

DOI: 10.32347/2412-9933.2025.64.276-281

УДК 624.046(004.942:519.876.5)

Перельмутер Анатолій Вікторович

Доктор технічних наук, старший науковий співробітник, головний науковий співробітник,

<http://orcid.org/0000-0001-9537-2728>

НПО «СКАД Софт», Київ

Юрченко Віталіна Віталіївна

Доктор технічних наук, професор, професор кафедри металевих і дерев'яних конструкцій,

<http://orcid.org/0000-0003-4513-809X>

Київський національний університет будівництва та архітектури, Київ

**ДОСВІД ВПРОВАДЖЕННЯ SCAD OFFICE ПРИ ПІДГОТОВЦІ ФАХІВЦІВ
У ГАЛУЗІ ПРОМИСЛОВОГО І ЦИВІЛЬНОГО БУДІВНИЦТВА**

Анотація. Багаторічний досвід НВП «СКАД Софт» у супроводі обчислювального комплексу SCAD Office засвідчує, що існує серйозна невідповідність між рівнем розвитку сучасних скінченно-елементних розрахункових комплексів, які застосовуються при розрахунках будівельних конструкцій, і рівнем професійної підготовки інженерів-користувачів. Метою публікації є аналіз змістовного наповнення існуючих освітніх програм та навчальних планів для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти у галузі промислового і цивільного будівництва та обґрунтування необхідності їх удосконалення у світлі активного запровадження у навчальний процес інформаційних технологій розрахунку та проектування будівель і споруд. У статті розроблені пропозиції щодо удосконалення освітніх програм для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, які навчаються за освітньою програмою «Промислове і цивільне будівництво». Серед шляхів удосконалення запропоновано розширити традиційні розділи будівельної механіки методом переміщень у матричній формі, що на сучасному етапі є основним інструментом розрахункового аналізу несучих конструкцій будівель і споруд. Навчання використанню методу скінченних елементів для розрахунку будівельних конструкцій повинно базуватися не на знаннях інтерфейсу того чи іншого обчислювального комплексу, а на розумінні фізичної сутності окремих скінченних елементів та граничних умов (моделей зовнішніх в'язей та навантажень). Окрім цього, запропоновано підсилити фундаментальну підготовку здобувачів шляхом залучення до переліку обов'язкових освітніх компонент додаткових розділів теоретичної механіки, теорії пружності та пластичності, що обумовлене значним зростанням на сучасному етапі рівня складності задач, які виникають при розрахунку будівельних конструкцій (дія вибухової хвилі, прогресуюче обвалення від удару з повітря тощо). Зрештою, обґрунтована доцільність залучення до навчального процесу розрахункових програмних комплексів лише на останніх роках навчання здобувачів після засвоєння ними фундаментальних дисциплін, що запобігатиме формальному використанню здобувачами програмних комплексів за відсутності об'єктивної критичної оцінки результатів. Наукова цінність дослідження полягає в аналізі освітньої програми «Промислове і цивільне будівництво» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти та розробці конкретних практичних рекомендацій щодо її удосконалення у світлі активного впровадження в навчальний процес інформаційних технологій розрахунку та проектування будівель і споруд. Це дозволить створити інноваційну освітню програму, яка відповідатиме сучасним вимогам суспільства та враховуватиме нові виклики, пов'язані з його цифровізацією.

Ключові слова: інформаційні технології; інформаційне моделювання; BIM-технології; метод скінченних елементів; SCAD Office

Постановка проблеми

Багаторічний досвід НВП «СКАД Софт» у супроводі обчислювального комплексу SCAD Office засвідчує, що існує серйозна невідповідність між рівнем розвитку сучасних скінченно-елементних розрахункових комплексів, які застосовуються при

розрахунках будівельних конструкцій, і рівнем професійної підготовки інженерів-користувачів. Практика підготовки фахівців у галузі розрахунку та проектування несучих конструкцій будівель і споруд засвідчила, що традиційні методи навчання не завжди забезпечують якісний результат, адже не завжди дозволяють сформулювати правильне розуміння

чисельних методів розрахунку будівельних конструкцій та оцінки результатів такого розрахунку. Дуже часто традиційне навчання зводиться до вивчення прийомів роботи на визначеному обчислювальному комплексі з акцентом на засвоєння елементів його інтерфейсу.

