

Keywords: *electronic educational resources, gaming technologies, mathematics, primary school, interactive platforms, mobile applications, individualization of learning, digital skills, gamification, critical thinking.*

DOI: <https://doi.org/10.31392/NZ-udu-158.2024.04>

УДК 378.091

Злагодах Д. О., Малежик М. П.

ВИКОРИСТАННЯ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПІД ЧАС ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ ІЗ ТЕХНІЧНИХ ДИСЦИПЛІН

У статті висвітлено розкриття сутності комп'ютерного моделювання в освітньому процесі, зокрема під час проведення лабораторних робіт. Це дослідження є особливо актуальним в умовах викликів сучасності, таких як пандемія та військово-політична ситуація в Україні.

Комп'ютерне моделювання пропонується як ефективна альтернатива до традиційних підходів під час проведення лабораторних робіт. Наводиться перелік і аналіз переваг, таких як доступність, економічність, гнучкість, наочність та ефективність в обробці результатів. Також підкреслюється важливість об'єктивної оцінки недоліків даного альтернативного підходу та перерахування деяких з них, таких як необхідність опанування спеціалізованого програмного забезпечення, володіння певними технічними компетентностями, обмежена реалістичність отриманих результатів та радикальність методології, що створює додаткові виклики при створенні нових освітніх програм та адаптації існуючих, а також їх впровадження серед консервативних освітян, які надають перевагу більш стабільним і перевіреним методам навчання.

Були наведені приклади середовищ комп'ютерного моделювання та метрики оцінювання моделей, а також алгоритм підбору оптимального програмного забезпечення для робіт з використанням комп'ютерного моделювання. Алгоритм передбачає формування та встановлення критеріїв підбору ПЗ, а також методи додаткової фільтрації для відсіювання менш ефективних опцій на користь оптимальної меншості.

Також стаття розглядає різні методи впровадження моделювання у процес навчання, даючи коротку характеристику до кожного з наведених, такі як інтеграція, підвищення кваліфікації, розробка спеціалізованих матеріалів, хмарні технології, підтримка спільнот тощо.

Враховуючи стрімкий зріст комп'ютерних технологій, окрім огляду впровадження комп'ютерного моделювання у освітній процес, слід розглянути його інтеграцію з існуючими провідними комп'ютерними технологіями, такими як штучний інтелект, віртуальна/доповнена реальність, розвиток і адаптація комп'ютерного зору, обчислення з використанням хмарних технологій.

Розвиток таких комп'ютерних технологій як штучний інтелект, машинне навчання, цифрові двійники, технології віртуальної та доповненої реальності, а також автономних систем, веде до висновку про перспективність опанування комп'ютерного моделювання та розробки освітніх програм з його впровадженням.

При всіх недоліках комп'ютерного моделювання, перелік його переваг, перспективність та здатність відповідати викликам сучасності робить цей підхід вдалою альтернативою

традиційному підходу та вартим подальшого розвитку і впровадження у сучасних освітніх програмах.

Ключові слова: комп'ютерне моделювання, цифровізація, комп'ютерні науки, освітній процес, здобувач освіти, педагог

Немає сумнівів, що пандемія, яка почалася з 2020 року, скоїла значний, в більшості негативний, вплив на всі сфери людського життя. Тим не менш, у всьому можна знайти корисні моменти і ця подія не виняток. Людство відкрило для себе нові форми та методи здобування освіти та знань, зокрема з поглибленим використанням комп'ютерного моделювання [1, с. 11]. Наразі питання вищезгаданої пандемії не стоїть так гостро (якщо ще досі актуальне), але, на мою думку, варто активно переймати набуті досвід та навички і використовувати їх у традиційній очній формі навчання, зокрема під час проведення лабораторних робіт. У контексті з Україною, також серйозним фактором є військово-політична ситуація в країні, що створює додаткові виклики для освітнього процесу. Бойові дії, навіть на тилових територіях, змушують навчальні заклади адаптуватися до викликів при забезпеченні безперервного навчання за таких складних обставин. Тому необхідність у впровадженні гнучких та інноваційних підходів, таких як комп'ютерне моделювання, здатне забезпечити якісну освіту, зокрема у дистанційному форматі.

Метою статті є обґрунтування гнучких та інноваційних підходів у формі аналізу переваг та недоліків комп'ютерного моделювання в освітньому процесі.

Приступаючи до вирішення такого завдання, насамперед потрібно розуміти, що комп'ютерне моделювання представляє собою альтернативу традиційному підходу до проведення лабораторних робіт [2, с. 18]. Традиційний підхід передбачає використання відповідних для лабораторної роботи пристроїв, приладів та матеріалів. Тобто, окрім закріплення теоретичних навичок, можливе набуття значних, практичних. Зокрема для майбутніх бакалаврів з комп'ютерних наук комп'ютерне моделювання є особливо важливим, оскільки воно дозволяє студентам розвивати вміння, що безпосередньо пов'язані з їхньою майбутньою спеціальністю. Це передбачає навички роботи з програмним забезпеченням для моделювання, засвоєння алгоритмів та структур даних, здатність аналізувати та інтерпретувати отриманні результати. Донедавна для деяких дисциплін (наприклад, фізика) було немислимо проводити лабораторні роботи без використання різноманітних вимірювальних приладів. Це є особливо актуальним в умовах швидкого розвитку технологій, де адаптація до нових інструментів, методів та підходів є ключовою компетенцією серед майбутніх ІТ фахівців.

