

УДК 514.18

Н.І. ГРИЦИНА, В.М. РАГУЛІН
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ПРОГРАМНИХ РІШЕНЬ BIM ПРИ МОДЕЛЮВАННІ СПОРУД

BIM – технології інформаційного моделювання будівель і споруд на всіх етапах проектування, будівництва та експлуатації, аж до знесення споруди. Використання даної технології дозволяє об'єднати діяльність фахівців в різних областях, робота яких виконується з використанням програмних продуктів, що дозволяє проводити моделювання значно дешевше і з меншими витратами часу, а також спрощує процеси пов'язані з візуалізацією майбутнього об'єкта.

Використання BIM у галузі цивільного будівництва стало досить поширеним явищем, а ось в області будівництва штучних транспортних споруд, процес впровадження даних технологій йде з значним відставанням.

Таким чином, можна констатувати, що будівельна галузь, разом із суміжними, має тенденцію до переходу з виробництва креслень до генерації та управління інформацією як інтелектуальним, так і аналітичним активом, що суттєво змінює сам підхід до всіх процесів і зміщує акцент з їхнього лінійного покрокового поступу на більш інтерактивний процес. Варто зазначити, що це не завжди призводить до значного прискорення, радше до перерозподілу пріоритетів – зменшується частка зусиль, що витрачаються на рутинні операції, в той час як вивільнені ресурси можуть бути направлені на більш інтелектуальну та технологічну діяльність, зосереджуючись на якості проектних рішень, інформаційних моделей, аналітичних вишукувань, управлінні.

Також незаперечною перевагою інформаційного моделювання перед САД моделюванням є можливість виявлення набагато більшого відсотка помилок, колізій і невідповідностей всередині єдиного проекту.

Проблема впровадження програмних комплексів BIM є важливою і вкрай актуальною для проектних організацій нашої країни. Інформаційний підхід в розробці проектів відкриває нові горизонти в питаннях економії ресурсів, особливо фінансових і тимчасових.

У даній роботі буде проведено порівняння областей застосування технології інформаційного моделювання в цивільному будівництві та мостобудуванні, а також проведений огляд специфічних областей проектування мостових споруд, в яких застосування інформаційних моделей дало б значний позитивний ефект.

Ключові слова: штучна транспортна споруда, міст, інформаційні технології, інформаційна модель, BIM.

Н.И. ГРИЦИНА, В.Н. РАГУЛИН
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ПРОГРАММНЫХ РЕШЕНИЙ BIM ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ СООРУЖЕНИЙ

Технология BIM – технология информационного моделирования зданий и сооружений на всех этапах проектирования, строительства и эксплуатации, вплоть до сноса сооружения. Использование данной технологии позволяет объединить деятельность специалистов в различных областях, работа которых выполняется с внедрением программных продуктов, что позволяет, проводить моделирование

значительно дешевле и с меньшими затратами времени, упрощает процессы, связанные с визуализацией будущего объекта.

Внедрение BIM в области гражданского строительства стало достаточно распространенным явлением, а вот в области строительства искусственных транспортных сооружений, процесс внедрения данных технологий идет со значительным отставанием.

Таким образом, можно констатировать, что строительная отрасль, вместе со смежными отраслями, имеет тенденцию к переходу по производству чертежей до генерации и управления информацией как интеллектуальным, так и аналитическим активом; существенно меняет сам подход ко всем процессам и смещает акцент с их линейного пошагового прогресса на более интерактивный процесс. Стоит отметить, что это не всегда приводит к значительному ускорению, скорее к перераспределению приоритетов - уменьшается доля усилий, затрачиваемых на рутинные операции, в то время как высвободившиеся ресурсы могут быть направлены на более интеллектуальную и технологическую деятельность, сосредотачиваясь на качестве проектных решений, информационных моделей, аналитических изысканий, управлении.

