

DOI: <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2024.68.22-37>

УДК 004, 378, 72.01, 721.021

Левченко Олексій Вікторович,

кандидат архітектури, доцент,

доцент кафедри інформаційних технологій в архітектурі

Київського національного університету будівництва і архітектури

levchenko.ov@knuba.edu.ua

<https://orcid.org/0000-0002-5254-2114>

Михайленко Андрій Всеволодович,

кандидат архітектури, доцент,

доцент кафедри інформаційних технологій в архітектурі

Київського національного університету будівництва і архітектури

mykhailenko.av@knuba.edu.ua

<https://orcid.org/0000-0002-7578-7616>

ПРОБЛЕМИ ВПРОВАДЖЕННЯ BIM ТЕХНОЛОГІЙ В ОСВІТНІЙ ПРОЦЕС

Анотація: матеріали статті присвячені удосконаленню освітнього процесу підготовки архітекторів. Розглянута проблематика впровадження BIM технологій до навчального курсу бакалаврів та магістрів з розробки та впровадження механізмів, методів та засобів забезпечення якості професійної підготовки будівельних та архітектурних кадрів. Виявлені фактори впливу, тенденції та варіанти впровадження концепції BIM в навчальний процес.

Ключові слова: BIM; модель; моделювання; менеджмент; навчання; програма; проектування; процес.

Постановка проблеми. Будівельна галузь України має ряд взаємопов'язаних проблем, однією з яких є відсутність системного процесу створення та обміну цифровою інформацією. Прийнята концепція щодо вирішення проблем передбачає поетапну реалізацію заходів з урахуванням застосування рівнів BIM-технологій, що характеризуються відповідністю мінімально необхідним критеріям для визначення ступеня використання BIM під час реалізації проєктів будівництва [1]. Дефіцит кадрів – найбільше гальмо розвитку галузі, що вимагає стрімкого подолання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Цифровізація будівельного сектора представляє можливість генерувати рішення структурних завдань, використовуючи загальну доступність найкращих практик інших галузей промисловості, а також інженерних методів та інструментів, цифрових робочих

процесів та технологічних навичок для переходу на більш високий рівень продуктивності, тим самим стати цифровим будівельним сектором: «До 2025 року повномасштабна оцифровка ... призведе до щорічної глобальної економії витрат від 13% до 21% на етапах проєктування та будівництва та від 10% до 17% на етапі експлуатації» [2].

Окреслені проблеми будівельної галузі в рамках Концепції пропонується розв'язати шляхом нормативно-правового та нормативно-технічного регулювання процесів реалізації за рядом напрямів, в тому числі й освітньому – із забезпеченням підготовки фахівців відповідної кваліфікації у галузі BIM-технологій, створення освітніх програм та курсів [3, 4].

Метою статті є впровадження BIM технологій в освітній процес з урахуванням досвіду провідних університетів і тенденцій, для вдосконалення освітнього процесу та пошуку ефективних шляхів з формування кадрів.

Building Information Model (BIM) [5–9] – інформаційне моделювання будівлі, це технологічний підхід до будівництва, оснащення, забезпечення експлуатації та ремонту будівлі, який передбачає збір і комплексну обробку в процесі проєктування всієї архітектурно-конструкторської, технологічної, економічної та іншої інформації про будівлю з усіма її взаємозв'язками і взаємозалежностями, коли вся будівля розглядається як єдиний об'єкт. Управління цими процесами – важлива задача сьогодення.

Технологія BIM не може існувати без людини і вимагає від неї професіоналізму, всебічного розуміння процесу проєктування будівлі і зростаючої відповідальності в роботі, при цьому робить процес проєктування все більш ефективним. А це неможливо без розвитку освітнього процесу, який необхідно все більш інтенсифікувати. Майбутнє за BIM технологіями, які можуть кардинально трансформувати як архітектурну освіту, так і усі суміжні спеціальності, пов'язані з питаннями проєктування будівель та споруд і внутрішніх взаємодій у проєктній команді.

Найважливішим завданням є ухвалення стандартів інформаційного моделювання, а також гармонізація, раніше ухвалених нормативних документів, з міжнародним законодавством. Актуальним питанням архітектурної освіти залишається переосмислення підходу до представлення навчального матеріалу, переформатування та інтеграції BIM технології з рештою навчального плану.