Мета статті

Мета та завдання дослідження полягають в аналізі та узагальненні досвіду впровадження обчислювального комплексу SCAD Office у навчальний процес на кафедрі металевих і дерев'яних конструкцій Київського національного університету будівництва та архітектури для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, які навчаються за освітньою програмою «Промислове і цивільне будівництво». Глибокий аналіз змістовного наповнення освітніх компонент даної освітньої програми та навчального плану дозволить розробити рекомендації щодо її удосконалення, що вбачається актуальним з огляду на активне запровадження у навчальний процес інформаційних технологій розрахунку та проектування будівель і споруд.

Аналіз основних досліджень і публікацій

Розвиток в Україні ефективної та конкурентоспроможної національної економіки потребував проведення системної комплексної реформи будівельної галузі, однією з важливих складових якої є її поступова цифрова трансформація [1; 2]. Аналіз найкращого світового та європейського досвіду засвідчив, що на сьогодні до найбільш прогресивних цифрових технологій у будівництві можна віднести технології будівельного інформаційного моделювання (BIM-технології) [3; 4], які передбачають унікальний підхід до управління цифровою інформацією у будівельній галузі, що ґрунтується на використанні спільного цифрового представлення об'єкта для сприяння процесам проектування, будівництва та експлуатації з метою створення надійної основи для прийняття рішень [5]. Таким чином, у найближчі роки розвиток технологій інформаційного моделювання напряду пов'язується з розвитком будівельної галузі та є його важливим фактором [6].

Відповідно до Концепції впровадження технологій будівельного інформаційного моделювання [7], у багатьох закладах вищої освіти України підготовка здобувачів як першого (бакалаврського), так і другого (магістерського) рівнів за спеціальністю «Будівництво та цивільна інженерія» здійснюється з активним залученням в освітні компоненти інформаційних технологій розрахунку та проектування будівель і споруд [8].

Це вимагає комплексного підходу до реформування освітніх програм для здобувачів вищої освіти [9]. Фокус програм необхідно змістити на підготовку фахівців, здатних до аналізу, прогнозування та прийняття рішень при розрахунку, конструюванні та зведенні об'єктів із застосуванням інформаційних технологій [10].

Виклад основного матеріалу

Однією з основних та відповідальних процедур процесу проектування несучих конструкцій будівель і споруд є розрахунковий аналіз поведінки конструкції під навантаженням, який складає основу для прийняття більшості конструкторських рішень. Для виконання такого аналізу необхідно формувати спеціальні комп'ютерні моделі конструкцій або розрахункові моделі, спеціально призначені для конкретного виду розрахунку.

В останні 15–20 років програмні комплекси стрімко удосконалювались у всіх своїх компонентах і на цей момент являють собою ефективні інструменти математичного моделювання механіки конструкцій, можливості яких при виконанні розрахунків конструкцій обмежуються дуже часто вже не стільки технічно, скільки здоровим глуздом та інженерним досвідом користувача. Засоби моделювання просторової роботи конструкцій практично будь-якої складності, виконання розрахунків з урахуванням геометричної та фізичної нелінійності, різноманітні варіанти моделювання динамічної реакції конструкцій, можливість виконання розрахунків конструкцій з урахуванням властивостей основи та багато іншого – все це тепер у розпорядженні кожного користувача програмного комплексу. З економічної точки зору ці засоби є доступними для будь-якої проектно-конструкторської організації і використовуються на сьогодні масово. Фактично відбулося технологічне переозброєння в галузі практичних розрахунків конструкцій.

