

ПРИКЛАДНА МАТЕМАТИКА

УДК 378, 519.876.5

DOI <https://doi.org/10.32782/2521-6643-2025-1-69.1>

Зайцева Т. А., кандидат технічних наук, доцент,
завідувач кафедри комп'ютерних технологій
Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара
ORCID: 0000-0002-6346-3390

Жир С. І., кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент
кафедри транспортних технологій та міжнародної логістики
Університету митної справи та фінансів
ORCID: 0009-0006-2410-6792

Жушман В. В., доктор філософії, доцент кафедри
комп'ютерних технологій
Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара
ORCID: 0009-0000-7292-5879

Сафронова І. А., кандидат фізико-математичних наук,
доцент кафедри комп'ютерних технологій
Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара
ORCID: 0000-0003-0242-3798

Лисиця Н. М., асистент кафедри комп'ютерних технологій
Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара
ORCID: 0000-0001-9838-9533

ДЕЯКІ АСПЕКТИ ВИКЛАДАННЯ ДИСЦИПЛІН ПРОФЕСІЙНОГО ЦИКЛУ ДЛЯ СТУДЕНТІВ ПРИКЛАДНОЇ МАТЕМАТИКИ З ВИКОРИСТАННЯМ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

У статті досліджено аспекти застосування засобів імітаційного моделювання у процесі викладання дисциплін професійного циклу для студентів спеціальності «Прикладна математика». Особливу увагу приділено демонстрації повного циклу розв'язання фахових задач – від постановки та деталізації до побудови моделі й застосування специфічних методів і відповідних програмних пакетів. Такий підхід сприяє формуванню цілісного розуміння принципів моделювання та їх практичного застосування у майбутній професійній діяльності. Також, слід зазначити його ключову роль і в науково-дослідницькій діяльності студентів, сприяючи розвитку аналітичного мислення та практичних навичок побудови, верифікації та застосування імітаційних моделей складних систем. Воно формує основу для проведення фундаментальних та прикладних досліджень, дозволяючи студентам розробляти власні моделі та методики аналізу, що є важливим для вирішення сучасних технічних та управлінських завдань.

Імітаційне моделювання, у контексті підготовки фахівців з прикладної математики, виступає одним із ключових інструментів, що забезпечує не лише глибоке розуміння теоретичних основ, але й розвиток практичних навичок аналізу складних систем. Його застосування в навчальному процесі сприяє активізації аналітичного мислення студентів та формуванню важливих професійних компетентностей, необхідних для успішної діяльності в галузі комп'ютерного моделювання та суміжних сферах.

У статті наведено приклади інтеграції імітаційного моделювання в різні фахові дисципліни для студентів прикладної математики, що дозволяє наочно продемонструвати можливості всебічного аналізу складних стохастичних і детермінованих процесів з урахуванням багатofакторних взаємодій. Показано, як використання методів моделювання сприяє дослідженню нелінійної динаміки систем, застосуванню багатокритеріальної оптимізації та розробці алгоритмів прогнозування реальних процесів безпосередньо в навчальному середовищі. Особливу увагу приділено впровадженню агентно-орієнтованого, дискретно-подієвого та гібридного моделювання, що спрямовано на формування ключових компетентностей у математичному аналізі, алгоритмічному проектуванні та цифровому прогнозуванні.

© Т. А. Зайцева, С. І. Жир, В. В. Жушман, І. А. Сафронова, Н. М. Лисиця, 2025

У статті розглянуто інтеграція в навчальний процес таких інструментів моделювання, як метод скінченних елементів, стохастичне моделювання, фрактальна геометрія та моделі на основі диференціальних рівнянь, що є ключовими для розв'язання складних технічних задач. Проілюстровано можливості використання сучасних інструментів симуляційного аналізу, зокрема Aimsun, Ansys, AnyLogic, GPSS, NetLogo та Simulink, для структурного та поведінкового моделювання в межах освітньої програми з прикладної математики. Зазначено, що таке комплексне застосування методів та інструментів імітаційного моделювання суттєво впливає на формування у студентів глибоких компетентностей в алгоритмічному мисленні, чисельному моделюванні та інженерних обчисленнях, готуючи їх до успішної професійної діяльності. Запропоновано оновлення освітніх компонент через розширення практичного застосування симуляційного аналізу, посилення аналітичного компонента та впровадження міждисциплінарного підходу.