Серед багатьох переваг комп'ютерного моделювання [3, с. 111], виділяються такі:

- **Безпечність.** Хоча у більшості випадків, лабораторні влаштовані таким чином, щоб не наражати студентів на небезпеку, варто зазначити, що комп'ютерне моделювання практично виключає фактори ризику, наявні при

традиційному форматі. Кислотні розчини, струм тощо, більше не становитимуть загрози для тих, хто опановує технічні науки методами комп'ютерного моделювання [5];

- **Доступність.** Як раніше було зазначено, традиційний підхід для проведення лабораторних робіт передбачає використання певних приладів, що також на практиці впливає у облаштуванні цілого приміщення для проведення робіт. Традиційний підхід це про постійність місця проведення. Для комп'ютерного моделювання достатньо мати комп'ютерний пристрій з відповідним програмним забезпеченням. Комп'ютер це універсальна річ на відміну від спеціалізованих пристроїв та матеріалів для лабораторних робіт, тому велика вірогідність наявності його у будь-якому закладі та домі, що залишає лише питання встановлення ПЗ. У випадку з ноутбуком очевидною перевагою буде мобільність, яка розширює освітній потенціал. Наприклад, це дозволить виконувати роботи дистанційно, що особливо актуально для ситуації в Україні на момент написання статті [3, с. 111];

- **Економічність.** В матеріальному плані переваги комп'ютерного моделювання очевидні: вартість одного лабораторного набору приладів може сягати вище за бюджетний ноутбук та ПЗ. Окрім того, як раніше було зазначено, комп'ютер – це універсальний пристрій, тому його користь за вкладені кошти може бути вартою більше, ніж спеціалізовані прилади/матеріали для лабораторних робіт. Виключається можливість матеріальних втрат внаслідок недбалої/недобросовісної роботи – псування, надлишкового використання матеріалів тощо, а також у витратах на обслуговування та закупівлі розхідних матеріалів/запчастин [3, с. 109];

- **Гнучкість** досліджень. Середовище для комп'ютерного моделювання дозволяє відносно швидко змінювати умови та параметри експериментів, оскільки не потребує додаткових дій для підготовки до експерименту – налаштування приладів, усунення можливих наслідків проведення попередніх робіт тощо.

Важливим фактором є можливість підключення та використання хмарних ресурсів. Слід відзначити, що багаторазове масштабування, яке у випадку з традиційним підходом пов'язане з матеріальними та економічними чинниками, в нашому випадку стає теоретично необмеженим [4, с. 151];

- **Віртуальна наочність.** Прийнято вважати, що наочність – це про традиційний підхід, але існують деякі складні процеси і явища, які важко (якщо взагалі можливо) спостерігати неозброєним оком, в таких ситуаціях стає у нагоді модельована візуалізація. Комп'ютерне моделювання дозволяє досліджувати внутрішні процеси, наприклад, проходження струму по провіднику, форма сигналу тощо [4, с. 152];

- **Ефективність** обробки результатів. Розумно налаштована система дозволяє швидко, автоматично збирати та обробляти отримані результати та відносно швидко проводити експерименти різних масштабів [3, с. 111].

Отже, комп'ютерному моделюванню притаманні такі особливості як доступність, безпечність, економічність, гнучкість, наочність та ефективність в

обробці результатів, але присутні й такі, що потребують уваги для ефективного впровадження моделювання в освітні програми. Умовою формування цільної думки з приводу комп'ютерного моделювання окрім огляду численних переваг є також оцінка деяких недоліків та обмежень предмету обговорення, які впливають на ефективність навчального процесу [6, с. 32]. Виділимо одні з найбільш доречних, котрі слід враховувати при створенні інтеграцій навчальних програм з комп'ютерним моделюванням:

- **Компетентність у використанні ПЗ.** Для підходів з використанням комп'ютерного моделювання є явна потреба у наявності навичок роботи за комп'ютером та програмним забезпеченням, що в певних випадках може стати викликом при впровадженні комп'ютерного моделювання в освітній процес. Хоча для студентів прийдешніх поколінь, зокрема на спеціальностях, пов'язаних із комп'ютерними науками, наявність базових навичок роботи з комп'ютером є очікуваною, спеціалізоване ПЗ потребуватиме додаткових зусиль в опануванні. Подібно до мови програмування, процес опанування потребує часу, зосередження і певного рівня технічної компетентності, тому комп'ютерне моделювання є більш оптимальною опцією для студентів технічних спеціальностей (зокрема, "Комп'ютерні науки");

- **Спрощення процесів, ідеалістичність результатів.** Ще із загального курсу фізики ми були навчені тому, що теорія та практика хоча тісно пов'язані, можуть мати критичні розбіжності, зокрема в отриманих результатах. Моделювання це про теорію, традиційний підхід це про практику. В першому випадку, результати будуть ідеальними без штучного формування похибки, а в другому, результати автоматично врахують всі явні та неявні зовнішні чинники, які можуть бути неконтрольованими експериментатором;

- **Радикальність методології.** Як раніше було зазначено, комп'ютерне моделювання є альтернативою до традиційного підходу. Чимало освітніх програм, створених на основі комп'ютерного моделювання, є скоріше експериментальними або перехідними, ніж усталеними. Відсутність явних, перевірених часом фундаментальних програм, на які розробники освітніх програм могли б спиратися так само, як у випадку із традиційним підходом, ставить під сумнів потенціал цієї альтернативи в якості повноцінної заміни традиційному підходу. Це також ускладнює процес впровадження серед консервативних освітян, котрі звикли до більш стабільних і перевірених методів навчання.

