

УДК 528+65.02

М. КОЦАБ¹, Д. ВІЛІМ², Ї. ЛЕХНЕР¹, К. РАДЕЙ¹, А. ДРБАЛ¹

¹ Науково-дослідний геодезичний, топографічний і картографічний інститут (НДГТКІ), вул. Устецка, 98, Здіби, 250 66, Чеська Республіка, ел. пошта: Milan.Kocab@vugtk.cz

² GEOLINE, т.о.в., вул. На Кржівце, 96, 101 00, Прага, Чеська Республіка

РОЛЬ ГЕОДЕЗИСТІВ У БУДІВНИЦТВІ МЕТОДОМ ВІМ

Новий метод будівництва ВІМ створює нові можливості для праці геодезистів на будівельних майданчиках. Для виконання геодезичних робіт геодезисти повинні швидко пристосуватися до нових технологій і технічних засобів будівництва, до вимог щодо точності визначення просторових об'єктів, до програмного забезпечення і стандартів, які використовують у методі ВІМ. Завдання геодезистів полягає у трансформації отриманих просторових даних в інформаційні системи території в 3D-зображеннях.

Ключові слова: метод ВІМ, споруда, тривимірні об'єкти, геодезичні методи, інформаційні системи території.

Вступ

Сприйняття світу і його зображення швидко зміщується від писаного слова до образів і графічних моделей, формується нова семантика щодо графічного представлення, яка поступово створює зв'язок між фахівцями в межах нового розуміння на рівні тривимірної просторової геометрії. Вже сьогодні тривимірне подання реального світу відіграє важливу роль у багатьох наукових, інженерних і промислових рішеннях.

Сучасні потужні обчислювальні та зображувальні системи забезпечують великооб'ємні можливості передавання даних і дають змогу детальніше розпізнавати явища і наступні розробки рішень у тривимірному розумінні, зокрема з можливістю їх інтеграції та трансформації в нові тривимірні системи.

Унаслідок цих змін постають вимоги отримувати здебільшого тривимірні об'єкти, цифрові моделі рельєфу і ситуації, які необхідно підтримувати в актуальному стані. Саме тому геодезисти повинні швидко пристосуватися до нових вимог, щоб зберегти затребуваність і конкурентоспроможність своєї галузі. Переважна частина даних потрібна нині в цифровій формі у 2D- і 3D-зображеннях. Тому від геодезистів вимагають гарантованої якості даних і зручності використання їх у практиці інших галузей. Зростають вимоги до 3D-вимірювань, моделювання та візуалізації геопросторових даних у державній системі координат. Змінюються технології отримання даних геодезичними і фотограмметричними методами, прилади і програмне забезпечення, навіть професійні навички, орієнтовані на інформаційні та комунікаційні технології.

Метод ВІМ

Нова технологія “Building Information Model” – ВІМ (“Інформаційна модель споруди”) або “Building Information Modeling” (“Інформаційне моделювання споруди”) з'явилася ще у 1992 р., проте тільки через десять років розробники графічних програмних засобів

почали вводити в свої програми засоби для цифрової 2D- і 3D-презентації будівельних об'єктів як САД-аплікацій. ВІМ-технологія визначається як цифрова презентація фізичних і функціональних якостей об'єкта (напр. споруди), як загальний елемент інформації про його оснащення і надійна основа для прийняття рішень протягом усього його життєвого циклу існування (проекування/будівництво/експлуатація) аж до знесення [ВІМ, 2019; ВІМFix Blog, 2019)].

Використання ВІМ як мультидисциплінарної інформаційної моделі споруди перевершує сучасне планування і проектування, розширює процеси будівництва на весь цикл існування споруди, передбачає такі допоміжні процеси, як управління витратами, будівельне адміністрування, експлуатацію споруди і документування фактичного стану, які використовують адміністратори будівель, населених пунктів і державного управління на різних рівнях. ВІМ забезпечує поліпшення комунікації, запобігає конфліктам під час будівництва та покращує просторову ідентифікацію будівельного об'єкта не тільки в процесі будівництва, але і у ході експлуатації.