Также неоспоримым преимуществом информационного моделирования перед САД моделированием является возможность выявления гораздо большего процента ошибок, коллизий и несоответствий внутри единого проекта.

Проблема внедрения программных комплексов BIM является важной и крайне актуальной для проектных и строительных компаний нашей страны. Информационный подход в разработке проектов открывает новые горизонты в вопросах экономии ресурсов, особенно финансовых и временных.

В данной работе будет проведено сравнение областей применения технологии информационного моделирования в гражданском строительстве и в мостостроении, а также произведен обзор специфических областей проектирования мостовых сооружений, в которых применение информационных моделей дало бы значимый положительный эффект.

Ключевые слова: искусственное транспортное сооружение, мост, информационные технологии, информационная модель, BIM.

N. HRYTSYNA, V. RAGULIN

Kharkiv National Automobile and Highway University

ANALYSIS OF MODERN BIM SOFTWARE SOLUTIONS IN MODELING OF CONSTRUCTIONS

BIM technology – information modeling technologies for buildings and structures at all stages of design, construction and operation, up to the demolition of structures. Using this technology allows you to combine the activities of specialists in various fields whose work is carried out with the introduction of software products, which allows modeling much cheaper and with less time, simplifies the processes associated with the visualization of the future object.

The prevailing implementation of BIM in the field of civil engineering has become quite common, but in the field of construction of artificial transport facilities, the process of implementing these technologies is with a significant lag.

Thus, it can be stated that the construction industry, together with related ones, tends to move to the production of drawings to generate and manage information as an intellectual, analytical asset, significantly changes the approach to all processes and shifts the emphasis from their linear step-by-step progress to more interactive process. It is worth noting that this does not always lead to a significant acceleration rather of a redistribution of priorities – the

proportion of efforts spent on routine operations decreases, while the released resources can be directed to more intellectual and technological activities, focusing on the quality of design solutions, information models, analytical research, management.

Also, the undeniable advantage of information modeling over CAD modeling is the ability to detect a much larger percentage of errors, collisions and inconsistencies within a single project.

The problem of introducing BIM software systems is important and extremely relevant for design and construction companies in our country. An informational approach in project development opens up new horizons in the field of saving resources, especially financial and time ones.

In this work, we will compare the areas of application of information modeling technology in civil engineering and in bridge building, as well as review specific areas of designing bridge structures in which the use of information models would give a significant positive effect.

Keywords: artificial transport structure, bridge, information technology, information model, BIM.

Постановка проблеми

Багато мостових споруд та автомобільних доріг України мають великий термін експлуатації, вони побудовані за старими нормами і технологіями, знаходяться в незадовільному стані і вимагають серйозної реконструкції і ремонту. Більшість споруд вимагає повної заміни несучих конструкцій вже через 35-40 років, тоді як світова практика свідчить, що терміни служби залізобетонних мостів повинні бути не менше 70-80 років [1].

В останні роки в процес проектування і реконструкції об'єктів активно впроваджуються різні програми, електронні системи та інформаційні технології.

Необхідність використання BIM-технологій для вирішення питань у будівництві штучних транспортних споруд ставить серйозне завдання по підготовці кадрів, котрі зможуть поєднати багаторічний досвід та сучасні вміння роботи з наявними технологіями.

Аналіз останніх досліджень и публікацій

Аналіз експлуатаційного стану мостів Харківської області показав [2], що за станом 2016 року і до цього дня на території Харківської області знаходиться в експлуатації більше 800 мостових споруд. З них 84% – залізобетонні мости, 9% – металеві, 5% – сталебетонні і 2% – дерев'яні. Велика частина металевих мостів (46%) виконані з прогонових споруд довжиною 24-34 м, 19% – 16-24м, 19% – 10-16м, 6% – 34-70м, 6% – 4-6м та 4% – 6-10м. Сталебетонні прогонові споруди довжиною 9-15м складають 53%, 15-33м – 26%, а більш 33м – 21%.