З розвитком інформаційних технологій було створено багато ресурсів моделювання для різноманітних задач. В якості прикладів застосування комп'ютерного моделювання в лабораторних роботах, нижче деякі з тих, в роботі з котрими нами набутий певний досвід:

- **Симуляції PhET** – різноманітні експерименти для лабораторних робіт із фізики, хімії, математики та біології;

- **MATLAB, Mathcad** – окрім очевидної користі в математичних розрахунках різної складності, також використовуються при моделюванні сигналів;

- **Electronics Workbench, Simulink** – моделювання роботи електричних кіл та схем різного рівня складності;

- **Proteus** – система автоматизованого проектування, що використовується для моделювання електросхем та мікроконтролерів;

- **TinkerCAD** – онлайн-програма для моделювання, здатна емулювати роботу таких інтегрованих середовищ розробки як Arduino Software.

Варто зазначити, що нерідко такі середовища моделювання, через їх потенційну функціональність, можуть бути використані у відмінних від первісного призначення цілях, що робить їх вивчення для допитливого науковця ще більш цікавим.

Незважаючи на те, що комп'ютерне моделювання має суттєві недоліки (складність опанування програмного забезпечення, віртуальність результатів тощо), плюси значно переважають мінуси. Комп'ютерне моделювання є значно безпечнішим, доступнішим, економічнішим, гнучкішим та ефективнішим способом проведення лабораторних робіт, також у деяких випадках в наочності не поступається традиційному підходу. Важливою ознакою зростаючого успіху комп'ютерного моделювання є значне різноманіття створених середовищ моделювання.

З вищенаведеного можна дійти висновку, що значимість комп'ютерного моделювання у майбутньому лише зростатиме, зокрема у сфері освіти. Коштовність спеціалізованих приладів та надання переваги різноманітним гаджетам переводить традиційний підхід до лабораторних робіт практично на рівень, доступний для студентів, майбутніх фахівців ІТ. Тому можна вважати, що надання переваги моделюванню є найбільш практичним рішенням для ефективного налаштування освітньої системи [3, с. 113].

Отже, ми сформувавши певні висновки з приводу очевидної важливості і користі комп'ютерного моделювання, зокрема в лабораторних роботах. Надалі необхідно систематизувати методологічний аспект розглянутого питання [7, с. 168]. По-перше, необхідно визначити цілі та завдання – що здобувачі освіти повинні знати та вміти після успішного виконання роботи, і власне конкретний порядок дій, виконання яких дозволяє вважати лабораторну виконаною. Аналогічно з традиційними лабораторними роботами, критичним є підбір відповідного “обладнання”, тобто програмного забезпечення; таким чином, MATLAB буде найкращою опцією для більш абстрактних математичних завдань, а Proteus для більш конкретних задач зі схмотехніки. Також має місце підготовка до використання самого програмного забезпечення. Цей крок варто виконувати як студентам, так і викладачам: мають бути наведені покрокові інструкції щодо використання програмного забезпечення, необхідного для виконання лабораторної роботи; готові приклади моделей, які можна використати у якості шаблонів; і нарешті, самі практичні завдання, які треба виконати. Лабораторні з використанням комп'ютерного моделювання, в багатьох методологічних аспектах, схожі на традиційні аналоги, зокрема як і у випадку з останніми, заняття варто організовувати таким чином, щоб була можливість працювати як індивідуально, так і в групах. Класичне чергування

самостійних/групових завдань позитивно сприятиме синтезу знань та навичок із обраної галузі. Методи активного навчання, в цілому, теж не відрізняються від традиційного підходу: дискусії, обговорення результатів, аналіз, проєктування, виконання практичних завдань тощо. У якості оцінювання результатів роботи підійдуть вже відпрацьовані системи: тестування для перевірки теоретичних знань; практичні завдання для оцінки сформованих практичних навичок; довгострокові проєкти для підсумкового оцінювання значного періоду навчання (наприклад, семестр, курс, ступінь тощо). Також проведення додаткових консультацій та залучення студентів до обговорення предмету вивчення у повсякденному житті може дієво та позитивно вплинути на якість освітнього процесу.

Одним із важливих аспектів будь-якої сучасної навчальної програми можна вважати адаптивність. Хоча залишається ризик в тому, що надмірна адаптація може створити значне відхилення від рівню стандарту в гіршу сторону, що відповідно призводить до низькоякісного формування знань та навичок здобувача освіти, адаптація зазвичай виявляється універсальним гарантом того, що принаймні базовий рівень знань з обраного курсу буде забезпечений. Тим не менш, для ефективності процесу, варто впевнитись в доцільності адаптації для конкретного випадку. Це реалізуємо шляхом якісного оцінювання та контролю знань, завдяки тестам та опитуванням, одним з найпоширеніших методів для оцінки знань. Тестування до заняття дозволить визначити початковий рівень студента, після заняття визначити результат проведеної роботи. Окрім оцінки власних знань студента стосовно теми, важливим є і вміння аналізувати результати моделювання, їх точність та ефективність. В цьому здатні допомогти різноманітні метрики оцінювання моделей [8], наприклад:

- **Матриця плутанини (Confusion Matrix)** – оцінка точності класифікаційних моделей, показує кількість вірних та хибних класифікацій для кожного класу;

- **Корінь середньоквадратичної помилки (Root Mean Square Error, RMSE)** – оцінка точності регресійних моделей, показує середню величину помилки між прогнозованими та істинними значеннями;

- **Крос-валідація (Cross Validation)** – оцінка стабільності та узагальнення моделі, включає поділ даних на навчальні та тестові сеті, що дозволяє перевірити точність моделі на різних підмножинах даних.