Через брак спеціалізованих кадрів – вкрай необхідні випускники магістратури (проєктний BIM менеджмент) з потенціалом роботи в якості проєктувальника, менеджера проєктних робіт в галузі архітектури, будівництва та інженерних систем будівель і споруд у сучасному середовищі інформаційного моделювання, що швидко розвивається. Це обумовлює підготовку випускника до самостійного навчання та освоєння нових професійних знань та умінь,

безперервного професійного самовдосконалення, до аналітичної роботи в команді [6, 8, 10].

Основна частина. Найголовнішими ознаками професійної підготовки викладача-європейця має бути сконцентрованість навколо ідей демократії та інноваційного навчання [10]. Для системи вищої освіти в Україні актуалізується поширення освітніх інновацій з активним пошуком нових підходів у теорії та практиці навчання і виховання студентської молоді, орієнтація на розвиток інноваційної особистості майбутнього фахівця, що обумовлює зміни в системі підготовки викладача до професійної діяльності. Вочевидь – для закладів вищої освіти (ЗВО) в сучасних умовах край актуальним стає формування майбутнього викладача, здатного здійснювати саме таку інноваційну професійну діяльність.

Рівень професійної освіти ЗВО та підготовки фахівця, на випуску, знаходиться в безпосередньому зв'язку з реалізацією різних компонентів: контингенту студентів; якості викладацького складу; методичного та організаційного змісту навчання через якість освітнього процесу та його ресурсного забезпечення. Теоретичні дослідження і практика проєктування підтверджують доцільність подальшого розширення і поглиблення практики BIM проєктування, повсюдний розвиток навчальних центрів з навчання BIM-управлінців в Україні, зокрема в профільних університетах, в тому числі КНУБА [8]. Поглиблена підготовка слухачів передбачає наявність досвіду з різних ПЗ але, головне – поєднання та робота в команді BIM з Archicad, AllPlan, Revit тощо. Програма підготовки диференціюється в залежності від досвіду та підготовленості контингенту BIM-фахівців. Навчальні програми ЗВО приділяють значну увагу як академічним дисциплінам, так інноваційним комп'ютерним і інформаційним технологіям застосування в архітектурно-будівельній галузі, в тому числі у вигляді курсів професійної спеціалізації, підвищення кваліфікації або інших професійних тренінгах для керівних осіб архітектурно-будівельних компаній Architecture Engineering and Construction (AEC) в ліцензованих навчальних центрах. На жаль, ці курси раз-у-раз бувають розрізненими [6–8].

Для формування фахівців вищої ланки потрібне залучення досвідчених професіоналів з реального проєктування, які володіють певним досвідом BIM-організації та формування поглибленого спеціалізованого курсу навчання. Тож не дивно, що в даний момент основними центрами підготовки є підрозділи компаній розробників або дистриб'юторів домінуючих BIM-додатків [7].

З метою адаптації до різних розділів та шаблів процесів проєктування – вендори та представники компаній розробників ініціюють розвиток та підтримку освітніх програм. Зокрема, це і надання ліцензійних індивідуальних та мережевих навчальних версій для студентів та викладацького складу, навчальні

курси молодих спеціалістів та підвищення кваліфікації педагогів, проведення та заохочення професійних тематичних олімпіад та конкурсів, впровадження методичних навчальних посібників тощо.

Для подолання дефіциту висококваліфікованих фахівців, що працюють у команді за однією сучасною технологією, та побудови нової генерації BIM-кадрів, ЗВО спроможні надати комплексний цифровий генезис, для чого необхідно:

1. Опанування інструментальної бази – провідних комплексів для формування кругозору у професійній галузі (базове знання програмних комплексів).
2. Профільне поглиблене навчання інструментарію відповідно до спеціалізації.
3. Оволодіння веденням колективної роботи фахівцями різного спрямування в єдиному інформаційному просторі (архітектор, конструктор, фахівці з інженерних мереж тощо).
4. Інтенсифікація роботи засобами доповненої автоматизації – API, робота з базами даних (SQL), вбудованими мовами програмування, по можливості візуальної взаємодії (Grasshopper), з формулами та електронними таблицями (Excel). Вивчення засобів стикування та взаємодії різних програмних комплексів один з одним, стандартів створення інформаційної моделі та форматів передачі даних [11].

Таким чином, під час підготовки сучасного BIM-фахівця, окрім освоєння стандартного набору інструментів (Archicad, AllPlan, Revit тощо), акцент зміщується у бік уміння працювати в єдиному інформаційному просторі групою, разом із представниками суміжних спеціалізацій. Все частіше крім базового функціоналу ПЗ стають затребуваними спеціально розроблені плагіни та скрипти для вирішення будь-яких конкретних завдань.