Проте система підготовки інженерів-будівельників у цілому характеризується консервативністю як щодо змістовного наповнення, так і в організаційному плані. Як результат, темпи підвищення якості базової підготовки спеціалістів з розрахункового аналізу поведінки будівельних конструкцій істотно відстають від темпів технологічного удосконалення цієї галузі. Водночас рівень складності сучасних задач із розрахунку будівельних конструкцій у будівельній галузі невинно зростає. Саме тому інженер досить часто опиняється перед колом нових для нього розрахункових проблем, розв'язувати які потрібно за допомогою складних інструментів – сучасних програмних комплексів, які до того ж безперервно вдосконалюються.

Науково-виробниче товариство «СКАД Софт», як одна з провідних установ України у галузі розробки програмного забезпечення для розрахунку та проектування будівельних конструкцій, є зацікавленою стороною у підготовці здобувачів вищої освіти, які навчаються за освітньою програмою «Промислове і цивільне будівництво» спеціальності «Будівництво та цивільна інженерія». Для підвищення якості підготовки фахівців НВТ «СКАД Софт» уклало договори про співробітництво з провідними університетами України. Так, підготовка спеціалістів з використанням SCAD Office здійснюється сьогодні в таких вітчизняних університетах, як Київський національний університет будівництва та архітектури (КНУБА), Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова, Державний університет «Київський авіаційний інститут», Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», Національний університет «Чернігівська політехніка» та інші.

При цьому обчислювальний комплекс SCAD Office використовується при виконанні курсових проєктів, розрахунково-графічних та кваліфікаційних робіт здобувачами як першого (бакалаврського), так і другого (магістерського) рівнів вищої освіти. Для підвищення якості підготовки фахівців НВТ «СКАД Софт» на підставі укладених договорів про співробітництво на постійній основі забезпечує можливості для проходження студентами практики та дипломного проєктування, до керівництва якими залучаються провідні науковці науково-виробничого товариства. Слід зазначити, що SCAD Office також успішно застосовується у науково-дослідній частині дисертаційних досліджень здобувачів третього рівня вищої освіти.

При виконанні розрахункового аналізу поведінки будівельних конструкцій інженери-проектувальники (користувачі програмного забезпечення) формують розрахункові моделі, спеціально призначені для конкретного виду розрахунку. При цьому тип розрахункової моделі визначається методом аналізу, який реалізований у тому чи іншому програмному комплексі. На сьогодні більшість програм, призначених для такого розрахункового аналізу, реалізують метод скінченних елементів (МСЕ). Відповідно, розрахункова модель будівлі чи споруди формується саме в термінах скінченних елементів.

З огляду на це важливо при підготовці майбутніх фахівців у галузі промислового і цивільного будівництва підсилити традиційні розділи будівельної механіки методом переміщень у матричній формі, що набуває особливої важливості в умовах, коли метод скінченних елементів є основним

інструментом розрахункового аналізу для будівельних конструкцій. У зв'язку з цим доцільно до складу освітніх компонент освітньої програми залучити нову освітню компоненту «Метод скінченних елементів в задачах будівельної механіки» або ж розширити освітню компоненту «Будівельна механіка» відповідним додатковим змістовним модулем. Метою такої освітньої компоненти (змістовного модуля) є надання здобувачам теоретичних основ і практичних аспектів застосування методу скінченних елементів в задачах визначення напружено-деформованого стану стержневих систем. Навчання використанню МСЕ сприятиме глибокому розумінню скінченно-елементних технологій, яке базуватиметься не на знаннях інтерфейсу того чи іншого комплексу, а на розумінні фізичної сутності окремих скінченних елементів та граничних умов (моделей зовнішніх в'язей та навантажень).

Так, зокрема, аналіз результатів розрахунку, отриманих на розрахункових моделях, створених із використанням скінченних елементів різних типів (моделі стержнів Бернуллі або Тимошенка, пластини Кірхгофа або Рейснера), наочно засвідчить здобувачам істотний вплив на результат типу скінченного елемента. Саме тому в рамках нової освітньої компоненти необхідно розглянути математичне обґрунтування скінченних елементів та можливості стикування у моделі елементів різних типів.