Для більш поглибленого контролю, можна використати моделі для оцінювання самого навчального процесу [9], наприклад:

- **Модель Кіркпатріка (Kirkpatrick Model)**: складається з чотирьох рівнів – реакція, навчання, поведінка, результат. Така конструкція є дієвою, якщо потрібно оцінити задоволеність студентів, їх рівень засвоєння знань, змін в поведінці та досягнення академічних завдань;

- **Модель CIRO (Context, Input, Reaction, Outcome)** – розшифровується з англійської як “контекст, вхідні дані, реакція та результат”, передбачає оцінку вищенаведених факторів, з уточненням що реакція студентів та результатів

навчальної роботи. Ця модель здатна забезпечити комплексний підхід до оцінки навчальних програм (їх ефективності, актуальності, доцільності тощо).

Ретельно сформувавши засади для якісного оцінювання з метою забезпечення адаптивності, також важливо вміти правильно підібрати відповідне програмне забезпечення для тієї чи іншої лабораторної роботи тому що як раніше зазначалося, вірний підбір програмного забезпечення при моделюванні є критичним та може створити зайвий прошарок ускладнень в опануванні навчальної програми при невдалому виборі.

Пропонуємо алгоритм підбору оптимального програмного забезпечення (рис. 1):

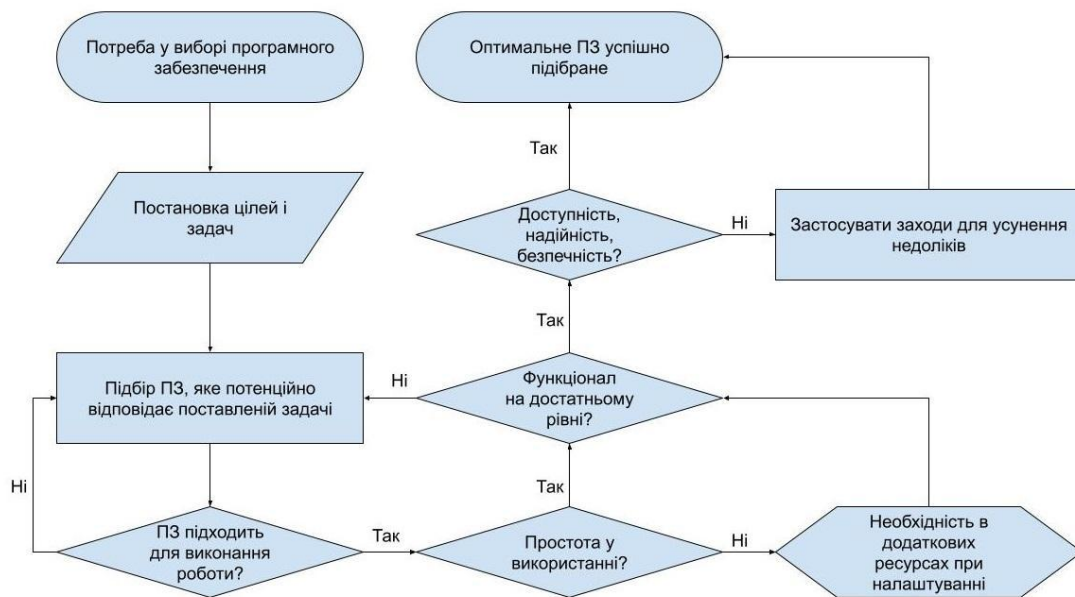


Рис. 1. Алгоритм підбору оптимального програмного забезпечення для робіт з використанням комп'ютерного моделювання

- **Потреба у виборі програмного забезпечення.** Очевидним першим кроком є встановлення необхідності у підборі програмного забезпечення. Комп'ютерне моделювання без ПЗ неможливе, відповідно, підбір оптимального ПЗ є критичною складовою;

- **Постановка цілей і задач.** Необхідно чітко поставити мету та очікувані результати, які виконавець має досягти під час виконання лабораторної роботи;

- **Підбір програмного забезпечення, яке потенційно відповідає поставленій задачі.** На цьому етапі відбувається перебір опціями на кшталт мозкового штурму – збирається якомога більше варіантів, які так чи інакше можуть забезпечити виконання роботи. Наприклад, для математичних розрахунків може підійти як MathCad, так і MATLAB;

- **Перевірка програмного забезпечення на відповідність поставленим задачам.** Після збору потенційних варіантів, наступним логічним кроком є відсіювання відібраних опцій за здатністю виконувати

конкретні задачі, які диктують умови лабораторної роботи. По-перше, важливо впевнитись у реальній здатності ПЗ виконувати конкретні задачі. Ознайомитися і протестувати, спробував виконати елементарну вправу, типові приклади. Зазвичай, до кожного ПО в Інтернеті можливо знайти достатньо інформації принаймні для опанування основ експлуатації;

• **Простота у використанні.** Цей пункт є бажаним, але не обов'язковим. Перевага простоти прямолінійна – користувачу не доведеться докладати зайвих зусиль та ресурсів при налаштуванні, підготовці та виконанні робіт;

• **Функціональність.** Кожне ПЗ так чи інакше вимагає певних зусиль в опануванні та використанні, відповідно, окрім здатності виконувати поставлені конкретні задачі, варто враховувати перспективність, потенціал обраного ПЗ, тобто здатність виконувати потенційні тематичні завдання, які можуть виникнути в майбутньому. Цей етап є вдалою нагодою для фільтрації надлишкових опцій, які пройшли базові етапи;

• **Доступність, надійність, безпечність.** Це пункт можна розбити на три:

Доступність. Важливо впевнитись, що комп'ютерна конфігурація, на якій планується встановлення ПЗ, відповідає принаймні мінімальним заявленим вимогам розробника, бажано оптимальним, для комфортної роботи. Зазвичай, конфігурації із сучасним центральним процесором та твердотілим накопичувачем достатньо для більшості програм.