Першочергово необхідне якісне переосмислення програми навчання BIM-технологіям студентів конкретних напрямків з урахуванням їхньої специфіки роботи на рівні бакалаврів. Якщо на початок, це передбачає навчання студентів впевненому користуванню інструментами програмного комплексу, то наступний рік підготовки вимагатиме активної демонстрації на міждисциплінарному рівні застосування технологій у вирішенні конкретних завдань у галузі проектування. Вивчення технологій інформаційного моделювання формує досвід – як на рівні загально професійних компетенцій випускника, так і практичних навичок в інформаційному моделюванні будівель у тому числі – редагування моделей; вилучення значної інформації з BIM-моделей; створення фрагментарних моделей окремих елементів/компонентів; розширення прикладного потенціалу ПЗ; оформлення креслень та супутньої документації архітектурно-будівельних рішень.

Засвоєння необхідних компетенцій, знань та умінь проводиться у результаті вивчення навчальних дисциплін та проходження відповідних практик бакалаврами профілю «Архітектура та містобудування» при спільному вивченні наступних навчальних дисциплін: інженерна (комп'ютерна) графіка; архітектура цивільних та промислових будівель; комп'ютерні практикуми з розробки векторної та растрової проєктної документації; архітектурні конструкції (розрахунок конструкцій будівель та споруд КЗ, КМ та КД [12], основ та фундаментів), інформаційні технології в архітектурі, інформатика та комп'ютерні технології, системи проєктування ВК та ОВ [13], технологія та організація будівництва, кошторисний розрахунок за BIM моделлю, ландшафтний дизайн, дизайн інтер'єру, курсове та дипломне проєктування тощо [14]. Спеціальний курс BIM-менеджмент стане логічним завершенням під час підготовки магістрів спеціальностей галузі 19 -Архітектура та будівництво. Методичний ресурс передбачає використання BIM-технологій при виконанні самостійних та курсових робіт (проєктів) із зазначених дисциплін на базі нормативних документів (ДБН, ДСТУ, ЄСКД); посібників [2]; наукових досліджень [6, 7]; інтернет-ресурсів [15–19].

В межах здійснення навчальної діяльності пропонується розгляд теорії та інструментів моделювання на лекціях та демонстраціях в аудиторії; побудова інформаційної моделі будівлі на практичних заняттях у класах, самостійна робота та практика з консультаціями викладача поза навчальними закладами. Задум щодо впровадження технологій інформаційного моделювання будівель у навчальний процес бакалаврів реалізується через комплексну взаємодію: виконання курсових індивідуальних робіт, самостійних робіт, вправ та співбесіда при заліку тощо. Основну увагу націлено саме на міждисциплінарну взаємодію майбутніх спеціалістів.

Виконання наскрізних поетапних курсових завдань від об'ємно-планувального рішення будівлі до проєкту організації його будівництва з безпосереднім використанням BIM-технологій сформує цілісне уявлення про багатоетапне проєктування та нерозривний взаємозв'язок усіх взаємопов'язаних елементів та технічних складових. При цьому послідовне здійснення процесу від індивідуального ескізного моделювання до проєктної розробки та оснащення об'єкта забезпечить цінні навички роботи студентів у команді із застосуванням професійного програмного забезпечення.

Зосередження ресурсів та потенціалу на базі освітнього центру формує можливість досягнення інтегрованості та високого ступеня консолідації роботи. Генерування єдиної моделі у вигляді IFC-контейнера формує базу здатну до адаптації, тестування та вдосконалення. Імітація повноцінної проєктної робочої групи стає реальною завдяки використанню ресурсів з ведення

колективної роботи над моделлю у різних завданнях/етапах/розділах, а також студентами різних спеціальностей. На основі аналізу даних можливе планування, адаптація та керування корпоративним контентом, з досягненням якісних кінцевих результатів.

Характерно, що саме BIM як консолідаційна технологія забезпечує взаємодію різного ПЗ між собою, при цьому підтримує безліч форматів даних істотних для проєктного процесу (IFC, DWG, DXF, OBJ, STL, C3D, IGES, JT, XPS...) та його складових. Крім того, поєднуючи відкриту надбудову за розвитку API, завдяки чому формується середовище загальних даних, реалізуються конструкторські, фізико-технічні, гідравлічні та аеродинамічні розрахунки, технологічне проєктування, проєктування геоінформаційних систем (ГІС), генплану та зовнішніх мереж, підтримка BIM-каталогів та бібліотек, забезпечення 3D-візуалізації, VR-представлення та 3D-друку, складання кошторисної документації, управління будівельним виробництвом, здійснення експертної оцінки, будівельного контролю тощо (Рис. 1).