Так авторами [2] розглянуті мости по типу несучої конструкції. Залізобетонні прогонові споруди ділять на плитні (52%), ребристі (43%) і коробчасті (5%). З них 65% прогонових споруд, що виконані зі збірного залізобетону, 30% – з монолітного і 5% – із збірно-монолітного залізобетону. Найбільш часто зустрічається габарит Г-10 – 24%; Г-8 – 21%; Г-7 – 17%; Г-6 – 13%; Г-11,5 – 6% і більше 11,5 м – 19%. Як показали матеріали обстежень і розрахунків мостів [2], 46% споруд не відповідають сучасним навантаженням. Це мости споруджені до 1962-1963 років, запроектовані під навантаження Н-10, Н-13 і НГ-60.

В останні роки в процес проектування різних об'єктів активно впроваджуються різні програмні комплекси і програми, електронні системи та інформаційні технології. Тому, буде дуже корисним і цікавим проведення порівняння процесів застосування інформаційних технологій в проектуванні і будівництві штучних споруд транспортної

інфраструктури, промислових і цивільних будівель.

Впровадження BIM-технології в різні сфери проектування є революцією в питаннях традиційного процесу будівництва. У США процес впровадження інформаційного моделювання споруди почався в 2003 році. Трохи пізніше, в 2007 році, до США приєдналися Європа і Азія [3]. Відповідно до даних досліджень McGraw-Hill Construction, рівень залучення проектних бюро США і Канади в технології BIM в 2007 році становив 28%, в 2009 – 49%, в 2012 – 71%.

У багатьох країнах Європи впровадження передових BIM технологій проводиться цілеспрямованими діями влади. Зокрема, у Великобританії, ще в 2010 році, був затверджений план заходів, відповідно до якого, починаючи з 2016 року, всі фінансовані державою будівельні проекти повинні розроблятися відповідно до стандартів BIM. Україна також не відстає від решти спільноти, і з 2019 року розробляє концепцію впровадження BIM на будівництві.

Що важливо, застосування комп'ютерних програм призводить до скорочення часу проектування майже на 40%, це дозволяє істотно заощадити на грошових витратах. Таким чином, підвищується рівень продуктивності на всіх етапах від проектування до введення в експлуатацію об'єкта, в зв'язку з цим підвищуються виплати співробітникам і збільшується загальний прибуток.

Безліч статей присвячено питанням застосування і впровадження BIM-технології в зарубіжних статтях [4–6]. Питання ефективності та переваг впровадження інформаційного моделювання докладно розглянуті Астаф'євою Н.С. зі співавторами [7].

Мета дослідження

Метою даного дослідження є аналіз взаємозв'язку сучасного програмного забезпечення та існуючих фундаментальних рішень інженерів та проектувальників для подальшого їх втілення в учбовий процес при підготовки фахівців за освітньою програмою «Транспортне будівництво та цивільна інженерія». Серед безлічі програмних рішень BIM навчитись приймати рішення по вибору найоптимальніших програмних продуктів.

Якщо аналізувати дорожню галузь, як транспортну артерію країни, варто відзначити, що інформація про вже побудовані дороги зберігається в паперових архівах, електронних паспортах і креслениках. Однак немає електронної моделі вже побудованих доріг. Життєвий цикл об'єкта будівництва складається з безлічі етапів, таких як: планування, концептуальний дизайн, проектування, аналіз, документування, будівництво, управління часом і ресурсами при будівництві, будівельна логістика, зміст, ліквідація або оновлення. Одним з основних принципів інформаційного моделювання є прагнення об'єднати в одній інформаційній моделі всі стадії життєвого циклу споруди та всі розділи проектування.

Сучасні програмні продукти сприяють підвищенню ефективності і прозорості будівельних робіт і управління будівництвом. Фактично, програмні продукти для інформаційного моделювання будівель стали обов'язковими для будівельників. Вони стають все більш комерційно доступними і впроваджуються для студентів закладів вищої освіти в цій області.