Ключові слова: прикладна математика, компетентності, імітаційне моделювання, вища освіта, професійно орієнтовані завдання, інструменти симуляційного аналізу.

Zaytseva T. A., Zhyr S. I., Zhushman V. V., Safronova I. A., Lysytsia N. M. Some aspects of teaching professional cycle disciplines for students of applied mathematics using simulation modeling

The article investigates the aspects of using simulation modeling tools in the process of teaching professional cycle disciplines for students majoring in Applied Mathematics. Particular attention is paid to demonstrating the full cycle of solving professional problems – from formulation and detailing to model construction and application of specific methods and appropriate software packages. This approach contributes to the formation of a holistic understanding of modeling principles and their practical application in future professional activities. It should also be noted that it plays a key role in students' research activities, contributing to the development of analytical thinking and practical skills in building, verifying and applying simulation models of complex systems. It forms the basis for fundamental and applied research, allowing students to develop their own models and analysis methods, which is important for solving modern technical and managerial problems.

Simulation modeling, in the context of training specialists in applied mathematics, is one of the key tools that provides not only a deep understanding of theoretical foundations but also the development of practical skills in analyzing complex systems. Its use in the educational process helps to activate students' analytical thinking and form important professional competencies necessary for successful activities in the field of computer modeling and related fields.

The article presents examples of the integration of simulation modeling into various professional disciplines for students of applied mathematics, which allows to demonstrate the possibilities of a comprehensive analysis of complex stochastic and deterministic processes with regard to multifactorial interactions. It is shown how the use of modeling methods contributes to the study of nonlinear system dynamics, the application of multicriteria optimization, and the development of algorithms for predicting real processes directly in the learning environment. Particular attention is paid to the introduction of agent-based, discrete-event and hybrid modeling, which is aimed at forming key competencies in mathematical analysis, algorithmic design and digital forecasting.

The article discusses the integration of such modeling tools as the finite element method, stochastic modeling, fractal geometry, and models based on differential equations into the educational process, which are key to solving complex technical problems. The possibilities of using modern software packages, such as Aimsun, Ansys, AnyLogic, GPSS, NetLogo, and Simulink, for structural and behavioral modeling within the framework of the applied mathematics curriculum are illustrated. It is noted that such an integrated use of simulation modeling methods and tools significantly affects the formation of students' deep competencies in algorithmic thinking, numerical modeling and engineering computing, preparing them for successful professional activities. It is proposed to update the educational components by expanding the practical application of simulation analysis, strengthening the analytical component and introducing an interdisciplinary approach.

Key words: applied mathematics, competencies, simulation modeling, higher education, professionally oriented tasks, simulation analysis tools.

Постановка проблеми. Імітаційне моделювання є незамінним інструментом, що дозволяє оцінювати складні процеси без ризику, який може виникнути при реальних експериментах. Завдяки використанню імітаційних моделей, можна оцінювати поведінку об'єктів у різних сценаріях, прогнозувати можливі наслідки рішень та шукати оптимальні шляхи їх реалізації.

Окрім технічних розрахунків та економічних прогнозів, цей метод можна застосовувати в логістиці, військовій справі, біології, медицині, авіації, ракетобудуванні, урбаністиці, а також у сфері штучного інтелекту для тестування нових алгоритмів. Особливу роль імітаційне моделювання відіграє у розробці нових систем, коли потрібно ще на етапі проектування оцінити їх характеристики, функціональність та потенційні сценарії поведінки. Це дозволяє значно зменшити ризики та знизити витрати, оскільки виявлення недоліків відбувається до початку реального впровадження.

Як визначено у [10] оволодіння методами імітаційного моделювання є ключовим етапом професійної підготовки для студентів спеціальності F1 Прикладна математика. Це зумовлено тим, що в процесі навчання вони отримують здатність:

- будувати математичні і комп'ютерні моделі реальних систем;
- програмувати алгоритми, що відтворюють складні процеси;
- проводити експериментальне моделювання та аналізувати результати;
- застосовувати методи і засоби моделювання для оптимізації та прогнозування.