З іншого боку – програми навчання передбачають засвоєння студентами різних спеціальностей відповідних програм: Allplan, Archicad та Revit (для моделювання архітектури), Revit або DDScad (для проєктування інженерних мереж), Tekla Structures та AllPlan Engineering (для моделювання конструкцій), 3D Studio Max (при моделюванні дизайну), Lumion та TwinMotion (для візуалізації/анімації), та інших програм, що не так поширені в Україні. З кожним роком зміцнюється навчальний ресурс щодо освоєння AUTODESK (Autocad, Revit, Navisworks, Civil 3D, Advance Steel, Dynamo, BIM360 [20]), а також NEMETSCHek (Allplan [21], Vectorworks, Archicad разом з BIMcloud та BIMx [22]), Tekla [23], nanoCAD, Model Studio CS, Смета Wizard, BIM Wizard, ABC, VitroCAD, MS Project, Power BI та багатьох інших, важливих для BIM-фахівця [6].

Подібна практика широко використовується в багатьох закордонних ЗВО. Зокрема, в Чехії, Естонії, Великобританії, Швеції, Італії, Іспанії та Австралії вивчення BIM та суміжних дисциплін з 2018 року є обов'язковим, а у Фінляндії та США реалізується на факультативній основі [4, 24, 25].



Рис.1. Концепція впровадження BIM-технологій в навчальний процес

Так, Каунаський технологічний університет в своєму навчальному закладі ще в 2013 адаптував навчальний процес для вивчення BIM. Основними цілями такої адаптації було: створення дисципліни основ BIM; закріплення навичок 3D-моделювання; запуск міждисциплінарних семестрових проєктів; використання максимальної кількості BIM- програмного забезпечення (моделювання та симуляція); посилення командної роботи та комунікації [26].

Робота в єдиному інформаційному просторі створює зручні та ефективні умови, надає навички для взаємодії та контролю різних проблемних аспектів. Якщо кожному студенту окремої спеціалізації виділене своє завдання, але воно є складовою їхнього спільного проєкту – то всі разом стають учасниками єдиної справи та суттєвого комплексного результату. Цей налаштований, скоординований процес дає уявлення всім учасникам про вирішення задач, з якими вони будуть стикатися безпосередньо в майбутньому на роботі.

Студенти рівня магістратури на кафедрі ІТА в КНУБА в ході командної роботи по реконструкції кварталів житлової та громадської забудови «Нові Будинки» м. Харкова досягли якісного рівня по вирішенню комплексних задач та надання потенційних можливостей району у перспективі [27].

Наступним кроком стало поширення спільної роботи на рівні бакалаврів за програмою «Відновлення України» та співпраці КНУБА з Бородянським та Макарівським районами Київської області на рівні приватної забудови, де студенти за загальним шаблоном створили власні пропозиції та поєднали ділянки в моделі генерального плану [28].

Повноцінне впровадження BIM-технологій в освіту окреслює нові обрії та випробування для університетів України. Це зумовлює наявність відповідної матеріально-технічної бази: ліцензійне програмне забезпечення, мультимедійна апаратура, новітні комп'ютери та робочі станції, наявність кадрового забезпечення - викладачів, здатних викласти та проконтролювати новий матеріал студентам та їх результати роботи. Все це ініціює розробку регламентуючої бази: електронних стандартів та документів для генерування даних, таких як BIM Execution Plan (BEP) [29], Employer's Information Requirements (EIR) [30] та створення нових стандартів ЗВО. Вірогідно, виникнення певних проблем «людського фактору» при опануванні та переході викладачів до нових технологій, які звикли до більш традиційних методів викладання. Це зумовлює організацію запрошень співробітників існуючих компаній та виробництв, які вже використовують BIM-технології у своїй роботі. Подібні аспекти доводять, що цей процес поступовий та не одноразовий.