Інструменти BIM пропонують безліч можливостей для виявлення існуючих проблем і запобігають зайвій втраті часу і грошей. Інтелектуальний підхід на основі 3D-моделей дає можливість, використовуючи правильні інструменти, досягти ефективнішого проектування і управління будівництвом.

Одним з лідерів і засновників руху стала компанія Autodesk, досягнення якої послужили поштовхом до створення альянсу із взаємодії різних графічних платформ. На ринку багато і інших компаній по програмному продукту: ArchiCAD компанії

GraphiSoft (Угорщина), Tekla Structures компанії Tekla (Фінляндія), VectorWorks, AllPlan, SCIA компанії Nemetschek (Німеччина), Revit та AutoCAD компанії Autodesk (США), Openbim, відкритий інструмент BIM для розробки додатків, заснованих на IFC, ScetchUp компанії Trimble (США), FreeCAD, пакет тривимірного проектування з відкритими початковими кодами з архітектурним модулем на базі ядра OpenCASCADE.

Головна перевага і особливість проектування в програмах, що відображають BIM-принципи (наприклад, до числа цих програм відносяться Autodesk c, Allplan, Tekla Structures, Bentley Building Designer, MagiCad, Graphisoft Archicad, САПФІР-3D і інші), полягає в тому, що споруду необхідно віртуально «побудувати». Тобто, звести з нуля до моменту початку експлуатації або навіть до знесення, демонтажу. Такий підхід до роботи дозволяє принципово виключити ряд помилок, наприклад, таких як банальна невідповідність розмірів фасадів розмірам планів або розрізів проектованої моделі. Як не дивно, такого роду помилки зустрічаються дуже часто. Як правило, вони виникають через те, що над проектом працює команда з великої кількості людей. Дуже складно врахувати не тільки свої помилки, але і безліч помилок співучасників проекту.

Для більшості будівельних організацій основна мета застосування BIM-технологій полягає в підвищенні якості, скорочення помилок і витраченого часу при підготовці проектної документації, а також застосування принципів BIM-моделювання в розрахункових операціях і при візуалізації.

Розглянемо детальніше застосування Autodesk Revit для виконання завдань з навчальної дисципліни «Використання пакету Revit в задачах будівництва мостів» що проводяться кафедрою «Інженерна та комп'ютерна графіка» ХНАДУ.

Переваги Revit:

- Як і для всіх програм, заснованих на технології BIM, користувач практично нічого сам не креслить, він виконує тільки роботу по оформленню документів згідно з ДСТУ.
- Всі графічні позначення можна міняти – товщина ліній, колір, штрихування.
- Є функція багатоваріантності одного і того ж рішення об'єкта.
- Передбачена окрема можливість для визначення типу робіт – будівництво, знесення, реконструкція.
- Управління найдрібнішими деталями креслення – кути повітропроводів, перила і сходи, пробки на кінцях труб і тощо. В САПР вкладені нормативи з армування та облаштування комунікацій за зразком європейських стандартів.
- Впровадження компонентів з зовнішніх файлів.
- Можливість тривимірної візуалізації представлена через хмари точок. За користувачем залишається вибір їх щільності та розмірів пікселів. Так легше управляти зображенням.
- Всі параметри, отримані дані можна формувати по групах, щоб полегшити процес заповнення документів, кошторисів.
- Проектні ідеї можна окремо виділяти на макеті кольором, щоб наочно побачити їх необхідність, а також перетин з іншими рішеннями.
- Автоматизація випуску специфікацій.
- Можливість маркувати будь-які елементи будівництва.
- Повна підтримка імпорту та експорту з AutoCAD.
- Можливість віддаленої командної роботи в одному файлі.

Недоліки Revit:

- Для української локалізації відсутня можливість користування бібліотекою штампів і сімейств.
- Відсутні будівельні норми для України.