Інтеграція цього методу в навчальний процес дозволяє студентам краще засвоювати теоретичні концепції і знаходити практичні рішення. Треба відзначити, що традиційне навчання, засноване лише на теоретичних матеріалах і традиційних підходах до комп'ютерного моделювання не завжди дає повне уявлення. Тому важливо, щоб саме імітаційне моделювання було не тільки окремою дисципліною, а і частиною інших цілісних дисциплін, що охоплюють як обов'язкові так і вибіркові освітні компоненти.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відповідно до Закону України «Про освіту» [7], інтеграція сучасних методів моделювання в навчальні програми забезпечує практичну складову освітнього процесу та підготовку фахівців, спроможних до здійснення наукової та інженерної діяльності.

Імітаційне моделювання активно використовується в рамках наукових досліджень, що проводяться здобувачами першого (бакалаврського), другого (магістерського) та третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти, відповідно до вимог [8]. Використання імітаційних моделей у кваліфікаційних роботах дозволяє не лише розширити теоретичну базу досліджень, а й розробляти прикладні рішення для оптимізації процесів у галузях транспорту, логістики, економіки та технічних наук.

Згідно з стандартами вищої освіти [10], впровадження імітаційного моделювання в навчальні програми сприяє формуванню міждисциплінарних компетентностей та інтеграції знань з різних наукових напрямів. Цей підхід є актуальним у контексті цифровізації освітнього процесу та відповідності міжнародним практикам.

Навички традиційних комп'ютерного і математичного моделювання відіграють важливу роль у підготовці студентів спеціальності «Прикладна математика». Вони належать до загальних освітніх результатів, охоплюють особистісні характеристики, метапредметні компетенції та професійні знання, необхідні для ефективного застосування сучасних методів у практичній діяльності [1 – 4].

Завдяки стрімкому розвитку обчислювальних технологій, імітаційне моделювання стає одним із найважливіших інструментів для аналізу складних реальних процесів [5, 6]. У зв'язку з цим зростає потреба у модернізації інженерно-технічної і математичної освіти. Сьогодні навчання має бути спрямоване не лише на засвоєння теоретичних знань, а й на розвиток логічного мислення, освоєння методів математичного аналізу та формування навичок перетворення прикладних задач у комп'ютерні і математичні моделі.

Сучасна трансформація освіти, зумовлена суспільно-економічними запитами, робить пріоритетним розвиток практичних компетенцій студентів. Це передбачає не лише засвоєння знань, а й формування здатності ефективно застосовувати математичні методи у професійній діяльності.

Компетентність випускника – це його готовність використовувати здобуті знання для розв'язання реальних проблем. Освіта має бути побудована таким чином, щоб уже з першого року навчання студенти розуміли зв'язок дисциплін із майбутньою професією та перспективами розвитку суспільства.

Для досягнення вищого рівня компетентності необхідно систематично переглядати зміст освітніх програм, інтегруючи прикладні аспекти моделювання в навчальний процес. Це сприятиме підвищенню мотивації студентів та підготовці конкурентоспроможних фахівців.

Метою статті є:

- дослідження методологічних особливостей викладання імітаційного моделювання у вищій освіті, через впровадження у освітні компоненти, спрямовані на професійну підготовку студентів спеціальності F1 «Прикладна математика»;

- проведення аналізу структури та підходів до викладання імітаційного моделювання як у обов'язкових компонентах навчального плану, так і у вибіркових дисциплінах, інтегрованих для розширення професійних практичних навичок студентів;

- надання пропозицій рекомендаційного характеру щодо оптимізації навчального процесу із врахуванням специфіки дисципліни, рівня підготовки здобувачів освіти та сучасних тенденцій у сфері моделювання.

Виклад основного матеріалу. Розглянемо освітню програму «Комп'ютерне моделювання та технології програмування» за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти спеціальності «Прикладна математика» [9]. Згідно зі стандартом вищої освіти спеціальності «Прикладна математика» [10] у табл. 1 наведемо перелік загальних (ЗК) і фахових (ФК) компетентностей, що пов'язані з комп'ютерним, математичним, а також і з імітаційним моделюванням.

Ці компетентності охоплюють теоретичні засади, методи математичного аналізу, використання спеціалізованих програмних засобів та проведення експериментальних розрахунків. Вони створюють фундамент для успішного освоєння імітаційного моделювання, сприяючи розвитку аналітичного мислення, здатності формалізувати задачі та застосовувати математичні методи у практичних дослідженнях.