Також, необхідно врахувати фінансовий аспект. За різноманітними чинниками ПЗ може розповсюджуватись різними способами, з офіційних джерел: безкоштовно, умовно-безкоштовно, ліцензія, підписка тощо. Надавайте перевагу офіційному та безкоштовному ПЗ, якщо воно успішно пройшло попередню фільтрацію. Існують також неофіційні джерела, які дозволяють завантажити будь-який варіант безкоштовно, але до них звертатися не рекомендується, лише у виключному порядку (наприклад, потрібне ПЗ офіційно більше не підтримується).

Надійність. Як із будь-яким іншим застосунком, програма повинна бути надійною у використанні, видавати вірні, передбачувані результати за належної експлуатації. Користувач не повинен відволікатись на баги, недоліки (нестабільна робота функцій, інструкцій, необхідність частих перезапусків застосунку тощо) і мати можливість повністю сконцентруватись на роботі.

Безпечність. При виборі джерел для завантаження програмного забезпечення дотримання кібербезпеки [10] є критичним фактором. В залежності від джерел завантаження, зловмисники вже на етапі завантаження можуть інфікувати комп'ютер користувача, а завантажений файл може взагалі не мати нічого спільного з потрібною програмою і слугує лише носієм різноманітних комп'ютерних вірусів. Відповідно, варто уникати неофіційних (піратських) джерел при завантаженні ПЗ, надавати перевагу лише офіційним, перевіреним джерелам. Будьте уважними під час веб-пошуку, звертайте увагу на URL-адресу, оскільки зловмисник також може маскувати свій шкідливий ресурс під офіційний.

Якщо з будь-яких причин немає можливості завантажити з офіційних

джерел, розгляньте більш популярні аналоги з офіційною підтримкою або впевніться у наявності сучасної, потужної антивірусної системи, яка дозволить мінімізувати ризики. ПЗ, завантажене з неофіційних джерел, важливо тримати на контролі, перевіряти файли на наявність шкідливих сигнатур (вірусів) на всіх етапах роботи (завантаження, запуск, робота, завершення роботи тощо) та звертати увагу на поведінку в процесах комп'ютера під час запуску/роботи застосунку. Потрібно розуміти, що свідомо обравши таке рішення, особа несе повну відповідальність за наслідки, які воно може спричинити (втрата/витік конфіденційної інформації, даних, контролю над комп'ютером тощо).

- **Остаточний вибір програмного забезпечення.** Після перебору та багатьох вищенаведених етапів фільтрації, в подальших додаткових діях немає практичного сенсу. На цьому етапі закріплюється вибір ПЗ.

З вищенаведеного можна дійти висновку, що за всіх наявних переваг, комп'ютерне моделювання потребує певних вкладень, як матеріальних, так і нематеріальних. Не виключенням є власне навички самих студентів та викладачів, які можуть знадобитися при використанні/опануванні середовища моделювання. Незважаючи на стрімкий зріст комп'ютерних технологій та активного їх використання соціумом, в загальних освітніх програмах бракує адекватного обсягу матеріалу для підняття комп'ютерної освіченості, здобуття базису для успішної роботи з використанням комп'ютерного моделювання лежить повністю на людині разом із вивченням самих середовищ моделювання, з якими вона працюватиме. Відповідно, варто розглянути варіанти поглибленого впровадження комп'ютерного моделювання в процесі навчання:

- **Інтеграція в програми.** Цей пункт передбачає введення комп'ютерного моделювання у навчання на всіх рівнях освіти, тобто від школи до університету. Серед різноманіття наявних програм можна відносно легко знайти для конкретної задачі. Наприклад, середа програмування Scratch дозволить учням початкових-середніх класів ознайомитися з логічними конструкціями, розвинути критичне мислення і логіку [11]. Людині, яка зі шкільних років отримувала адекватну ІТ-базу, буде набагато легше опанувати та використовувати більш вузькоспеціалізовані та складні середовища під час навчання в університеті;

- **Підвищення кваліфікації викладачів.** Навчальний процес, очевидно, – це не тільки про студентів, але й про викладачів, відповідно, має сенс забезпечення викладацького складу, який буде працювати з комп'ютерним моделюванням, тематичними заходами підвищення кваліфікації – курси, тренінги, семінари тощо. Це можуть бути як заходи для опанування ПЗ, так і консультації по впровадженню моделювання у освітній процес;

- **Розробка спеціалізованих матеріалів.** Збірники, інструкції, приклади тощо – такі концентровані, конкретизовані джерела інформації нададуть можливість студентам швидше освоїти нову технологію, адаптуватись і успішно виконувати завдання лабораторних робіт;

- **Хмарні технології.** За обмеженого доступу (наприклад,

місцезнаходження, недостатня потужність комп'ютера користувача), хмарні платформи можна використовувати з метою забезпечення доступу до необхідного програмного забезпечення та потужних обчислювальних ресурсів;

- **Підтримка спільнот.** Створення та підтримка тематичних форумів, спільнот у соціальних мережах тощо створить продуктивну середу для обміну ідеями, досвідом, думками з приводу обраної теми. Такий формат забезпечує невимушене, органічне підвищення кваліфікації в роботах з використанням комп'ютерного моделювання як у викладачів, так і студентів.