Запропоновано значні переваги для експлуатації будівель, а також можливість використовувати дані для інших адміністративних цілей. Перевага є також у візуальній комунікації, наприклад, веденні кадастру нерухомості (КН), в якому застарілі графічні креслення можна замінити просторовою і семантичною інформацією про структуру всередині моделей будівель. Модель будівлі допомагає побачити границі між власниками всередині будівлі, визначає з великою точністю межі загальних приміщень, окремих квартир і дає змогу чітко виділити власницькі права й обов'язки, а також вибрані права і обмеження.

Враховуючи вищесказане, влада Чеської Республіки (ЧР) ухвалила 25.09.2017 р. Постанову № 682, в якій затвердила “Концепцію впровадження методу ВІМ в ЧР” [Консерсе, 2017].

Завдання геодезистів під час отримання даних для методу BIM

У наш час помітними темпами змінюються вимоги до геодезичних робіт для цільового картографування і для будівництва. Основною причиною цього є поступове впровадження тривимірного зображення будівельних об'єктів і новий метод роботи з інформацією, коли одночасно створюють модель і креслення будівництва методом BIM. Зміна методів роботи привела до тісної співпраці всіх задіяних на будівництві інженерно-технічних працівників з геодезистами, роль яких стала вирішальною. Всі проектні та будівельні роботи відображаються на одній 3D-моделі споруди, де кожен учасник виконує власне конкретне завдання, але вносить в модель свої дані, які використовують усі учасники будівництва [BIM, 2019; BIMFix Blog, 2019; BIMFix Framework, 2016].

Проблематика будівельних процесів залишається тією самою, але завдання геодезистів під час будівництва змінилися і полягають в отриманні вихідних геодезичних даних, у винесенні в натуру частин споруджуваного об'єкта, в контролі його геометричних параметрів і, врешті, у фіксації фактичної реалізації будівництва і в створенні завершальної документації закінченого будівництва.

Організація праці методом BIM потребує набагато тіснішої співпраці інженерно-технічних працівників різних спеціалізацій, передбачає постійне використання цифрових даних у системі клієнт–сервер, високу точність робіт, дотримання термінів і просторової точності об'єктів будівництва, виправлення помилок, виконання відповідних рішень керівництва. Без необхідної кваліфікації геодезистів, які застосовують геодезичні технології, успішне впровадження методу BIM неможливе.

Основне завдання геодезистів – створення цифрової моделі місцевості з межами ділянок із середньою квадратичною плановою точністю $m_{xy} = 0,14$ м і середньою квадратичною висотною помилкою $m_h = 0,12$ м і точніше. З самого початку робіт над проектом BIM вони працюють з 3D-програмними засобами, доповнюючи геодезичними даними модель проекту з метою уточнення його зображення, що пов'язано з подальшими розмічувальними геодезичними роботами. Вони зобов'язані здійснювати контроль просторової точності поточної моделі BIM відповідно до стандартів Міжнародної організації зі стандартизації (ISO), оновлювати виміряні значення і, головне, співпрацювати із проектувальниками та іншими учасниками будівництва.

Поточні геодезичні вимірювання швидко виявляють розбіжності в даних 3D-моделі споруди, які можна виправити раніше, ніж вони спричинять затримки в будівництві та, як наслідок, економічні збитки. Зручний контроль і взаємозв'язок геоданих у 3D-моделі дає змогу зменшити кількість повторних вимірювань, які впливають з інструкцій і стандартів,

і в кінцевому результаті допомагають поліпшити якість роботи. Під час геодезичних і обов'язкових контрольних вимірювань та дотримання технології робіт все одно трапляються помилки, які в 3D-моделі без проблем виявляють візуально. Також зручно отримувати із 3D-моделі споруди високоточні планові і висотні геодані для розмічувальних робіт. Тому саме геодезисти відповідають за фіксацію точних даних про поточний стан будівництва, виявлення розбіжностей вимірювань з проектом і розбіжностей у документації закінченого будівництва.

Передавання результатів геодезичних робіт замовнику (актуалізація, контрольні вимірювання, розмічувальні роботи, закладання пунктів тощо) в 3D-зображенні істотно простіше як для геодезиста, так і для інвестора та підрядника будівництва. Перевагою для геодезистів після закінчення будівництва є те, що вони найкраще знають модель даних для підготовки виконавчої технічної документації будівництва, тому мають можливість з цією моделлю далі працювати під час створення різних паспортів, моделей даних для управлінь будинками, реєстрів будівель, реєстрів квартир, реєстрів нежилых приміщень, КН тощо [Коцаб, 2017:1].