Навчальний план за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти спеціальності «Прикладна математика» освітньої програми «Комп'ютерне моделювання та технології програмування», включає широкий набір дисциплін, які формують фундаментальні та прикладні навички моделювання взагалі.

До обов'язкових компонентів професійної підготовки входять *Комп'ютерне моделювання систем та процесів* та *Комп'ютерні моделі динамічних процесів*.

Перелік загальних (ЗК) і фахових(ФК) компетентностей, що пов'язані з комп'ютерним, математичним та імітаційним моделюванням

Код компетентності	Компетентності, визначені стандартом вищої освіти
ЗК02	Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях, що включає роботу з математичними моделями та їхнє використання для аналізу реальних процесів.
ЗК06	Абстрактне мислення, аналіз та синтез, що є ключовими навичками для розробки імітаційних моделей та математичного прогнозування.
ЗК07	Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел, що допомагає знаходити дані для побудови моделей та перевіряти їхню достовірність
ЗК05	Здатність проведення досліджень на відповідному рівні, що включає експериментальне та аналітичне моделювання у наукових розробках
ЗК10	Навички у використанні інформаційних і комунікаційних технологій, оскільки моделювання часто здійснюється за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення та комп'ютерних симуляцій.
Діяльність із застосування математичних методів	
ФК03	Здатність обирати та застосовувати математичні методи для моделювання, аналізу, прогнозування та прийняття рішень.
Технологічна діяльність	
ФК09	Здатність до проведення математичного та комп'ютерного моделювання, аналізу та обробки даних, обчислювального експерименту.
Науково-дослідна діяльність	
ФК12	Здатність до пошуку, систематичного вивчення та аналізу науково-технічної інформації, пов'язаної із математичним моделюванням.
ФК14	Здатність формувати математичну постановку задачі, обираючи методи її розв'язання, що забезпечують необхідну точність і надійність результату.

Вибірковий блок охоплює дуже широкий спектр дисциплін, зокрема є група таких, що пов'язані з моделюванням безпосередньо: *Моделювання природничих процесів, Основи комп'ютерного моделювання, Основи теорії стійкості нейромережеских моделей, Моделювання природничих та техногенних процесів, Моделювання, аналіз та оптимізацію систем різної природи, Реконструювання математичних моделей процесів методом SINDy, Прийняття рішень в умовах невизначеності в бізнес-системах, Моделювання економетричних процесів, Моделювання бізнес-процесів в умовах конкуренції, Моделі багатокритеріальної оптимізації в бізнесі, Моделювання соціально-економічних процесів, а також Методи computer modeling and simulation.*

Опанування цих дисциплін потребує ґрунтовної математичної та програмної підготовки. Необхідною базою для їхнього освоєння є такі ключові предмети, як *Математичний аналіз, Дискретна математика, Математична статистика, Теорія ймовірності, Математична логіка, Математичні основи програмування, Методи оптимізації, Логістика, Програмування та Об'єктно-орієнтоване програмування*, які входять до блоку обов'язкових компонент циклу професійної підготовки.

Ці дисципліни забезпечують студентам глибоке розуміння математичних методів, аналітичних підходів та алгоритмів, які є основою моделювання складних систем, розробки програмного забезпечення та аналізу великих обсягів даних.

Такий набір дисциплін забезпечує студентам вільний вибір з одного боку, а з іншого – ґрунтовну математичну підготовку, спрямовану на практичне використання сучасних методів аналізу, прогнозування та оптимізації в різних галузях. Безперечно, імітаційне моделювання є невід'ємною складовою навчального процесу, впроваджуючись у робочі програми цих дисциплін. Викладання охоплює теоретичні засади, практичне опрацювання методів та детальний аналіз реальних процесів, що сприяє глибшому засвоєнню матеріалу та розвитку прикладних навичок.

В умовах воєнного часу навчальний процес організований у змішаному форматі, де основна частина занять проводиться дистанційно. Викладання як обов'язкових, так і вибірових дисциплін передбачає такі форми навчання як лекції, лабораторні та практичні заняття.

Теоретичний матеріал представлений у форматі комп'ютерних презентацій, що допомагає візуалізувати ключові концепції, сприяє кращому засвоєнню знань та підтримує зацікавленість студентів [2]. Під час лекцій застосовується контекстний та проблемний підхід, що дозволяє краще зрозуміти зміст дисциплін та їх практичне значення.