Зі зростом комп'ютерних технологій, доцільно також розглянути варіанти не тільки поглибленого впровадження комп'ютерного моделювання у освітній процес, але й потенційних інтеграцій з існуючими сучасними комп'ютерними технологіями, які можуть слугувати логічним етапом розвитку комп'ютерного моделювання в освітньому процесі:

- **Штучний інтелект (ШІ).** Інтеграція штучного інтелекту у навчальному процесі, зокрема з комп'ютерним моделюванням, забезпечить адаптивний розвиток моделей та збільшення їх точності. На відміну від людини, ШІ здатний швидко, автоматично аналізувати обсяги даних у значних масштабах, аналогічно з людиною виявляти закономірності, робити прогнози. Теоретично, ШІ може навіть перевершувати людину на абстрактному рівні, поступаючись хіба що творчою складовою. Відповідно, такий потужний інструмент варто принаймні розглянути як опцію для інтеграції;

- **Віртуальна/доповнена реальність (VR/AR).** Інтеграція з такими технологіями це скоріше питання найближчого майбутнього, ніж практичного теперішнього. Впровадження даної інтеграції буде занадто для багатьох навчальних закладів, але тим не менш, варто розглядати ці технології як логічну еволюцію в комп'ютерному моделюванні та моделюванні в цілому. Добре спроектоване середовище моделювання у віртуальній реальності може значно покращити наочний компонент навчання. Наприклад, комп'ютерна гра PC Building Simulator дозволяє не тільки змоделювати роботу комп'ютера з певними комплектуючими у віртуальній реальності (VR), але й прийняти участь у збірці самого заліза у логічну, функціональну структуру. Таким чином, користувач здобуває практичні навички без ризику псування комплектуючих, які можуть зазнати пошкоджень під час навчального процесу (невірне встановлення, експлуатація тощо);

- **Розвиток і адаптація комп'ютерного зору (CV).** Цей пункт є розширенням попереднього та в певній мірі першого, передбачає розвиток аспекту віртуальної реальності шляхом навчання штучного інтелекту для покращення ефективності розпізнавання об'єктів, рухів, інтерпретації жестів тощо. Це може значно покращити взаємодію користувача з віртуальним середовищами;

- **Обчислення з використанням хмарних технологій.** Варто наголосити, що окрім мобільності, сервери з використанням хмарних технологій зазвичай дуже потужні і здатні виконувати обчислення за всіма параметрами складніші, аніж доступні для пересічного користувача на власному комп'ютері.

Логічно вважати, що комп'ютерне моделювання необхідно використовувати, зокрема у навчальному процесі і що воно буде надалі зазнавати стрімкого розвитку, отже, окрім формування засад для сучасних освітніх програм, корисним буде спекуляція на тему напрямів подальшого розвитку комп'ютерного моделювання і враховувати це при складанні нових, які передбачають використання комп'ютерного моделювання:

- **Штучний інтелект (AI) та машинне навчання (ML).** Можливості нейромереж невпинно зростають і навіть сьогодні ігнорування цих технологій здатне залишити позаду людину, яка навчається або працює в сфері ІТ. Наразі будь-які спроби зупинки розвитку цього напрямлення є суто штучними (наприклад, у результаті законотворчості). Отже, для конкурентоспроможності нових навчальних програм в майбутньому, варто очікувати поширення використання цих технологій;

- **Цифрові двійники.** З наявним сучасним ПЗ для рендерингу людство вже має змогу доволі точно відтворювати об'єкти реального світу у віртуальному, а також завдяки технології 3D-принтерів, виконувати зворотній процес. Важко уявити більш автентичну модель, ніж копія існуючого об'єкта, відповідно, розвиток цифрових двійників може бути логічним відгалуженням комп'ютерного моделювання, яке зазнає значного розвитку в майбутньому;

- **Розширення функціоналу технологій віртуальної та доповненої реальності (VR/AR).** Дані технології в нинішньому стані є доволі обмеженими у використанні, імерсивність наразі залишається недосконалою, оскільки користувач все ще чітко відчуває, що він керує з перспективи суб'єкта, а не себе. Рендерна спроможність як в кількісному, так і в якісному аспекті, поступається більш звичним рендерам з використанням звичного комп'ютерного інтерфейсу, оскільки у випадку останнього немає необхідності приділяти додаткові ресурси на відображення об'єктів у віртуальній реальності. Рендеринг найбільш автентичних та масивних моделей у VR-середовищі залишається доступним у кращому випадку лише для надпотужних комп'ютерних систем, що автоматично вилучає цю опцію як широкодоступну. Тим не менш, технічний прогрес не стоїть на місці, технології зазнають збільшення потужності та функціоналу, стають більш доступними та оптимізованими;

- **CAD-технології.** Розшифровується як computer-aided design і означає формування генеративного дизайну за допомогою комп'ютера. Це шлях, який можна вважати скоріше альтернативним тим тенденціям, наведеним вище, тобто коли фокус зміщується з точності моделі, на кількість, швидкість створення та відтворення, хоча і не повністю відмовляється від якомога вищих якісних параметрів. Ця технологія базується на вивченні існуючих прикладів моделей та прогнозування при утворенні нових, що в результаті призводить до відносно швидкої генерації нових моделей, а аспект постійного навчання з використанням нейромереж, подбає про дотримання якісних стандартів у результаті генерації;

- **Автономні системи.** В деяких випадках, штучний інтелект вже здатний

симулювати людину у спілкуванні і здатний підтримати розмову, тому логічно, що із розвитком ШІ можливий розвиток автономних систем. Такі системи могли б не тільки чітко та якісно виконувати запити користувача, але й після накопичення достатнього контексту, вказувати на помилки та пропонувати коригування до недосконалих моделей/систем.