- Автоматичне армування або аналіз роботи, часто, буває помилковим і непридатним для даного проекту. Виправлення витрачає більше часу, ніж самостійне креслення.
- Revit більше підходить для монолітного будівництва, ніж для збірних металоконструкцій. Другі вимагають додаткової розробки елементів.
- Дуже довге очікування завантаження.
- Повільний поворот 3D-видів.
- При експорті аналітики в розрахункові комплекси схема виходить неповною.
- Командна робота ускладнюється тим, що вивантаження макета можна робити тільки в хмарне сховище компанії Autodesk.
- Працювати з документами, які були створені в новій версії програми, можуть тільки ті розробники, у яких встановлено таке ж свіже ПО. Проектувальники, які не встигли придбати оновлену ліцензію просто не зможуть працювати з проектом.

В даний час серйозним завданням стала необхідність для ЗВО підготувати випускника, компетентного в питаннях інформаційного моделювання. Створення BIM моделі починається зі створення самого конструктиву, а потім візуалізація, об'ємні види, об'ємні перерізи, рендери, і звичайно ж, оформлення креслеників та специфікацій. Для засвоєння особливостей моделювання в системі Autodesk Revit для студентів дорожньо-будівельного факультету ХНАДУ було розроблено кілька завдань по створенню об'єктів цивільного будівництва та мостобудування: побудова двоповерхового будинку (рис. 1) та моделювання прольотної будови малого моста (рис. 2) з подальшим оформленням конструкторської документації.

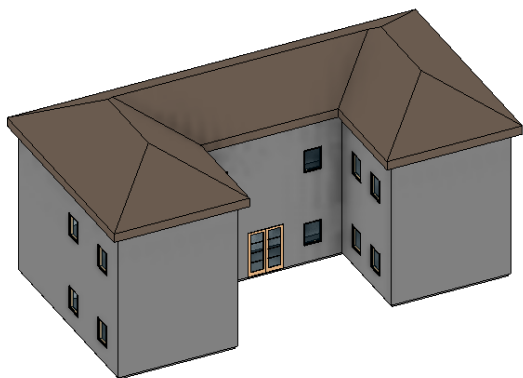


Рис. 1. Тривимірне зображення двоповерхового будинку.

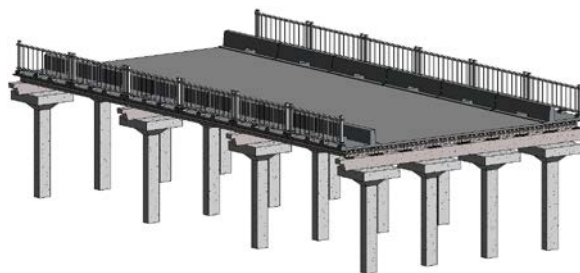


Рис. 2. Тривимірне зображення прольотної будови малого моста.

Висновки

Основною проблемою впровадження BIM-технологій в проектні компанії є недостатня зацікавленість самих будівельних організацій. Головною причиною цього є неготовність підприємств до досить великих початкових витрат та відтік молодих кваліфікованих кадрів за кордон. Друга проблема полягає в автоматизованому випуску готової проектної та робочої документації, оформленої відповідно до ДСТУ. На прикладі Autodesk Revit, можна відзначити, що дуже багато ентузіастів розробляють готові шаблони оформлення, орієнтовані під норми ДСТУ, проте і цього може не вистачити. Для вирішення окремих завдань потрібне спеціалізоване програмне забезпечення, з чого і випливає наступна проблема: ситуація, при якій комбінують розділ марки AP випущений в Revit і розділи марок КМ / КМД – в Tekla Structures. Таким чином, для розробки повноцінного проекту, необхідно закупити відразу кілька дорогих продуктів і ліцензій, що не завжди представляється можливим. Будівельні компанії усвідомлюють, що з часом їх основні конкуренти перейдуть на BIM-моделювання, тому необхідно шукати рішення проблем при впровадженні технологій в кожен конкретну організацію для того, щоб в майбутньому залишитися на ринку.