Висновки. Подібні завдання вимагають подальшої адаптації наявних навчальних програм, актуалізації проєктних та інженерних завдань із поточними можливостями та послідовний розподіл наявного програмного забезпечення за

функціональними вимогами, перекваліфікацію навчального персоналу. Впровадження має супроводжувати активна демонстрація потенціалу BIM, підтримка професійно-орієнтованих заходів ЗВО, патронат виробництв, залучення до стажування та практики з реалізацією різноманітних форматів, суттєве стимулювання процесів цифровізації архітектурно-будівельної галузі й науково-навчального процесу в ЗВО, виділення грантів тощо.

Це зумовлює новий якісний рух та перспективні кроки в новітніх закладах освіти України, що перетворюють випускників в досвідчених фахівців сучасного інформаційного моделювання в галузі архітектури та будівництва, тим самим довершуючи імідж компанії як на внутрішньому ринку, так і за кордоном.

Список літератури

1. Кабінет Міністрів України Розпорядження. Про схвалення Концепції впровадження технологій будівельного інформаційного моделювання (BIM-технологій) в Україні та затвердження плану заходів з її реалізації від 17 лютого 2021 р. № 152-р Київ: URL: <https://www.kmu.gov.ua/news/uryad-zatverdiv-konceptiyu-vprovadzhennya-v-ukrayini-vim-tehnologij-u-budivnictvi> (дата звернення: 20.01.2024).
2. Ukrainian Handbook – EU BIM Task Group: URL: <https://eubim.eu/handbook-selection/ukrainian-handbook> (дата звернення: 26.01.2024).
3. UABTG. Концепція впровадження BIM-технологій в Україні: URL: <https://bim.in.ua/wp-content/uploads/2020/05/BIM-UABTG-Concept-ZZ-012720.pdf> (дата звернення: 20.01.2024).
4. ISO 19650-1:2018 Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) – Information management using building information modelling – Part 1: Concepts and principles: URL: <https://www.iso.org/standard/68078.html> (дата звернення: 26.01.2024).
5. BIM model, BIM Dictionary: URL: <https://bimdictionary.com/en/bimodel/1BIM> Dictionary, (дата звернення: 04.06.2022).
6. Левченко О. В., Михайленко А. В. BIM-технології в закладах вищої освіти рівня підготовки бакалавр та магістр. *Сучасні проблеми Архітектури та Містобудування*. 2022. № 62. С. 152–170. DOI: <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2022.62.152-170> (дата звернення: 24.01.2024)
7. Левченко О. В., Михайленко А. В. Аспекти підготовки BIM-менеджерів. *Сучасні проблеми Архітектури та Містобудування*. 2021. № 59. С. 118–131. DOI: <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2021.59.118-131> (дата звернення: 24.01.2024)

19. Archicad is BIM. 8с. URL: <https://dl.graphisoft.com/marketing/ac23/en/Archicad-23-brochure.pdf>
20. @Autodesk_AKN. Autodesk Knowledge Network: URL: <https://knowledge.autodesk.com/support> (дата звернення: 26.01.2024)
21. @Allplan_Campus. Allplan Campus: URL: <https://campus.allplan.com> (дата звернення: 26.01.2024)
22. @GRAPHISOFT. GRAPHISOFT Learn: URL: <https://graphisoft.com/ru/resources-and-support/learning> (дата звернення: 26.01.2024)
23. Tekla Structures (Tekla Partners Program Suite). URL: <https://www.tekla.com/support/training> (дата звернення: 26.01.2024)
24. Khochare S. D., Waghmare A. P. 3D, 4D and 5D building information modeling for commercial building projects. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET). 2018. Т. 5, № 1. С. 132–138. URL: <https://www.irjet.net/archives/V5/i1/IRJET-V5I128.pdf> (дата звернення: 27.01.2024)
25. Chen G., Chen J., Yuan J., et al. Exploring the Impact of Collaboration on BIM Use Effectiveness: A Perspective through Multiple Collaborative Behaviors. Journal of Management in Engineering. 2022. Т. 38, № 6. С. 04022065. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0001098](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0001098) (дата звернення: 27.01.2024)
26. Honta S. Experience of EU universities in commercializing research results. Problems and prospects of economic and management. 2018. Т. 3(15), № 3(15). С. 15–22. DOI: [https://doi.org/10.25140/2411-5215-2018-3\(15\)-15-22](https://doi.org/10.25140/2411-5215-2018-3(15)-15-22) (дата звернення: 27.01.2024)
27. Левченко О. В., Антоненко Н. В. Київський національний університет будівництва і архітектури Технологія BIM для відновлення міських територій України. Регенерація житлового масиву Нові Будинки в місті Харкові (Ukraine): Education. URL: <https://www.knuba.edu.ua/faculties/arh/kafedri-arh/kafedra-kita/novini-kafedri-informacijnix-texnologij-v-arxitekturi/tehnologiya-bim-dlya-vidnovlennya-miskyh-terytorij-ukrayiny-regeneracziya-zhytlovogo-masyvu-novi-budynky-v-misti-harkovi-ukraine> (дата звернення: 26.01.24).
28. Левченко О.В. Київський національний університет будівництва і архітектури Приватна забудова за програмою «Відновлення України» та співпраці КНУБА з Бородянським та Макарівським районами Київської області: Education. URL: <https://www.knuba.edu.ua/faculties/arh/kafedri-arh/kafedra-kita/novini-kafedri-informacijnix-texnologij-v-arxitekturi/pryvatna-zabudova-za-programoyu-vidnovlennya-ukrayiny-ta-spivpraczi-knuba-z-borodyanskym-ta-makarivskym-rajonamy-kyuyivskoysi-oblasti> (дата звернення: 27.01.24).