Отже, цей напрям є актуальним, подальші дослідження є необхідними для технологічного та наукового прогресу. Можливості в комп'ютерному моделюванні роблять його дуже корисною (якщо не незамінною) річчю у навчальних програмах та практично будь-яких інтелектуальних, наукових роботах. Відповідно, важливо більш активно залучати різноманітні ПЗ, додатки, зокрема створювати нові та покращувати існуючі. Переваги, перспективність та здатність відповідати потребам та викликам сучасності робить цей підхід вартим подальшої розробки і впровадження в сучасних освітніх програмах.

Використана література :

1. Кухаренко В. М., Бондаренко В. В. Екстрене дистанційне навчання в Україні : монографія / за ред. В. М. Кухаренка, В. В. Бондаренка. Харків : Вид-во КП "Міська друкарня", 2020. 409 с.
2. Теплицький І. О. Елементи комп'ютерного моделювання : навчальний посібник. Кривий Ріг : КДПУ, 2010. 264 с.
3. Литвинова С. Г. Модель використання системи комп'ютерного моделювання для формування компетентностей учнів з природничо-математичних предметів. *Фізико-математична освіта*. 2019. Вип. 1 (19). С. 108-115. DOI: 10.31110/2413-1571-2019-019-1-017
4. Слободяник О. В. Комп'ютерні моделі у навчанні фізики як засіб реалізації STEM-освіти. *Фізико-математична освіта*. 2018. Вип. 4 (18). С. 149-153. DOI: 10.31110/2413-1571-2018-018-4-025
5. Дементієвська Н. П. Сайт інтерактивних симуляцій Phet як надійне і безпечне середовище для формування компетентностей учнів у природничо-математичних науках. *Звітна наукова конференція Інституту інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України* : збірник матеріалів наукової конференції. Київ, 2018. С. 139-141 URL : <http://lib.iitta.gov.ua/711803/2/Dementievskazvconf2018.pdf>
6. Мерзликін О. В. Хмарні технології як засіб формування дослідницьких компетентностей старшокласників у процесі профільного навчання фізики : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.10 / Інститут інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України. Київ, 2016. 341 с.
7. ERIC. Використання комп'ютерного моделювання в навчальному процесі (Methodical Approaches to Teaching of Computer Modeling). URL : <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1070807.pdf>. С. 168.
8. Data Science Central. 11 Important Model Evaluation Techniques Everyone Should Know. [Електронний ресурс]. URL : <https://www.datasciencecentral.com/7-important-model-evaluation-error-metrics-everyone-should-know/>
9. Whatfix. Training Evaluation Models. URL : <https://whatfix.com/blog/training-evaluation-models/>
10. Microsoft. Що таке кібербезпека? URL : <https://www.microsoft.com/uk-ua/security/business/security-101/what-is-cybersecurity>
11. Carleton College. Using Computer Models to Teach Complex Systems. URL : https://serc.carleton.edu/NAGTWorkshops/complexsystems/computer_modeling.html

References :

1. Kukharenko V. M., Bondarenko V. V. (2020). Ekstrene dystantsiine navchannia v Ukraini : monohrafiia [Emergency distance learning in Ukraine : monograph] / za red. V. M. Kukharenka, V. V. Bondarenka. Kharkiv : Vyd-vo KP "Miska drukarnia". 409 s. [in Ukrainian].
2. Teplytskyi I. O. (2010). Elementy kompiuternoho modeliuvannia : navchalnyi posibnyk [Elements of computer modeling: a study guide]. Kryvyi Rih : KDPU. 264 s. [in Ukrainian].

3. Lytvynova S. H. (2019). Model vykorystannia systemy kompiuternoho modeliuвання dlia formuvannia kompetentnosti uchniv z pryrodnycho-matematychnykh predmetiv [A model of using a computer simulation system for the formation of students' competencies in science and mathematics subjects]. *Fyzyko-matematychna osvita*. Vyp. 1 (19). S. 108-115. DOI: 10.31110/2413-1571-2019-019-1-017 [in Ukrainian].
4. Slobodianyuk O. V. (2018). Kompiuterni modeli u navchanni fizyky yak zasib realizatsii STEM-osvity [Computer models in teaching physics as a means of implementing STEM education]. *Fyzyko-matematychna osvita*. Vyp. 4 (18). S. 149-153. DOI: 10.31110/2413-1571-2018-018-4-025 [in Ukrainian].
5. Dementievska N. P. (2018). Sait interaktyvnykh symuliatcii Phet yak nadiine i bezpechne seredovyshe dlia formuvannia kompetentnosti uchniv u pryrodnycho-matematychnykh naukakh [The site of Phet interactive simulations as a reliable and safe environment for the formation of students' competencies in natural and mathematical sciences]. *Zvitna naukova konferentsiia Instytutu informatsiinykh tekhnolohii i zasobiv navchannia NAPN Ukrainy : zbirnyk materialiv naukovoi konferentsii*. Kyiv. S. 139-141 URL : http://lib.iitta.gov.ua/711803/2/Dementievska_zv_conf2018.pdf [in Ukrainian].
6. Merzlykin O. V. (2016). Khmarni tekhnolohii yak zasib formuvannia doslidnytskykh kompetentnosti starshoklasnykiv u protsesi profilnoho navchannia fizyky : dys. ... kand. ped. nauk : 13.00.10 [Cloud technologies as a means of forming research competences of high school students in the process of specialized physics education: diss. ... candidate ped. sciences : 13.00.10] / Instytut informatsiinykh tekhnolohii i zasobiv navchannia NAPN Ukrainy. Kyiv. 341 s. [in Ukrainian].
7. ERIC. Використання комп'ютерного моделювання в навчальному процесі (Methodical Approaches to Teaching of Computer Modeling). URL : <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1070807.pdf>. С. 168 [in English].
8. Data Science Central. 11 Important Model Evaluation Techniques Everyone Should Know. [Електронний ресурс]. URL : <https://www.datasciencecentral.com/7-important-model-evaluation-error-metrics-everyone-should-know/> [in English].
9. Whatfix. Training Evaluation Models. URL : <https://whatfix.com/blog/training-evaluation-models/> [in English].
10. Microsoft. Що таке кібербезпека? URL : <https://www.microsoft.com/uk-ua/security/business/security-101/what-is-cybersecurity> [in English].
11. Carleton College. Using Computer Models to Teach Complex Systems. URL : https://serc.carleton.edu/NAGTWorkshops/complexsystems/computer_modeling.html [in English].