Ефективна співпраця ґрунтується на ефективному обміні інформацією. Файл засобів для управління, використовуване програмне забезпечення і засоби візуалізації переважно розташовані на центральному сервері будівництва. За допомогою т. зв. хмарних обчислень (англ. Cloud Computing), тобто моделі забезпечення повсюдного та зручного доступу через інтернет до даних, результати геодезичних вимірювань миттєво надсилають всім учасникам будівництва. І навіть більше, хмарні сервіси забезпечують потужний інструмент для управління версіями BIM-проекту з можливістю негайно реагувати на зміни проекту на основі наказів відповідальних працівників.

Зауважимо, що термін дії переважної частини графічних даних про споруди закінчується здебільшого передаванням інвестору друкованої документації, з якої виготовляють засвідчені копії для різних потреб адміністрування [Коцаб, 2017:1].

Сучасні та майбутні геодезичні роботи, пов'язані із методом BIM

Геодезичні роботи в ЧР регламентуються Законом ЧР № 200/1994 Зб. від 29.09.1994 р. про геодезію і картографію з наступними змінами і доповненнями. До геодезичних робіт згідно з цим законом зараховано також роботи із визначення просторових зв'язків методами інженерної геодезії [Zákon č. 200, 1994].

Закон також вказує, що геодезичні роботи мають право виконувати лише фахово кваліфіковані особи, якими слід вважати фізичних осіб із закінченою вищою або середньою технічною геодезичною освітою.

Вказівки № 31/1995 Зб. до вказаного закону в § 13 роз'яснюють, що результати геодезичних робіт у будівництві офіційно засвідчує уповноважений інженер-геодезист [Vyhláška č. 31, 1995].

Засвідчення результатів геодезичних робіт відбувається під час:

а) підготовки будівництва (побудови геодезичної основи й аналізу її повноти, правильності та придатності);

б) проектування споруд (створення проекту розмічувальних мереж, контроль і документування, виготовлення розмічувальних креслень окремих проєктів, координація просторового розміщення надземних і підземних об'єктів і обладнання, вимірювання деформацій і змін);

в) ведення будівництва (розмічування території будівельного майданчика з урахуванням прав використання земельних ділянок, закладання і вимірювання розмічувальної мережі та забезпечення її збереження і контролю, розмічування форми і розмірів споруди, виконання безперервних контрольних геодезичних вимірювань, вимірювання зсувів споруд та фактично виконаного будівництва);

г) документування та експлуатації будівництва, (виготовлення геодезичної частини документації фактично виконаного будівництва, вимірювання зсувів споруд, вимірювання і контрольні вимірювання підкранових колій, вимірювання лінійних та інших споруд згідно з будівельним законом, вимірювання і доповнення геодезичної частини документації наявних будівельних об'єктів тощо).

Планові й висотні вимірювання усіх підземних об'єктів і обладнання завжди виконують перед їх закриттям, а в результатах геодезичних робіт обов'язково вказують назву державної геодезичної референсної системи.

Всі вказані геодезичні роботи виконують під час будівництва методом BIM, тому геодезисти повинні досконало володіти сучасними геодезичними приладами і програмним забезпеченням, вміти читати будівельну документацію, організувати роботу на будівельних майданчиках і, головне, професійно спілкуватися із керівництвом та іншими учасниками під час будівництва. Від підготовки будівництва, через створення цифрової моделі рельєфу (ЦМР) і ситуації (ЦМС) аж до виготовлення кінцевої документації в 3D-зображенні, геодезисти працюватимуть із просторовими даними і нормами для BIM.