Для закріплення матеріалу після кожного розділу доцільно проводити тестування або контрольні роботи, які часто включають практичні завдання, що потребують розробки імітаційної моделі та проведення

відповідного комп'ютерного експерименту. Саме онлайн-формат створює комфортні умови для виконання таких експериментів.

Регулярна перевірка засвоєння здобувачами знань дозволяє налагодити зворотний зв'язок, своєчасно виявляти прогалини у засвоєнні матеріалу та коригувати зміст і методи навчання для підвищення ефективності освітнього процесу.

Треба відзначити, що сучасні системи моделювання майже звільняють дослідників від необхідності програмування, автоматично створюючи моделі на основі формалізованих схем [11 – 13, 15]. Ці схеми враховують параметри системи, зовнішні впливи та особливості її функціонування, що робить такий підхід перспективним для розвитку інструментів імітаційного моделювання.

Досвід світових і українських досліджень підтверджує ефективність спеціалізованих імітаційних мов [1], які використовуються в різних сферах. Сьогодні, майже жоден масштабний проєкт не обходиться без попереднього моделювання, адже це дозволяє мінімізувати ризики та підвищити точність прогнозування [6].

На сьогодні відомо дуже багато мов моделювання, що обумовлено різноманітністю класів моделюваних систем, цілей та методів моделювання. Саме прагнення спростити та прискорити процес створення моделей сприяло розвитку автоматизації програмування імітаційних моделей.

У навчальному процесі нами використовуються різні програмні засоби. Список їх систематично оновлюється. Ось найбільш застосовувані Aimsun [11], Ansys [12], AnyLogic [13], GPSS, NetLogo [14], Simulink [15],

Aimsun Next – програмний продукт, що забезпечує можливості багаторівневого моделювання: від мікроскопічного моделювання поведінки окремих транспортних засобів до макроскопічного аналізу мобільності в масштабі міста чи регіону. У навчальному процесі Aimsun Next активно застосовано для проведення симуляцій дорожнього руху, аналізу ефективності транспортної інфраструктури та оцінки наслідків впровадження різних транспортних стратегій. Це дозволяє інтегрувати теоретичні знання з практичним моделюванням, сприяючи глибшому розумінню принципів управління мобільністю.

Крім того, Aimsun може бути корисним у проведенні наукових досліджень і курсових робіт, де студенти аналізують реальні транспортні дані та розробляють оптимізаційні рішення для дорожніх мереж. Використання цього програмного забезпечення в навчальних програмах допомагає майбутнім фахівцям опанувати сучасні методи аналізу та прогнозування транспортних потоків, що є критично важливим у сфері інфраструктурного розвитку.

Імітаційне моделювання в Ansys використовується для аналізу складних фізичних процесів, дозволяючи інженерам прогнозувати поведінку систем у реальних умовах. Ansys підтримує дискретно-подієве моделювання, метод скінчених елементів (МСЕ) та мультифізичне моделювання, що дає змогу враховувати взаємодію різних фізичних явищ, таких як механічні навантаження, теплопередача та електромагнітні поля.

Ця технологія широко застосовується у автомобільній, аерокосмічній, медичній та електронній промисловості, допомагаючи оптимізувати конструкції, зменшувати витрати на розробку та підвищувати ефективність продуктів. Ansys дозволяє проводити віртуальні експерименти, що значно скорочує потребу у фізичних тестах, а також підтримує параметричне моделювання, що дає змогу швидко змінювати характеристики моделі та аналізувати їхній вплив на систему.

AnyLogic – програмне забезпечення для імітаційного моделювання, яке дозволяє створювати складні моделі бізнес-процесів, виробничих систем, логістики та соціальних явищ. Його головна особливість – підтримка трьох основних методів моделювання: системної динаміки, дискретно-подієвого моделювання та агентного моделювання, що дає можливість комбінувати різні підходи в межах однієї моделі, і робить AnyLogic універсальним інструментом для аналізу складних систем.

AnyLogic широко використовується у таких сферах, як виробництво, логістика, ринок та конкуренція, охорона здоров'я, телекомунікації та соціальні системи.