29. BEP (BIM Execution Plan), BIM Dictionary: URL: <https://bimdictionary.com/en/bim-execution-plan/1BIM> Dictionary, (дата звернення: 27.01.2024).

30. EIR (Employer's Information Requirement), BIM Dictionary: URL: <https://bimdictionary.com/en/employers-information-requirement/1BIM> Dictionary, (дата звернення: 27.01.2024).

References

1. Kabinet Ministriv Ukrainy Rozporiadzhennia. Pro skhvalennia Kontseptsii vprovadzhennia tekhnolohii budivelnoho informatsiinoho modeliuvannia (BIM-tekhnologii) v Ukraini ta zatverdzhennia planu zakhodiv z yii realizatsii vid 17 liutoho 2021 r. № 152-p Kyiv. [Cabinet of Ministers of Ukraine Order. On approval of the Concept for the Implementation of Building Information Modeling Technologies (BIM Technologies) in Ukraine and approval of the Action Plan for its Implementation dated February 17, 2021 №. 152-p Kyiv.] (2021). URL: <https://www.kmu.gov.ua/news/uryad-zatverdiv-koncepciyu-vprovadzhennya-v-ukrayini-vim-tehnologij-u-budivnictvi> (in Ukrainian)

2. Ukrainian Handbook – EU BIM Task Group. (2024). URL: <https://eubim.eu/handbook-selection/ukrainian-handbook/> (in English)

3. UABTG. (2019). Kontseptsiia vprovadzhennia BIM-tekhnologii v Ukraini. [The concept of implementing BIM technologies in Ukraine.] BIM-UABTG-Concept-ZZ-012720. URL: <https://bim.in.ua/wp-content/uploads/2020/05/BIM-UABTG-Concept-ZZ-012720.pdf> (in Ukrainian)

4. ISO 19650-1:2018 Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) – Information management using building information modelling – Part 1: Concepts and principles. (2019, January 21). ISO. URL: <https://www.iso.org/standard/68078.html> (in English)

5. BIM model, BIM Dictionary. (2022). BIM Dictionary. URL: <https://bimdictionary.com/en/bimodel/1> (in English)

6. Levchenko, O., & Mykhailenko, A. (2022). BIM-tekhnologii v zakladakh vyshchoi osvity rivnia pidhotovky bakalavr ta mahistr. [BIM technologies in higher education institutions at the bachelor's and master's level.] *Current Problems of Architecture and Urban Planning*, (62), 152–170. DOI: <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2022.62.152-170> (in Ukrainian)

7. Levchenko, O., & Mykhailenko, A. (2021). Aspekty pidhotovky BIM-menedzheriv. [Aspects of training BIM managers.] *Current Problems of Architecture and Urban Planning*, (59), 118–131. DOI: <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2021.59.118-131> (in Ukrainian)

8. Levchenko, O., & Mykhailenko, A. (2020). BIM kadry vid korystuvachiv do ekspertiv. [BIM personnel from users to experts.] *Current Problems of Architecture and Urban Planning*, (56), 88–102. DOI: <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2020.56.88-102> (in Ukrainian)

9. Levchenko, O. , & Mykhailenko, A. (2014). Informatyzatsiia navchalnoho protsesu v ZVO. [Informatization of the educational process in higher education institutions.] *Current Problems of Architecture and Urban Planning*, (36), 154–163. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Spam_2014_36_23 (in Ukrainian)

