



Doi: <https://doi.org/10.33644/2313-6679-15-2021-1>

УДК 004.94, 006.3/.8, 624.05



ФАРЕНЮК Г.Г.

Доктор техн. наук, професор, директор ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій», м. Київ, Україна, e-mail: farenjuk@ndibk.gov.ua, тел. +38 (044) 249-72-34, ORCID: 0000-0002-5703-3976



ГАХ Н.Д.

Канд. техн. наук, учений секретар ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій», м. Київ, Україна, e-mail: gakh@ndibk.gov.ua, тел. +38 (044) 249-37-08, ORCID: 0000-0003-1972-4853



ЛІСЕНИЙ О.М.

Канд. техн. наук, завідувач відділу, ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій», м. Київ, Україна, e-mail: lab343@ndibk.gov.ua, тел. +38 (044) 249-37-66, ORCID: 0000-0003-0792-8082



СЛЮСАРЕНКО Ю. С.

Канд. техн. наук, заступник директора з наукової роботи ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій», м. Київ, Україна, e-mail: slus@ndibk.gov.ua, тел. +38 (044) 249-72-40, ORCID: 0000-0002-0447-3927

ВПРОВАДЖЕННЯ В УКРАЇНІ МІЖНАРОДНОГО СТАНДАРТУ ISO 16739-1 ЯК ТЕРМІНОЛОГІЧНОЇ ОСНОВИ ВІМ-ТЕХНОЛОГІЙ

АНОТАЦІЯ

У статті розглядається структура та зміст міжнародного стандарту ISO 16739-1:2018 "Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries — Part 1: Data schema" (Класи промислових фондів (IFC) для обміну даними в галузі будівництва та управління об'єктами - Частина 1: Схема даних).

На підставі виконаного аналізу зроблений висновок, що цей стандарт має ключове значення для запровадження ВІМ-технологій у будівельну галузь

Термінологія стандарту ISO 16739-1:2018 охоплює практично всю будівельну галузь (більше трьох тисяч понять). Для всіх стандартизованих понять надані відкриті програмні специфікації, які дозволяють виконувати

обмін даними між програмними засобами, що створені для різних функціональних областей, пов'язаних з будівництвом (планування, проектування, управління персоналом, фінансовими та матеріальними потоками). Надані визначення та описи загальнотехнічних та вузькоспеціальних понять, які підкріплюються схемами взаємозв'язків між ними через визначену систему параметрів (атрибутів).

Для ефективного впровадження будівельного інформаційного моделювання необхідно, щоб всі учасники будівельного процесу однозначно розуміли і вільно володіли стандартизованою термінологією ISO 16739-1:2018.

Мінрегіоном України вирішено прийняти національний стандарт ДСТУ EN ISO 16739-1:20XX



(EN ISO 16739-1:2020, IDT) методом підтвердження англomовного міжнародного документа EN ISO 16739-1:2020 (ISO 16739-1:2018), який надається користувачам тільки в електронному вигляді у форматі HTML.

Для полегшення впровадження стандарту в Україні та його застосування широкими колами проектувальників, будівельників, спеціалістів з управління інвестиціями, експлуатацією і обслуговуванням нерухомості, ДП НДІБК запропоновано розробити текстовий національний посібник (настанову) до стандарту, який виконує функцію термінологічної основи BIM-технології, з технічним перекладом і поясненням українською мовою усіх понять, сутностей, властивостей, правил, функцій, атрибутів схеми даних, які містяться у англomовному безпаперовому стандарті ISO 16739-1:2018.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: будівельна галузь, міжнародний стандарт, будівельне інформаційне моделювання, класи промислових фондів, схема даних, термінологічна основа, вузькоспеціалізоване поняття.

IMPLEMENTATION OF THE INTERNATIONAL STANDARD ISO 16739-1 IN UKRAINE AS A TERMINOLOGICAL BASIS OF BIM TECHNOLOGIES

ABSTRACT

The article considers the structure and content of the international standard ISO 16739-1:2018 "Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries - Part 1: Data schema".

Based on the analysis, it is concluded that this standard is crucial for the introduction of BIM technologies in the construction industry

The terminology of the ISO 16739-1: 2018 standard covers almost the entire construction industry (more than three thousand concepts). For all standardized concepts, open software specifications are provided, which allow the exchange of data between software tools designed for different functional areas related to construction (planning, design, personnel management, financial and material flows). Definitions and descriptions of general technical and narrowly special concepts are given, which are supported by schemes of interrelations between them through a certain system of parameters (attributes). For the effective implementation of building information modeling, it is necessary that all participants in the construction process clearly understand and be fluent in the terminology of ISO 16739-1:2018.