AnyLogic має інтуїтивно зрозумілий графічний інтерфейс, який дозволяє створювати моделі за допомогою drag-and-drop елементів, а також підтримує візуалізацію та анімацію процесів у 2D та 3D. Це робить його зручним для презентацій та аналізу результатів моделювання. Крім того, програмне забезпечення містить галузеві бібліотеки, які допомагають моделювати специфічні процеси, такі як транспортні потоки, виробничі лінії та поведінку пішоходів.

GPSS (General Purpose Simulation System) – це одна з перших і найвідоміших дискретно-подієвих імітаційних мов, розроблена IBM. Вона працює на основі подій, які відбуваються у визначені моменти часу, і використовує блокову структуру, де кожен блок представляє певну операцію або зміну стану системи. GPSS дозволяє моделювати складні процеси, такі як виробничі лінії, транспортні системи та логістичні мережі.

Сучасна версія GPSS – *GPSS World*, яка була створена у 1993 році, підтримує розширені можливості статистичного аналізу, автоматичне проведення експериментів та візуалізацію результатів моделювання. Вона використовується у різних галузях, включаючи виробництво, телекомунікації та транспорт, допомагаючи дослідникам та інженерам оптимізувати процеси та прогнозувати їхню поведінку.

NetLogo – це потужне середовище для багатоагентного моделювання, яке дозволяє створювати складні симуляції природних, соціальних та економічних процесів. Розроблене в Northwestern University, NetLogo використовує простий синтаксис, заснований на мові Logo, що робить його доступним для дослідників,

студентів та викладачів. Основна особливість NetLogo – можливість моделювати тисячі незалежних агентів, які взаємодіють між собою та з навколишнім середовищем, що дозволяє аналізувати складні системи та їхню еволюцію. Програмне забезпечення підтримує візуалізацію в реальному часі, що допомагає користувачам спостерігати за динамікою моделі та змінювати параметри для тестування різних сценаріїв. NetLogo широко використовується у біології, соціології, економіці, екології та освіті, а його бібліотека готових моделей дозволяє швидко розпочати роботу. Додатково, NetLogo підтримує HubNet, що дає змогу проводити інтерактивні симуляції для груп користувачів.

Simulink – це середовище для моделювання, симуляції та аналізу динамічних систем, яке інтегровано з MATLAB. Воно дозволяє інженерам і дослідникам створювати графічні блокові діаграми для проектування складних систем, тестувати алгоритми управління, проводити симуляцію в реальному часі та генерувати код для вбудованих пристроїв. Завдяки інтуїтивному графічному інтерфейсу користувачі можуть швидко розробляти та аналізувати математичні моделі, перевіряти їхню працездатність без необхідності у фізичному прототипі, що значно скорочує час та витрати. Simulink широко використовується в автомобільній промисловості, аерокосмічних технологіях, автоматизації, цифровій обробці сигналів та управлінні складними процесами, забезпечуючи ефективний інструмент для інженерних рішень.

У навчальному процесі Simulink використовується для викладання основ моделювання та симуляції динамічних систем, допомагаючи студентам візуалізувати математичні концепції та експериментувати з параметрами моделей. Він дозволяє легко налаштовувати й тестувати алгоритми управління, а також аналізувати поведінку систем у різних умовах. Крім того, завдяки можливості інтеграції з MATLAB, студенти можуть розробляти складні моделі та автоматизувати процеси, що робить Simulink важливим інструментом у технічній освіті.

Імітаційне моделювання відіграє ключову роль не лише в освітньому процесі, а й у науково-дослідницькій діяльності студентів, сприяючи розвитку аналітичного мислення та навичок моделювання складних систем. Воно формує основу для проведення фундаментальних та прикладних досліджень, дозволяючи студентам розробляти власні моделі та методики аналізу, що є важливим для вирішення сучасних технічних та управлінських завдань.

Багато випускників обирають імітаційне моделювання як напрям своїх кваліфікаційних робіт, адже воно надає можливість проводити глибокі дослідження та генерувати практичні рішення, які можуть бути застосовані в різних галузях науки і техніки. Використання цього підходу сприяє інтеграції математичного аналізу, комп'ютерних технологій і наукових методів, що є необхідним для підготовки фахівців, здатних до вирішення складних технічних завдань та оптимізації процесів у реальних умовах.

Застосування імітаційного моделювання також має вагоме значення у міждисциплінарних дослідженнях, де воно допомагає об'єднати знання з різних наукових сфер, таких як інженерія, економіка, міське планування та медична аналітика. Завдяки цьому студенти не лише здобувають теоретичні знання, а й розвивають практичні навички моделювання складних систем, що підвищує їхню конкурентоспроможність на ринку праці.