Окрім того, одним із необхідних етапів розрахунку поведінки конструкції під навантаженням є поглиблений аналіз моделі зовнішніх в'язей та впливу їх параметрів на напружено-деформований стан конструкції. Проте у рамках базового курсу будівельної механіки та теорії пружності аспектам моделі зовнішніх в'язей приділяється незначна увага, хоча при проектуванні реальних об'єктів ці параметри часто визначають можливість реалізації конструктивного рішення. З огляду на це вивчення різноманітних прийомів моделювання в'язей та механічного відгуку несучих конструкцій (апарат безмежно жорстких вставок, абсолютно твердого тіла тощо) дозволить здобувачам сформувати навички з розробки розрахункових моделей, які ґрунтуються на фізичній подібності розрахункової моделі та об'єкта моделювання.

Багаторічний досвід НВП «СКАД Софт» у супроводі програмного забезпечення засвідчує, що існує серйозна невідповідність між рівнем розвитку сучасних скінченно-елементних розрахункових комплексів, які застосовуються при розрахунках будівельних конструкцій, і рівнем професійної підготовки інженерів-користувачів [11]. Практика підготовки фахівців у галузі розрахунку та

проектування несучих конструкцій будівель і споруд засвідчила, що традиційні методи навчання не завжди забезпечують якісний результат, адже не завжди дозволяють сформувати правильне розуміння чисельних методів розрахунку будівельних конструкцій та оцінки результатів такого аналізу. Доволі часто традиційне навчання зводиться лише до вивчення прийомів роботи на визначеному обчислювальному комплексі з акцентом на засвоєння елементів його інтерфейсу.

З огляду на це вбачається доцільним залучення до набору фахових компетентностей здобувачів вищої освіти в галузі промислового і цивільного будівництва здатності реалізовувати та застосовувати на практиці основні методи та підходи теорії пружності та пластичності для оцінювання граничних станів будівельних конструкцій та їхніх несучих елементів. Також важливою є здатність застосовувати ключові принципи, теорії та методи будівельної й обчислювальної механіки для визначення напружено-деформованого стану будівель та споруд при дії навантажень і впливів різного характеру, зокрема з використанням комплексу науково обґрунтованих методів чисельного моделювання та сучасного спеціалізованого програмного забезпечення.

Аналіз змістовного наповнення освітньої програми «Промислове і цивільне будівництво» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти КНУБА засвідчив, що теорія пружності та пластичності, а також розділи теоретичної механіки, присвячені динаміці, на жаль, не увійшли до переліку обов'язкових компонент програми. На нашу думку, це є помилковим, адже на сучасному етапі рівень складності задач, які виникають при розрахунку будівельних конструкцій, значно зріс. На сьогодні з'явилася нагальна потреба у фахівцях, здатних виконувати розрахунки на дію вибухової хвилі, на прогресуюче обвалення від удару з повітря тощо.

Перелічене вище вимагає від майбутніх фахівців ґрунтовної фундаментальної підготовки, яка неможлива без вивчення зазначених дисциплін. З огляду на це вбачається доцільним включити до переліку обов'язкових освітніх компонент теорію пружності та пластичності, а також додаткові розділи теоретичної механіки.

На етапі впровадження розрахункових обчислювальних комплексів у навчальний процес підготовки здобувачів вищої освіти в галузі промислового і цивільного будівництва виникає ще одна ключова методична проблема. Вона стосується того, коли (тобто на якому курсі, в якому семестрі) розпочинати використання програмних комплексів і яке місце вони повинні займати у навчальному процесі.

З одного боку, розпочинати використання програмних комплексів можна було б якомога раніше, оскільки вони вже є обов'язковим робочим інструментом сучасного інженера. І практика показує, що, коли мова йде про найпростіші розрахункові задачі в галузі розрахунку будівельних конструкцій, здобувачі швидко засвоюють промислові обчислювальні комплекси, що дозволяє впроваджувати їх в навчальний процес на ранніх стадіях. З іншого боку, залучення до навчального процесу обчислювальних комплексів не повинно перешкоджати засвоєнню основ механіки будівельних конструкцій.