10. Kolisnyk-Humeniuk, Yu. (2018). Metodychni vkazivky do vyvchennia modulia «Modernizatsiia osvity v suchasnykh umovakh» [Methodical instructions for studying the module "Modernization of Education in Modern Conditions"] (*LNNTsPO*). URL: <https://enpuir.npu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/24734/Metodychni%20Vkazivky%20Kursu%20Modernizatsiia.pdf?sequence=1> (in Ukrainian)

11. Semenov, A. (2019). Training BIM at the university: Necessary technologies. *BIM in Construction & Architecture*, 223–227. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=38190859> (in Russia)

12. Adamenko, V. (2022). Dosvid vprovadzhennia BIM-tekhnologii v navchalnyi protses na kafedri metalevykh i derevianykh konstruktsii KNUBA. [Experience in implementing BIM technologies in the educational process at the KNUCA Department of Metal and Wooden Structures.] *Building Constructions. Theory and Practice*, (10), 66–78. DOI: <https://doi.org/10.32347/2522-4182.10.2022.66-78> (in Ukrainian)

13. Kravchenko, O., Khoruzhy, V., Lyubenko, V., & Nedashkovsky, I. (2023). BIM technologies in engineering network design. *Problems of Water Supply, Sewerage and Hydraulic*, (42) 29–34. DOI: <https://doi.org/10.32347/2524-0021.2023.42.29-34> (in Ukrainian)

14. Levchenko, O., & Kashchenko, T. (2017). Expert systems in the BIM environment. *New Series*, 14(7), 10. URL: <http://www.intersections.tuiasi.ro/index.php/JIIR/article/download/737/695> (in English)

15. Allplan. BIM-стандарт організації. (allbau-software, Vol. 1). (2024). URL: <https://www.allbau-software.de/phocadownload/BIM%20-%20standart%201.0.pdf> (in English)

16. The manufacturer's guide to BIM for building and infrastructure projects (Autodesk). (2024). URL: <https://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/industry/manufacturing/bim-collaboration/fy23-dm-bim-collab-manufacturers-guide-ebook-en.pdf> (in English)

17. OpenSite designer only true site software (Bentley). (2024). URL: <https://www.bentley.com/wp->

[content/uploads/ebook_opensite_designer_only_true_site_software_ltr_en_lr-1.pdf](#)

(in English)

18. BIM & Design: From Architects to Subcontractors Who does what? (Trimble). (2023). URL:

<https://content.cdntwrk.com/files/aT04NTkyOTEmdj0xJmlzc3VITmFtZT10aGUtdWx0aW1hdGUtZ3VpZG99ZCZzaWc9ZjVmNmM4MTJkYTM0NzQ3ZDVkZWZWIxNTJmZTgxYmE%253D> (in English)

19. Archicad is BIM (Graphisoft). (2020). URL:

<https://dl.graphisoft.com/marketing/ac23/en/Archicad-23-brochure.pdf> (in English)

20. @Autodesk_AKN. (2021). Autodesk Knowledge Network. URL:

<https://knowledge.autodesk.com/support> (in English)

21. @Allplan_Campus. (2021). Allplan Campus. URL: <https://campus.allplan.com>

(in English)

22. @GRAPHISOFT. (2020). GRAPHISOFT Learn. URL:

<https://graphisoft.com/resources-and-support/learning> (in English)

23. @Tekla Structures (Tekla Partners Program Suite). (2021). Tekla Partners Program Suite. URL: <https://www.tekla.com/support/training> (in English)

24. Khochare, S. D., & Waghmare, A. P. (2018). 3D, 4D and 5D building information modeling for commercial building projects. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 5(1), 132–138. URL: <https://www.irjet.net/archives/V5/i1/IRJET-V5I128.pdf> (in English)

25. Chen, G., Chen, J., Yuan, J., Tang, Y., Xiahou, X., & Li, Q. (2022). Exploring the Impact of Collaboration on BIM Use Effectiveness: A Perspective through Multiple Collaborative Behaviors. *Journal of Management in Engineering*, 38(6), 04022065. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0001098](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0001098) (in English)

26. Honta, S. (2018). Experience of EU universities in commercializing research results. *Problems and prospects of economic and management*, 3(15) (3(15)), 15–22. DOI: [https://doi.org/10.25140/2411-5215-2018-3\(15\)-15-22](https://doi.org/10.25140/2411-5215-2018-3(15)-15-22) (in Ukrainian)