Висновки. Системний розвиток освітніх стандартів вищої освіти вимагає оновлення підходів до викладання дисциплін професійного циклу. У цьому контексті особливого значення набуває саме імітаційне моделювання як один із ключових інструментів аналізу та прогнозування. Також виправдане зростання значення прикладної математики у науці та технологіях зумовлює потребу в її подальшій інтеграції в навчальні програми університетів, що сприяє формуванню практично орієнтованих навичок у студентів. Тому пропонується:

- збільшити мотивацію студентів, поєднуючи теоретичні аспекти з реальними завданнями;
- розширити практичну складову теоретичних математичних дисциплін, інтегруючи реальні прикладні задачі;
- поглибити розуміння математичних принципів, демонструючи їхнє застосування у різних наукових та інженерних сферах.

Саме використання математичного моделювання як універсального методу дослідження надає студентам змогу розширити аналітичні навички, підвищити рівень математичної культури та навчитися ефективно працювати з інформаційними даними. Такий формат навчання є інноваційним, оскільки не лише модернізує зміст дисциплін, але й змінює методологію викладання, роблячи її більш практично спрямованою.

У якості висновків, можна сказати, що імітаційне моделювання відіграє ключову роль у сучасній освіті, забезпечуючи студентам необхідні професійні компетенції. Компетентнісний підхід дозволяє підготувати фахівців, які здатні працювати з математичними моделями у наукових та технічних сферах, а модернізація математичних дисциплін, заснована на прикладному використанні моделей, сприяє підвищенню мотивації та практичної підготовки студентів.

Таким чином, інтеграція імітаційного моделювання у навчальний процес є важливим кроком у підготовці кваліфікованих спеціалістів, які мають аналітичне мислення та здатність розв'язувати складні прикладні задачі, та готових до адаптації в умовах технологічних змін, виконання комплексних аналітичних завдань у різних галузях науки і техніки.

Список використаних джерел:

1. Прус А. В. Підходи, перспективи та траєкторії математичного моделювання в освіті / Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання в підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми. 2024. Вип. 71. С. 216–225. URL: <http://eprints.zu.edu.ua/id/eprint/39591>
2. Сердюк М. Є., Сафронова І. А., Зайцева Т. А. Особливості організації теоретичних онлайн-занять / Актуальні проблеми автоматизації та інформаційних технологій: збірник наукових праць. – Т. 26, 2022. – С. 87-95 DOI: <http://dx.doi.org/10.15421/432211>
3. Собчук В. В., Любченко В. О. Особливості викладання математичного моделювання в курсі вищої математики закладу вищої освіти для студентів технічних спеціальностей / Науковий вісник Кременецької обласної гуманітарно-педагогічної академії ім. Тараса Шевченка. – 2023. – № 16. – DOI: <https://doi.org/10.32782/2410-2075-2023-16.15>
4. Собчук В. В. та ін. Методологічні аспекти інтегрованості математичного моделювання в системі математичних дисциплін вищої школи // Теоретико-практичні проблеми використання математичних методів та комп'ютерно-орієнтованих технологій в освіті та науці: матеріали III Всеукр. конф. (Київ, 28 квіт. 2021 р.). – Київ, 2021. – С. 164–167.
5. Собчук В. В. та ін. Методологічні аспекти навчання математичного моделювання в системі університетської освіти / Interdisciplinary Studies of Complex Systems. 2022. № 21. С. 59–87. DOI: <https://doi.org/10.31392/iscs.2022.21.059>
6. Теоретичні та практичні аспекти використання математичних методів та інформаційних технологій в освіті і науці : монографія / за заг. ред. О. Литвин. – Київ : Київ. ун-т ім. Б. Грінченка, 2021. – 332 с.
7. Закон України «Про освіту» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19>
8. Закон України «Про наукову і науково-технічну діяльність» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://surl.li/inynvk>
9. Освітньо-професійна програма «Комп'ютерне моделювання та технології програмування», рівень вищої освіти бакалавр, спеціальність 113 Прикладна математика URL: <https://surl.li/iktawz> (дата звернення: 18.04.2025)
10. Стандарт вищої освіти України, перший (бакалаврський) рівень, 11 Математика і статистика, 113 Прикладна математика [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://surl.li/donpig>
11. Aimsun: Mobility intelligence for decisions that count [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.aimsun.com/> (дата звернення: 21.04.2025).
12. Ansys Free student software downloads [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.ansys.com/academic/students> (дата звернення: 21.04.2025).
13. AnyLogic: Simulation modeling software tools & solutions [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.anylogic.com/> (дата звернення: 21.04.2025).
14. NetLogo home page [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ccl.northwestern.edu/netlogo/> (дата звернення: 21.04.2025).
15. Simulink – Simulation and model-based design – MATLAB [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.mathworks.com/products/simulink.html> (дата звернення: 21.04.2025).