Критичний аналіз змістовного наповнення освітніх компонент освітньо-професійної програми «Промислове і цивільне будівництво» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти КНУБА засвідчив, що студенти вже з першого курсу розпочинають використання різноманітного програмного забезпечення для розв'язання прикладних задач. На нашу думку, раннє залучення розрахункових програмних комплексів до процесу навчання перешкоджає засвоєнню здобувачами основ механіки конструкцій та опору матеріалів. Адже цілком зрозуміло, що програми аналізу міцності конструкцій, які є концентрацією знань науковців-розробників, можуть забезпечити надійний результат розрахунків тільки за наявності коректної розрахункової моделі.

Натомість недостатня теоретична та практична підготовка здобувачів на першому-другому курсах, а також відсутність знань з обчислювальної механіки на цьому етапі навчання унеможливають створення ними коректних розрахункових моделей. Це призводить фактично до формального використання програмних комплексів за відсутності об'єктивної критичної оцінки результатів.

З огляду на це вбачається більш доцільним залучення розрахункових програмних комплексів до навчального процесу на третьому та четвертому роках навчання після засвоєння здобувачами фундаментальних дисциплін. До того ж цілком очевидно, що раціональним підходом у цьому випадку буде дозоване використання можливостей обчислювальних комплексів — настільки, наскільки воно відповідатиме поточному рівню теоретичної підготовки здобувачів.

Висновки

Наукова цінність дослідження полягає в аналізі змістовного наповнення освітньої програми «Промислове і цивільне будівництво» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, які навчаються за спеціальністю «Будівництво та цивільна інженерія». Виконаний аналіз дозволив обґрунтувати необхідність та розробити конкретні

практичні рекомендації щодо удосконалення даної освітньої програми у світлі активного впровадження в навчальний процес інформаційних технологій розрахунку та проектування будівель і споруд. Зокрема, запропоновано:

– розширити традиційні розділи будівельної механіки методом переміщень у матричній формі, що є основним інструментом розрахункового аналізу для будівельних конструкцій. Навчання використанню методу скінченних елементів для розрахунку будівельних конструкцій повинно базуватися не на знаннях інтерфейсу того чи іншого обчислювального комплексу, а на розумінні фізичної сутності окремих скінченних елементів та граничних умов (моделей зовнішніх в'язей та навантажень);

– підсилити фундаментальну підготовку здобувачів шляхом залучення до переліку обов'язкових освітніх компонент додаткових

розділів теоретичної механіки, теорії пружності та пластичності, що обумовлене значним зростанням на сучасному етапі рівня складності задач, які виникають при розрахунку будівельних конструкцій (дія вибухової хвилі, прогресуюче обвалення від удару з повітря тощо);

– внести коригування до навчального плану, а саме залучати розрахункові програмні комплекси до навчального процесу лише на останніх роках навчання після засвоєння здобувачами фундаментальних дисциплін, що запобігатиме формальному використанню програмних комплексів за відсутності об'єктивної критичної оцінки результатів.

Вбачається, що запропоноване удосконалення дозволить створити інноваційну освітню програму, яка відповідатиме сучасним вимогам суспільства та враховуватиме нові виклики, пов'язані з його цифровізацією.