27. Levchenko, O., & Antonenko, N. (2023, June 9). Kyivskyi natsionalnyi universytet budivnytstva i arkhitektury Tekhnolohiia BIM dlia vidnovlennia miskyykh terytorii Ukrainy. Reheneratsiia zhytlovoho masyvu "Novi Budynky" v misti Kharkovi (Ukraine) [Kyiv National University of Construction and Architecture BIM technology for the restoration of urban areas in Ukraine. Regeneration of the residential area "New Houses" in Kharkiv (Ukraine)] [Education]. URL: <https://www.knuba.edu.ua/faculties/arh/kafedri-arh/kafedra-kita/novini-kafedri-informacijnix-texnologij-v-arxitekturi/tehnologiya-bim-dlya-vidnovlennya-miskyyh-terytorij-ukrayiny-regeneracziya-zhytlovogo-masyvu-novi-budynky-v-misti-harkovi-ukraine/> (in Ukrainian)

28. Levchenko, O. (2023, December 28). Kyivskiy natsionalnyi universytet budivnytstva i arkhitektury Pryvatna zabudova za prohramoiu «Vidnovlennia Ukrainy» ta spivpratsi KNUBA z Borodianskym ta Makarivskym raionamy Kyivskoi oblasti [Kyiv National University of Construction and Architecture Private development under the program "Restoration of Ukraine" and KNUCA cooperation with Borodyansky and Makarivsky districts of Kyiv region] [Education]. URL: <https://www.knuba.edu.ua/faculties/arh/kafedri-arh/kafedra-kita/novini-kafedri-informacijnix-texnologij-v-arxitekturi/prywatna-zabudova-za-programoyu-vidnovlennya-ukrayiny-ta-spivpraczi-knuba-z-borodyanskym-ta-makarivskym-rajonamy-kyivskoyi-oblasti/> (in Ukrainian)

29. BEP (BIM Execution Plan), BIM Dictionary. (2019, July 31). BIM Dictionary. URL: <https://bimdictionary.com/en/bim-execution-plan/1>

30. EIR (Employer's Information Requirement), BIM Dictionary. (2022 June 4). BIM Dictionary. URL: <https://bimdictionary.com/en/employers-information-requirement/1>

Annotation

Oleksii Levchenko, Candidate of Sciences (comparable to the academic degree of Doctor of Philosophy, Ph.D.) of architecture, Associate Professor of the Department of Information Technologies in Architecture, Kyiv National University of Construction and Architecture.

Andriy Mykhailenko, Candidate of Sciences (comparable to the academic degree of Doctor of Philosophy, Ph.D.) of architecture, Associate Professor of the Department of Information Technologies in Architecture, Kyiv National University of Construction and Architecture.

Problems of implementing BIM technologies in the educational process

The article discusses educational process improvement for architect training concerning modern technologies, such as digitalization, information modeling, and cyber technologies. Reviewed and proposed mechanisms, methods, and means of modernization of education, concerning the introduction of BIM technologies to the bachelor's and master's training course for ensuring quality of professional training of construction and architectural personnel. Influence factors, trends, and alternatives for implementing the concept of BIM in the educational process in the form of end-to-end integrated design and joint work in a team are identified.

At the same time, the lack of personnel in Ukraine with in-depth knowledge of BIM technologies of various levels is emphasized. The article focuses on the relevance of the organization of progressive training, starting from the junior courses of a specialized university or college (institutions of higher education) to professional advanced training courses or other post-graduation training in licensed training centers.

Emphasized are the creation of educational programs and their bringing to the standards of information modeling - as effective ways of construction and architectural personnel training. That involves completion of relevant training for bachelors, becoming proficient at the BIM-management course by masters, interdisciplinary interaction in education, the skills to manage corporate content, generate an IFC container, etc. The following components are emphasized: the need to retrain the teaching staff, improve the qualifications of teachers and provide proper resources, expand the means of enhanced automation, acquire BIM application experience of leading international education institutions, attract modern professionals with adequate experience, to actively demonstrate the BIM software potential, to consult production facilities, to conduct multi-level stimulation - as essential links of a single BIM chain.

The set of technologies that must be mastered by a student during BIM training, the relationship of educational tasks, data transfer formats, and standards for creating an information model for effective management of the design, construction, and operation of facilities in the near future are discussed.

Keywords: BIM; model; modeling; management; training; program; design; process.