Список використаної літератури

1. Матаров И. А., Смирнова Л. С., Шилина А. Л. Сборные железобетонные мосты с многорядной сварной арматурой. Москва : Автотрансиздат, 1959. 186 с.
2. Кожушко В. П., Бильченко А. В., Кислов А. Г. и др. Повышение долговечности автодорожных мостов: монография / Под. ред. В.П. Кожушко. Харьков: ХНАДУ, 2016. 236 с.
3. Шарманов В. В., Мамаев А. Е., Болейко А. С., Золотова Ю. С. Трудности поэтапного внедрения BIM. *Строительство уникальных зданий и сооружений*. 2015. № 10. С. 109.
4. Becerik-Gerber B., Jazizadeh F., Li N., Calis G. Application areas and data requirements for BIM-enabled facilities management *J. Constr. Eng. Manag.* 2012. Vol. 138. P. 431–442.
5. DiBernardo S. Integrated Modeling Systems for Bridge Asset Management. CaseStudy. Proceedings of the *Structures Congress*. (Chicago, March 29-31, 2012). Red Hook: Curran, 2012, pp. 483–493.
6. Ding L., Zhou Y., Akinci B. Building Information Modeling (BIM) application framework: the process of expanding from 3D to computable *Automation in construction*. 2014. Vol. 46. P. 82–93.
7. Астафьева Н. С., Кибирева Ю. А., Васильева И. Л. Преимущества использования и трудности внедрения информационного моделирования зданий *Строительство уникальных зданий и сооружений*. 2017. № 8. С. 41–62.

References

1. Matarov, I. A., Smirnova, L. S., & Shilina, A. L. (1959). *Sbornye zhelezobetonnye mosty s mnogoryadnoj svarnoj armaturoj*. Moskva: Avtotransizdat.
2. Kozhushko, V. P., Bilchenko, A. V., & Kislov, A. G. et al. (2016). *Povyshenie dolgovechnosti avtodorozhnyh mostov: monografiya / Pod. red. V. P. Kozhushko*. Kharkov: HNADU.
3. Sharmanov, V. V., Mamaev, A. E., Bolejko, A. S., & Zolotova, Yu. S. (2015). *Trudnosti poetapnogo vnedreniya BIM. Stroitelstvo unikalnyh zdaniy i sooruzhenij*. **10**, 109.
4. Becerik-Gerber, B., Jazizadeh, F., Li, N., & Calis, G. (2012). Application areas and data requirements for BIM-enabled facilities management *J. Constr. Eng. Manag.* **138**, 431–442.
5. DiBernardo S. (2012). Integrated Modeling Systems for Bridge Asset Management. CaseStudy. Proceedings of the *Structures Congress*. (Chicago, March 29-31, 2012). Red Hook: Curran, pp. 483–493.
6. Ding, L., Zhou, Y., & Akinci, B. (2014) Building Information Modeling (BIM) application framework: the process of expanding from 3D to computable. *Automation in construction*. **46**, 82–93.
7. Astafeva, N. S., Kibireva, Yu. A., & Vasileva, I. L. (2017). *Preimuschestva ispolzovaniya i trudnosti vnedreniya informatsionnogo modelirovaniya zdaniy. Stroitelstvo unikalnyh zdaniy i sooruzheniy*. **8**, 41–62.

Грицина Наталія Іванівна – к.т.н., доцент, доцент кафедри інженерної та комп’ютерної графіки Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, e-mail: natagritsina@gmail.com, ORCID: 0000-0002-2043-6085.

Рагулін Віталій Миколайович – викладач кафедри інженерної та комп’ютерної графіки Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, e-mail: ragulinrvn@ukr.net, ORCID: 0000-0003-2083-4937.