Створення ЦМР та ЦМС (це вся інфраструктура, рослинність тощо) відбувається за допомогою системи LIDAR (англ. Light Identification, Detection and Ranging), яка зображає на ЦМР і ЦМС. Це дає змогу здійснювати симуляцію проєктного моделювання з можливістю детального і точного порівняння у часі 3D-одиниць. ЦМС – основна платформа для проєктів BIM, що особливо важливо для керівництва

будівництвом, кризового адміністрування і управління будинками впродовж їх життєвого циклу. Тому дуже важливо, щоб 3D-проєкт був виготовлений в державній системі координат і висот, а під час будівництва в нього вносили здійснені зміни на основі прямих геодезичних вимірів [Коцаб, 2017:1].

Набутий досвід показав, що після закінчення будівництва саме геодезисти повинні продовжувати трансформувати кінцеву документацію проєкту BIM для подальшого її використання у різних GISax, наприклад для 3D-моделей міст згідно зі стандартом City GML (Geography Markup Language) з деталями п'яти рівнів (Level of Detail – LOD) [Коцаб, 2017:2].

Не треба забувати також про важливу комунікаційну криву кожного об'єкта, якою є топологічна лінія, утворена проєкцією оболонки споруди на ЦМР у середовищі прикладного програмного забезпечення, що є істотним елементом інтеграції між моделями BIM і GIS і позначається як TIC (Terrei Intersection Curve) [Коцаб, 2017:1].

Використання нових геодезичних засобів

Важкі умови праці в польових умовах і сучасні вимоги до швидкості отримання даних створюють багато проблем для геодезистів, а використання новітніх технологій, щоб пришвидшити одержання і опрацювання цих даних, збільшує витрати, які, однак, із набуттям досвіду помітно зменшуються. До найважливіших належать новітні програмні засоби для виробництва, збирання, опрацювання та імпорту даних з різних джерел і технологія лазерного сканування у поєднанні із геодезичними методами вимірювання.

Наприклад, останніми роками для топографічного картографування використовують технологію безпілотних авіаційних систем БАС (англ. Unmanned Aircraft Systems – UAS). Літаком або дроном без людини на борту керує оператор з поверхні землі із використанням технології, наприклад, вже згадуваної LIDAR. У результаті за допомогою лазерного сканування з деталізацією чотири точки на кв. метр отримують ЦМР з точністю 3–5 см [Karas J., Tichý T., 2016; Štroner M. і кол., 2013].

За допомогою БАС отримують цифрові дані для невеликих площ (3–5 га), які використовують для виготовлення ЦМР, що є основою для BIM. Переваги БАС полягають, передусім, в їх оперативності, швидкості розгортання, відносній незалежності від метеорологічних умов, а також у подальшому вимірюванні та виготовленні ЦМР.

БАС застосовують для знімання лінійних споруд (комунікацій), моніторингу, створення точних цифрових моделей і для визначення об'єму ґрунту тощо. Так одержують результати, які неможливо отримати іншими методами, наприклад, точні ЦМР для комунікацій із визначенням форми і глибини траншей. Такі дані – оптимальна основа для проектування методом BIM. Для цього вже існує широкий спектр

програмних продуктів, які готові працювати із цими даними, а також дають змогу проєктувати в 3D-зображенні. Порівняно із традиційними цей метод забезпечує істотну економію часу.



Рис. 1. Розміщення (білих) кульових опознаків для з'єднання хмари точок під час наземного лазерного сканування (НДГТКІ)



Рис. 2. Зображення будівлі НДГТКІ, отримане із хмари точок під час лазерного сканування

Рівень деталізації LOD в BIM

Ще у 2008 р. Американський архітектурний інститут (англ. American Institute of Architects –AIA) розробив перше визначення для окремих рівнів розвитку BIM.

Поряд зі швидким розвитком способу моделювання була розроблена і спеціалізація LOD, яку сьогодні використовують як засіб комунікації та стандартизації із можливістю подальшого детального доповнення.

З погляду геодезії й для співпраці під час створення BIM важливі графічна презентація і дотримання умов створення підоснови в 3D-зображенні для повної 3D-моделі. Головною метою є створення цифрової моделі в державній системі координат і висот та винесення запроєктованої споруди на місцевість [Коцаб, 2017:1].

Висновки

Значення нового методу BIM полягає у співпраці геодезистів з інженерами і техніками різних спеціалізацій на будівельних майданчиках. Геодезисти – єдині фахівці, які беруть участь у будівництві від самого початку і до його завершення. Вони здатні швидко і з високою точністю вимірювати геодезичними методами реальний стан кожного елемента на кожному етапі будівництва і показувати отримані дані на спільній моделі споруди BIM для прийняття відповідних управлінських рішень щодо подальшого поступу будівництва.