Список літератури

1. Київська К. І., Лузіна Ю. В. Перспективи впровадження BIM-технологій у вітчизняній будівельній галузі. *Управління розвитком складних систем*. Київ, 2021. № 46. С. 63–69. URL: <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2021.46.63-69>.
2. Кулік М. В., Куліш С. О., Іщенко С. С. Впровадження новітніх цифровізованих програмних комплексів на базі BIM-технологій у будівництві України. *Науковий вісник будівництва*. Київ, 2020. № 100 (2). С. 301–306. URL: <https://doi.org/10.29295/2311-7257-2020-100-2-301-306>.
3. Трач Р. В., Рижаківа Г. М., Крижановський В. І. Інформаційне моделювання та концепція інтегрованої реалізації будівельних проєктів як основа інноваційного розвитку будівельного підприємства. *Управління розвитком складних систем*. Київ, 2017. № 31. С. 173–178.
4. Філіппов О. В., Шумак Л. В. BIM-технології інформаційного моделювання будівель на стадії проєктування: національний і зарубіжний досвід. *Building production*. Київ, 2024. № 75. С. 39–53. URL: <https://doi.org/10.36750/2524-2555.75.39-53>.
5. Грицина Н., Рагулін В. Аналіз сучасних програмних рішень BIM при моделюванні споруд. *Прикладні питання математичного моделювання*. Київ, 2020. № 3(2). С. 133–139. URL: <https://doi.org/10.32782/KNTU2618-0340/2020.3.2-2.12>.
6. Білов В. А., Левченко О. В. BIM як анатомія для будівлі. *Сучасні проблеми архітектури та містобудування*. Київ, 2024. № 70. С. 32–45. URL: <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2024.70.32-45>.
7. Про схвалення Концепції впровадження технологій будівельного інформаційного моделювання (BIM-технологій) в Україні та затвердження плану заходів з її реалізації : розпорядження Кабінету Міністрів України від 17 лют. 2021 р. № 152-р. URL: <https://www.kmu.gov.ua/news/uryad-zatverdiv-koncepciyu-vprovadzhennya-v-ukrayini-vim-tehnologij-u-budivnictvi> (дата звернення: 20.01.2024).
8. Левченко О. В., Михайленко А. В. Інформатизація навчального процесу в ЗВО. *Сучасні проблеми архітектури та містобудування*. Київ, 2014. № 36. С. 154–163. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Spam_2014_36_23.
9. Левченко О. В., Михайленко А. В. BIM-технології в закладах вищої освіти рівня підготовки бакалавр та магістр. *Сучасні проблеми архітектури та містобудування*. Київ, 2022. № 62. С. 152–170. URL: <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2022.62.152-170>.
10. Левченко О. В., Михайленко А. В. Проблеми впровадження BIM-технологій в освітній процес. *Сучасні проблеми архітектури та містобудування*. Київ, 2024. № 68. С. 22–37. URL: <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2024.68.22-37>.
11. Криксунов Е. З., Лізунов П. П., Вабіщевич М. О. Сучасні методи формування конструктивних схем методу скінченних елементів. Київ : Каравела, 2020. 106 с. URL: <https://irbis-nbuv.gov.ua/publ/REF-0000840334>.

Стаття надійшла до редколегії 02.11.2025

Perelmuter Anatoly

DSc (Eng.), Senior Researcher, Chief Researcher

<http://orcid.org/0000-0001-9537-2728>

НПІО «SCAD Soft», Kyiv

Yurchenko Vitalina,

DSc (Eng.), Professor, Professor of Steel and Timber Structures Chair

<http://orcid.org/0000-0003-4513-809X>

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

EXPERIENCE OF SCAD OFFICE IMPLEMENTATION IN THE EDUCATIONAL PROCESS FOR STUDENTS IN THE FIELD OF STRUCTURAL ENGINEERING

Abstract. The many years of experience of R&D Enterprise “SCAD Soft” in supporting the SCAD Office computational suite demonstrate that there is a significant discrepancy between the level of development of modern finite element analysis software used for structural calculations and the level of professional training of the engineers who use it. The purpose of the publication is to analyze the content of existing educational programs and curricula for students pursuing the first (bachelor’s) level of higher education in the field of industrial and civil construction, and to justify the need for their improvement in light of the active implementation of information technologies for the calculation and design of buildings and structures in the educational process. The article substantiates the need to improve educational programs for students pursuing the first (bachelor’s) level of higher education in the educational program “Industrial and Civil Construction” by expanding the traditional sections of structural mechanics through the matrix displacement method, which serves as the main tool for structural analysis in construction. Training in the use of the finite element method for structural analysis should be based not on knowledge of the interface of a particular computational software package, but on an understanding of the physical essence of individual finite elements and boundary conditions (models of external restraints and loads). It is also necessary to strengthen fundamental training by including additional sections of theoretical mechanics and theory of elasticity and plasticity among the compulsory educational components. This is due to the significant increase, at the current stage, in the complexity of problems arising in the calculation of building structures (such as the effects of blast waves, progressive collapse due to air impact, etc.). Furthermore, computational software packages should be introduced into the educational process only in the third and fourth years of study, after students have mastered the fundamental disciplines. This approach will prevent the formal use of such software by students without an objective critical evaluation of the results.