References:

1. Prus, A. V. (2024). Pidkhody, perspektyvy ta traiektorii matematychnoho modeliuvannia v osviti. Suchasni informatsiini tekhnolohii ta innovatsiini metodyky navchannia v pidhotovtsi fakhivtsiv: metodolohiia, teoriia, dosvid, problemy, (71), 216–225. <http://eprints.zu.edu.ua/id/eprint/39591>
2. Serdiuk, M. Ye., Safronova, I. A., & Zaytseva, T. A. (2022). Osoblyvosti orhanizatsii teoretychnykh onlain-zaniat. Aktualni problemy avtomatyzatsii ta informatsiinykh tekhnolohii, 26, 87–95. <https://doi.org/10.15421/432211>
3. Sobchuk, V. V., & Liubchenko, V. O. (2023). Osoblyvosti vykladannia matematychnoho modeliuvannia v kursy vyshchoi matematyky zakladu vyshchoi osvity dlia studentiv tekhnichnykh spetsialnostei. Naukovyi visnyk Kremenetskoï oblasnoï humanitarno-pedahohichnoï akademii im. T. Shevchenka, (16). <https://doi.org/10.32782/2410-2075-2023-16.15>
4. Sobchuk, V. V., et al. (2021). Metodolohichni aspekty intehrovannosti matematychnoho modeliuvannia v systemi matematychnykh dystsyplin vyshchoi shkoly. In Teoretyko-praktychni problemy vykorystannia matematychnykh metodiv ta kompiuterno-oriietovanykh tekhnolohii v osviti ta nautsi: Materialy III Vseukr. konf. (Kyiv, April 28, 2021) (pp. 164–167).
5. Sobchuk, V. V., et al. (2022). Metodolohichni aspekty navchannia matematychnoho modeliuvannia v systemi universytetskoï osvity. Interdisciplinary Studies of Complex Systems, (21), 59–87. <https://doi.org/10.31392/iscs.2022.21.059>
6. Lytvyn, O. (Ed.). (2021). Teoretychni ta praktychni aspekty vykorystannia matematychnykh metodiv ta informatsiinykh tekhnolohii v osviti i nautsi: Monohrafiia (p. 332). Kyiv: Kyivskiy natsionalnyi universytet im. B. Hrinchenka.

-
7. Verkhovna Rada of Ukraine. (2017). Zakon Ukrainy «Pro osvitu». <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19>
 8. Verkhovna Rada of Ukraine. (2018). Zakon Ukrainy «Pro naukovu i naukovo-tekhnichnu diialnist». <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/848-19/ed20180307#Text>
 9. Dnipro National University. (2020–2024). Osvitno-profesiina prohrama «Kompiuterne modeliuvannia ta tekhnolohii prohramuvannia», riven vyshchoi osvity bakalavr, spetsialnist 113 Prykladna matematyka. <https://surl.li/funden>
 10. Ministry of Education and Science of Ukraine. (n.d.). Standart vyshchoi osvity Ukrainy, pershyi (bakalavrskyi) riven, 11 Matematika i statystyka, 113 Prykladna matematyka. <https://surl.li/fjavmv>
 11. Aimsun. Mobility intelligence for decisions that count. <https://www.aimsun.com/>
 12. Ansys. Free student software downloads. <https://www.ansys.com/academic/students>
 13. AnyLogic. Simulation modeling software tools & solutions. <https://www.anylogic.com/>
 14. NetLogo home page. <https://ccl.northwestern.edu/netlogo/>
 15. Simulink – Simulation and model-based design – MATLAB. <https://www.mathworks.com/products/simulink.html>