Дані для управління будівництвом у цифровій 3D-формі призначені також для цілей адміністрування споруди упродовж усього терміну її експлуатації. Важлива їх складова – програмні засоби визначних світових виробників, які дають змогу працювати в режимі клієнт–сервер, здійснювати маніпуляції з даними і їх публікацію. Умовою для застосування доданої вартості проєкту BIM є добра трансформація BIM-даних із наявних форматів у формати різних ГІС-рішень.

Іншим аспектом використанням 3D-моделей будівель є аспект стійкості географічних даних, отриманих у ході будівельних робіт, для підтримки електронного урядування (англ. E-Government), для управління квартирами в КН, агентств нерухомості, банків, муніципалітетів, управлінь нерухомістю, оперативних планів ремонту будівель і багатьох інших потреб.

Подальші дослідження і набутий досвід у цій галузі повинні вказати на нові можливості та варіанти введення 3D-моделей у КН, на інтеграцію наявних моделей BIM до RUIAN (чеськ. Registr územní identifikace, adres a nemovitostí/Реєстр територіальної ідентифікації, адрес і нерухомостей) і на нові завдання геодезистів стосовно геореференцування моделей і їх інтеграції до інших GISів, а також привести до розроблення нових стандартів і термінології [Коцаб, 2017:1].

Примітка. В тексті для прикладу наведено зображення (рис. 1 і 2) наземного лазерного сканування території НДГТКІ у смт. Здіби.

Література

- BIM (2019). Informační model budovy [online]. URL: <http://www.bimfo.cz/Home.aspx?gclid=CPbJwuCFk80CFZUW0wodsZWOSQ>
- BIMFix Blog (2019) [online]. URL: <http://bimfix.blogspot.cz/2013/04/ten-objectives-of-model-origin-and-setup.html>
- BIMFix Framework for Shared Model Establishment, 26th September 2016. V1.0I. For Building Lead Consultants using Autodesk®Revit®. 24 p. [online].

- [Cit. 2019-05-07]. URL: <https://www.scribd.com/document/348877149/BIMFix-Framework-for-Shared-Model-Establishment-V1-0-pdf>
- Vyhláška č. 31/1995 Sb. Českého úřadu zeměměřického a katastrálního ze dne 1. února 1995, kterou se provádí zákon č. 200/1994 Sb., o zeměměřictví a o změně a doplnění některých zákonů souvisejících s jeho zavedením. URL: <https://www.cuzk.cz/Predpisy/Pravni-predpisy-v-oboru-zememerictvi-a-katastru.aspx>
- Zákon č. 200/1994 Sb. ze dne 29. září 1994 o zeměměřictví a o změně a doplnění některých zákonů souvisejících s jeho zavedením. URL: <https://www.cuzk.cz/Predpisy/Pravni-predpisy-v-oboru-zememerictvi-a-katastru.aspx>
- Karas J., Tichý T. (2016). *Drony*. Brno : Computer Pres, 2016. 264 s.
- Koncepce zavádění metody BIM v České republice (2017) / Usnesení vlády ČR č. 682 ze dne 25. 9. 2017. Praha : MPO, 2017. 49 s. URL: <https://www.mpo.cz/cz/stavebnictvi-a-suroviny/bim/koncepce-zavadeni-metody-bim-v-cr-schvalena-vladou--232136/>
- Коцаб М., Вилим Д., Лехнер И., Радей К., Дрбал А. (2017:1). Новые задачи геодезистов в строительстве, выполняемом методом BIM / Доповідь-презентація, виголошена на XXII Міжнародній науково-технічній конференції «ГЕОФОРУМ-2017», м. Львів – Брюховичі, 25–27.04.2017 р. Здіби : НДГТКІ, 2017. 26 с.
- Kocáb M., Lechner J., Raděj K., Vilím D., Zaoralová J. (2017:2). Standardizace měření exteriéru a interiéru budov. *Geodetický a kartografický obzor* (Пара). 2017, Č. 4, S. 73-80. [online]. URL: <http://egako.eu/cs/gako-42017-2/>
- Štroner M., Pospíšil J., Kostka B., Křemen T., Urban R., Smítka V., Tršák P. (2013). *3D skenovací systémy* / Katedra speciální geodezie ČVUT. Praha, 2013. 396 s.