The Ministry of Regional Development of Ukraine has decided to adopt the national standard ДСТУ EN ISO 16739-1:20XX (EN ISO 16739-1:2020, IDT) by confirming the English-language international document EN ISO 16739-1:2020

(ISO 16739-1:2018), which is provided to users only in electronic form in HTML format.

To facilitate the implementation of the standard in Ukraine and its application by a wide range of designers, builders, specialists in investment management, operation and maintenance of real estate, NIISK proposed to develop a national textbook (guide) to the standard, which serves as a terminological basis for BIM technology, explanation in Ukrainian of all concepts, essences, properties, rules, functions, attributes of the data scheme, which are contained in the English paperless standard ISO 16739-1:2018.

KEY WORDS: construction sector, international standard, Building Information Modeling, Industry Foundation Classes, data scheme, term basis, specific concepts.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

BIM (Building Information Modeling - Інформаційне моделювання будівель) - це використання загального цифрового подання об'єкта як надійної основи для прийняття ефективних рішень при його проектуванні, будівництві та експлуатації. Застосування BIM-технологій в проектуванні об'єктів включає в себе збір та комплексну обробку технологічної, архітектурно-конструкторської, економічної інформації про будівлю та будівельний процес, завдяки чому будівельний об'єкт і все, що до нього відноситься, розглядаються як єдине ціле.

Світовий досвід свідчить, що учасники будівельного процесу отримують можливість більш ефективного обміну інформацією, що дозволяє досягти високої якості будівельних робіт, а також скоротити час будівництва і матеріальні витрати. У статті [1] розглядаються тенденції, переваги, можливі ризики та виклики BIM для галузі архітектури, будівництва та інженерії. Зазначається, що переважна кількість користувачів BIM відзначають поліпшення результатів роботи, скорочення термінів будівництва, поліпшення якості проектних рішень, досягнення конкурентних переваг. Експерти оцінюють економічний ефект від 10% до 20% загальних витрат на будівництво завдяки створенню «цифрового двійника» на етапі проектування об'єкту та подальшого користування BIM-моделями під час його експлуатації [1, 2].

В [1] зазначається, що більш активно BIM-технології використовують архітектори, менше поширена така практика серед підрядників. Найбільш поширеними для застосування в BIM є програмні засоби ArchiCad, Revit, BIMx.

В Україні вже є приклади використання елементів BIM-технологій у вигляді систем автоматизованого проектування. Разом з тим, як зазначено у [2], застосування повномасштабних інструментів BIM потребує великих інвестицій у



придбання і тестування програмних комплексів, навчання робочої сили та підрядників. Прийнята в лютому 2021 року "Концепція впровадження інноваційних технологій на державному рівні" передбачає застосування BIM-систем для декількох пілотних державних інфраструктурних проєктів на другому етапі, з 2023 до 2025 роки. На першому ж етапі «Концепцією...» передбачено розробити та затвердити відповідні національні стандарти, а також підготувати законодавчі акти, які б регламентували використання BIM-технологій [2].

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ

Авторами дослідження [3] виконаний аналіз низки державних та корпоративних протоколів, керівництв та стандартів, які стосуються практичного застосування методів BIM у будівництві. У статті наводиться огляд проблеми сумісності даних для графічних файлів та для даних, що описують промислові вироби. Перший напрямок стандартизації в області BIM виник із необхідності стандартизувати обмін інформацією 3D-моделей між платформами від різних виробників програмного забезпечення. В результаті було започатковано набір індустріальних базових класів (Industry Foundation Classes - IFC), щоб забезпечити загальну схему даних для обміну моделями. Це привело до створення схеми IFC, яка з часом стала стандартом ISO 16739:2013, а пізніше - ISO 16739-1:2018. Стандартизація процесів проєктування, моделювання, вимог до інформації та результатів у BIM-документах доповнюється стандартизацією структури, формату та синтаксису обміну моделями, передбаченими міжнародним стандартом для IFC.