D. ZLAGODUKH, M. MALEZHYK. Use of computer modeling when conducting laboratory work in technical disciplines.

The article examines the role of computer modeling in the educational process, in particular during laboratory work. This study is especially relevant in the context of modern challenges, such as the pandemic and the military-political situation in Ukraine.

Computer modeling is proposed as an effective alternative to traditional approaches during laboratory work.

This article provides a list and analysis of advantages, such as accessibility, cost-effectiveness, flexibility, clarity and efficiency in processing results. It also emphasizes the importance of objectively assessing the shortcomings of this alternative approach and listing some of them, such as the need to master specialized software, possess certain technical competencies, limited realism of the results obtained and the radical nature of the methodology, which creates additional challenges when creating new educational programs and adapting existing ones, as well as their implementation among conservative educators who prefer more stable and proven teaching methods.

Examples of computer modeling environments and model evaluation metrics were given, as well as an algorithm for selecting the optimal software for work using computer modeling. The algorithm includes the formation and establishment of software selection criteria, as well as additional filtering methods for weeding out less effective options in favor of the optimal minority.

The article also considers various methods of introducing modeling into the learning process, giving a brief description of each of the above, such as integration, advanced training, development of specialized materials, cloud technologies, community support, etc.

Given the rapid growth of computer technologies, in addition to reviewing the introduction of computer modeling into the educational process, it is necessary to consider its integration with existing leading computer technologies, such as artificial intelligence, virtual/augmented reality, development and adaptation of computer vision, and computing using cloud technologies.

The development of such computer technologies as artificial intelligence, machine learning, digital twins, virtual and augmented reality technologies, as well as autonomous systems, leads to the conclusion that the mastery of computer modeling and the development of educational programs with its implementation are promising.

With all the shortcomings of computer modeling, the list of its advantages, prospects and ability to meet the challenges of modernity makes this approach a successful alternative to the traditional approach and worthy of further development and implementation in modern educational programs.

Keywords: *computer modeling, digitalization, computer science, educational process, student, teacher.*

DOI: <https://doi.org/10.31392/NZ-udu-158.2024.05>

УДК 371.3:004.75:621.9

Конарєв О. П., Трегуб О. Д.

ЗАСТОСУВАННЯ СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ ПРОГРАМ НА УРОКАХ ТРУДОВОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ПРОЕКТІВ ІЗ МІНІМІЗАЦІЄЮ МАТЕРІАЛЬНИХ ВИТРАТ

У статті розглядається застосування спеціалізованих програм на уроках трудового навчання для створення ескізів з мінімізацією матеріальних витрат. Сучасні цифрові технології відкривають нові можливості для ефективного проектування виробів, зокрема, в умовах обмеження матеріалів. Аналізуються основні функції програмного забезпечення, що використовуються в трудовому навчанні для оптимізації процесу виготовлення виробів, таких як САД-системи (Computer-Aided Design), які дозволяють створювати точні моделі і ескізи, а також аналізувати їх з точки зору матеріальних витрат. Враховуючи високі вимоги до економії ресурсів в умовах сучасного виробництва, мінімізація матеріальних витрат є важливим аспектом не тільки для бізнесу, а й для освітнього процесу, зокрема, для підготовки учнів до реальних умов праці.

Одним із основних аспектів статті є розгляд екологічного виміру цього процесу, оскільки використання цифрових технологій сприяє зменшенню відходів і забезпечує більш раціональне використання матеріалів. Окрему увагу приділено розвитку екологічного мислення учнів через застосування програмного забезпечення для проектування та виготовлення виробів, що дає можливість учням відчувати відповідальність за свої рішення, що стосуються ресурсоемності процесів. Водночас стаття акцентує увагу на важливості розв'язання таких завдань, як підвищення якості освіти, стимулювання творчої активності учнів та підготовка їх до сучасних вимог ринку праці.

Використання спеціалізованих програм дозволяє інтегрувати новітні технології в освітній процес, покращуючи навчальний досвід та створюючи умови для розвитку навичок, необхідних у майбутній професійній діяльності. Крім того, такі програми дозволяють досягти високих результатів у навчанні, сприяють розвитку професійних компетенцій, а також готують учнів до адаптації і змін в умовах економіки та інноваційних технологій.