Keywords: information technology; building information modeling; BIM technologies; finite element method; SCAD Office

References

1. Kyivska, K. I., & Luzina, Yu. V. (2021). Perspectives of BIM-technologies implementation in the domestic construction industry. *Management of Development of Complex Systems*, 46, 63–69. <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2021.46.63-69>
2. Kulik, M. V., Kulish, S. O., & Ishchenko, S. S. (2020). Introduction of the latest digitalized software systems based on BIM-technologies in the construction of Ukraine. *Scientific Bulletin of Construction*, 100(2), 301–306. <https://doi.org/10.29295/2311-7257-2020-100-2-301-306>
3. Trach, R. V., Ryzhakova, G. M., & Kryzhanovskiy, V. I. (2017). Information modeling and the concept of integrated implementation of construction projects as a basis for innovative development of a construction enterprise. *Management of Development of Complex Systems*, 31, 173–178.
4. Filippov, O. V., & Shumak, L. V. (2024). BIM-technologies for building information modeling at the design stage: national and foreign experience. *Building Production*, 75, 39–53. <https://doi.org/10.36750/2524-2555.75.39-53>
5. Hrytsyna, N., & Rahulin, V. (2020). Analysis of modern BIM software solutions in building modeling. *Applied Questions of Mathematical Modeling*, 3(2), 133–139. <https://doi.org/10.32782/KNTU2618-0340/2020.3.2-2.12>
6. Bilov, V. A., & Levchenko, O. V. (2024). BIM as anatomy for a building. *Current Problems of Architecture and Urban Planning*, 70, 32–45. <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2024.70.32-45>
7. Cabinet of Ministers of Ukraine. (2021). *On approval of the Concept of implementation of building information modeling technologies (BIM-technologies) in Ukraine and approval of the action plan for its implementation* (Order No. 152-r). <https://www.kmu.gov.ua/news/uryad-zatverdiv-konceptiyu-vprovadzhennya-v-ukrayini-vim-tehnologij-u-budivnictvi>
8. Levchenko, O. V., & Mykhailenko, A. V. (2014). Informatization of the educational process in higher education institutions. *Current Problems of Architecture and Urban Planning*, 36, 154–163. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Spam_2014_36_23
9. Levchenko, O. V., & Mykhailenko, A. V. (2022). BIM-technologies in higher education institutions for bachelor and master training levels. *Current Problems of Architecture and Urban Planning*, 62, 152–170. <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2022.62.152-170>
10. Levchenko, O. V., & Mykhailenko, A. V. (2024). Problems of BIM-technologies implementation in the educational process. *Current Problems of Architecture and Urban Planning*, 68, 22–37. <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2024.68.22-37>
11. Kryksunov, E. Z., Lizunov, P. P., & Vabishchevych, M. O. (2020). *Modern methods of forming structural schemes of the finite element method*. Karavela. <https://irbis-nbuv.gov.ua/publ/REF-0000840334>

Посилання на публікацію

- APA Perelmuter, A., & Yurchenko, V. (2025). Experience of SCAD Office implementation in the educational process for students in the field of structural engineering. *Management of Development of Complex Systems*, 64, 276–281, [dx.doi.org/10.32347/2412-9933.2025.64.276-281](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2025.64.276-281).
- ДСТУ Перельмутер А. В., Юрченко В. В. Досвід впровадження SCAD Office при підготовці фахівців у галузі промислового і цивільного будівництва. *Управління розвитком складних систем*. Київ, 2025. № 64. С. 276 – 281, [dx.doi.org/10.32347/2412-9933.2025.64.276-281](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2025.64.276-281).