M. KOCAB¹, D. VILIM², J. LECHNER¹, K. RADEJ¹, A. DRBAL¹

¹ Scientific-Research Geodetic, Topographic and Cartographical Institute, 250 66 Zdice, Ústecká, 98, okres Praha – východ, Czech Republic, E-mail: Milan.Kocab@vugtk.cz

² GEOLINE, spol. s r.o. Na Křivce, 96, 101 00, Praha 101, Czech Republic

STATUS OF GEODESISTS IN THE CONSTRUCTION CARRIED OUT BY BIM METHOD

New BIM method creates new possibilities for geodesists on construction sites. Geodesists in their practice on construction sites when performing geodetic works have to quickly adapt to new operational procedures, requirements on spatial determination of objects, new technical equipment, SW instruments and standards exploited in BIM method. The task of geodesists is also the transformation of the resulting spatial data into territorial information systems in 3D-representation.

Key words: method BIM, building, objects three-dimensional, surveying methods, information system about territory

References

- BIM (2019) - informační model budovy. [online]. URL: <http://www.bimfo.cz/Home.aspx?gclid=CPbJwuCFk80CFZUW0wodszwOSQ>
- BIMFix Blog (2019) [online]. URL: <http://bimfix.blogspot.cz/2013/04/ten-objectives-of-model-origin-and-setup.html>
- BIMFix Framework for Shared Model Establishment, 26th September 2016 – V1.0I. For Building Lead Consultants using Autodesk®Revit®. 24 p. [online]. [Cit. 2019-05-07]. URL: <https://www.scribd.com/document/348877149/BIMFix-Framework-for-Shared-Model-Establishment-V1-0-pdf>
- Vyhláška č. 31/1995 Sb. Českého úřadu zeměměřického a katastrálního ze dne 1. února 1995, kterou se provádí zákon č. 200/1994 Sb., o zeměměřictví a o změně a doplnění některých zákonů souvisejících s jeho zavedením. URL: <https://www.cuzk.cz/Predpisy/Pravni-predpisy-v-oboru-zememerictvi-a-katastru.aspx>
- Zákon č. 200/1994 Sb. ze dne 29. září 1994 o zeměměřictví a o změně a doplnění některých zákonů souvisejících s jeho zavedením. URL: <https://www.cuzk.cz/Predpisy/Pravni-predpisy-v-oboru-zememerictvi-a-katastru.aspx>
- Karas J., Tichý T. (2016). *Drony*. Brno : Computer Pres, 2016. 264 s.
- Koncepce zavádění metody BIM v České republice (2017) / Usnesení vlády ČR č. 682 ze dne 25. 9. 2017. Praha : MPO, 2017. 49 s. URL: <https://www.mpo.cz/cz/stavebnictvi-a-suroviny/bim/koncepce-zavadeni-metody-bim-v-cr-schvalena-vladou--232136/>
- Kotsab M., Vilím D., Lechner I., Radey K., Drbal A. (2017:1). Novyie zadachi geodezistov v stroitelstve, vyipolnyaemom metodom BIM / Dopovid-prezentatsiia vyholoshena na KhKhII-y Mizhnarodnii naukovo-tekhnichnii konferentsii HEOFORUM-2017», m. Lviv , Briukhovychi, 25–27.04.2017 r. Zdiiby : NDHTKI, 2017. 26 s.
- Kocáb M., Lechner J., Raděj K., Vilím D., Zaoralová J. (2017:2). Standardizace měření exteriéru a interiéru budov. *Geodetický a kartografický obzor* (Пара). 2017, Č. 4, S. 73-80. [online]. URL: <http://egako.eu/cs/gako-42017-2/>
- Štroner M., Pospíšil J., Kostka B., Křemen T., Urban R., Smítka V., Tršák P. (2013). *3D skenovací systémy* / Katedra speciální geodezie ČVUT. Praha, 2013. 396 s.