чисел, величин і процесів, планування експериментів й аналіз результатів моделювання з наступним прийняттям рішень.

З усіх видів моделювання – а це перш за все математичне і графічне – основна увага приділяється імітаційному моделюванню. Огляд науково-дослідницьких робіт показує, що імітаційне моделювання є чи не найпопулярнішим, за використанням на практиці його випереджають лише методи математичного програмування. Головна цінність імітаційного моделювання полягає в тому, що в основу його покладена методологія системного аналізу. Вона дозволяє досліджувати проектувану або аналізовану систему методами операційного аналізу, який включає такі взаємопов'язані етапи: змістовна постановка задачі, розробка концептуальної моделі, розробка та програмна реалізація імітаційної моделі, перевірка адекватності моделі та оцінка точності результатів моделювання, планування і проведення експериментів та прийняття рішень. Завдяки цьому можна застосовувати імітаційне моделювання як універсальний підхід під час прийняття рішень в умовах невизначеності та врахування у моделях тих факторів, які важко формалізувати, а також використовувати основні принципи системного підходу для виконання практичних завдань [12].

У курсі лекцій обговорюється питання щодо вибору засобів програмування для реалізації імітаційної моделі. Під час побудови складних імітаційних моделей не може йтися про алгоритмічні процедурні мови як основу моделі, бо в цьому разі доводиться відтворювати весь прихований механізм мов моделювання. Останні служать для навчальних та "іграшкових" моделей, що ілюструють можливості імітаційного моделювання. Для складних моделей використовуються спеціалізовані

засоби моделювання, які дозволяють автоматизувати процеси створення моделі. Особлива увага приділяється мові дискретно-подійного імітаційного моделювання GPSS, яку, незважаючи на її солідний вік (понад 40 років), досі застосовують для програмних реалізацій моделей. Ця мова проста й ефективна при розробленні більшості простих моделей, навчитися будувати які можна за дуже короткий час. Розглядаючи принципи побудови алгоритмів для реалізації блоків і керуючої програми моделювання мови GPSS, можна легко зрозуміти, яким чином будуються складні імітаційні системи. Тому в курсі лекцій основна увага приділяється саме цій мові.

Ураховуючи те, що моделювання систем – прикладна наука, поданий матеріал має практичну спрямованість, і наведені математичні формулювання й докази не завжди є строгими. Особливо це стосується теорії масового обслуговування, яка викладається з позицій операційного аналізу.

## **1.2. Предмет, завдання та зміст дисципліни**

**Об'єктом** вивчення навчальної дисципліни "Моделювання систем" є різні (технічні, фізичні та ін.) системи (явища, процеси), з якими пов'язана людська діяльність.

**Предметом** вивчення навчальної дисципліни "Моделювання систем" є загальновізані методології і сучасні технології моделювання складних систем.

**Навчальне завдання дисципліни:** вивчення практичних підходів до моделювання систем, оволодіння методами імітаційного моделювання із застосуванням пакета GPSS World.

Після вивчення дисципліни студенти повинні:

**знати:**

- принципи моделювання та класифікацію способів представлення моделей систем;
- методологію та сучасну технологію моделювання;
- методи проектування моделей складних систем;
- теоретичний матеріал щодо систем масового обслуговування;
- способи планування та проведення імітаційних експериментів з моделями;

• принципи побудови засобів імітаційного моделювання;

**вміти:**

- застосовувати технологію моделювання;

- представити модель в математичному та алгоритмічному вигляді;
- оцінити якість моделі;
- проводити статистичне моделювання систем;
- моделювати процеси, що протікають в інформаційних системах та мережах;

- будувати імітаційні моделі з використанням математичних пакетів GPSS World та MathCad;

**придбати навички:**

- побудови імітаційних моделей;
- отримання концептуальних моделей систем;
- побудови моделюючих алгоритмів;
- програмування в системі моделювання GPSS World.

**Форми проведення занять:** лекції, лабораторні.

**Форми контролю:**

- поточний контроль – у формі виконання лабораторних робіт;
- модульний контроль – у формі письмової роботи 2 рази за семестр;
- підсумковий контроль – іспит у формі евристичного завдання із використанням ЕОМ;
- підсумкова оцінка складається з результатів іспиту, модульного контролю та поточного контролю.