Разом з тим, інші автори підкреслюють важливість досліджень особливостей застосування BIM на національному рівні. Зокрема, у статті [4] зроблений висновок, що відсутність стандартів та інструментів, орієнтованих на внутрішній ринок, ймовірно, є найбільшими перешкодами для практичного застосування BIM у збірному будівництві Китаю.

ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

Основною задачею даного дослідження є аналіз змісту міжнародного стандарту ISO 16739-1:2018, виявлення актуальності застосування його понять в українському перекладі.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ ДОСЛІДЖЕННЯ

Важливе місце серед розробок в рамках робіт з національної стандартизації для запровадження BIM-технологій посідає міжнародний стандарт ISO 16739-1:2018 Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries — Part 1: Data schema (Класи промислових фондів (IFC) для обміну дани-

ми в галузі будівництва та управління об'єктами - Частина 1: Схема даних).

Міжнародний стандарт ISO 16739-1:2018 розповсюджується ISO тільки в електронному вигляді англійською мовою у форматі HTML [5]. У текстовому вигляді стандарт користувачам не надається.

Стандарт застосовують для комп'ютерно-інтерпретованого представлення інформації про будівництво та управління об'єктами та для обміну будівельними даними. Він забезпечує універсальний механізм, що здатний описати будівлі та подібні об'єкти в забудованому середовищі протягом усього їх життєвого циклу.

Застосування цього стандарту поширюється на визначення форматів обміну даними будівельного інформаційного моделювання на етапах:

- планування будівництва,
- техніко-економічного обґрунтування,
- розробки та узгодження проєктної документації,
- здійснення фінансування та закупівель для об'єктів будівництва,
- обміну виробничою документацією під час будівництва,
- експлуатації та обслуговування будівель.

У 2020 р. зазначений стандарт був прийнятий як Європейський стандарт EN ISO 16739-1:2020 (ISO 16739-1:2018) методом підтвердження. Тобто у Європейському союзі також діє англійський стандарт у безпаперовому форматі HTML.

Задля пришвидшення термінів впровадження Європейського стандарту EN ISO 16739-1:2020 Мінрегіоном вирішено прийняти національний стандарт ДСТУ EN ISO 16739-1:20XX (EN ISO 16739-1:2020, IDT) методом підтвердження англійського міжнародного документа EN ISO 16739-1:2020 (ISO 16739-1:2018) у форматі HTML (як це зроблено у країнах Європейського союзу). У такому форматі стандарт буде зручним для користування розробниками програмного забезпечення будівельного інформаційного моделювання, а також користувачами систем автоматизованого проєктування (САПР).

Крім того, для полегшення впровадження стандарту та його застосування широкими колами будівельників України, ДП НДІБК запропоновано розробити текстовий національний посібник (настанову) до стандарту з технічним перекладом і поясненням українською мовою усіх понять, сутностей, властивостей, правил, функцій, атрибутів схеми даних, які містяться у англійському безпаперовому стандарті ISO 16739-1:2018.

Щоб краще розуміти ключове значення EN ISO 16739-1:2020 (ISO 16739-1:2018) для BIM-технологій, а також потребу у перекладі його змісту українською мовою, розглянемо коротко структуру наборів даних, яка закладена в стандарті та особливості представлення інформації.



Класи промислових фондів, або індустріальні базові класи (IFC - Industry Foundation Classes) - це відкритий стандарт для обміну та поширення структурованої інформації про об'єкти між різними програмними продуктами, створений з застосуванням мови програмування EXPRESS [6] для специфікації даних. Набори схем даних IFC та створені на їх основі моделі застосовуються для обміну інформацією між учасниками проекту при плануванні, проектуванні, закупівлях будівельної продукції, у власне будівельному процесі, а також при подальшій експлуатації та обслуговуванні об'єкту.

Моделі на основі наборів даних IFC є основою BIM-технології. Комплексна комп'ютерна модель

даних об'єкта включає не лише 3D - геометрію, а й усі відповідні дані, що стосуються об'єкта та його компонентів. Загальні принципи застосування схем даних IFC у будівельному проектуванні більш детально пояснюються в Посібнику [7].

Стандарт ISO 16739-1:2018 складається зі схем даних у форматах мови програмування EXPRESS [6] та схем XML, а також довідкових даних у вигляді визначень назв властивостей та кількостей, формальних та інформативних описів. Архітектура схеми даних, яка прийнята у стандарті, представлена на рис. 1. Вона визначає чотири концептуальні рівні, які поділяються на локальні схеми відповідно до понять, які розглядаються.

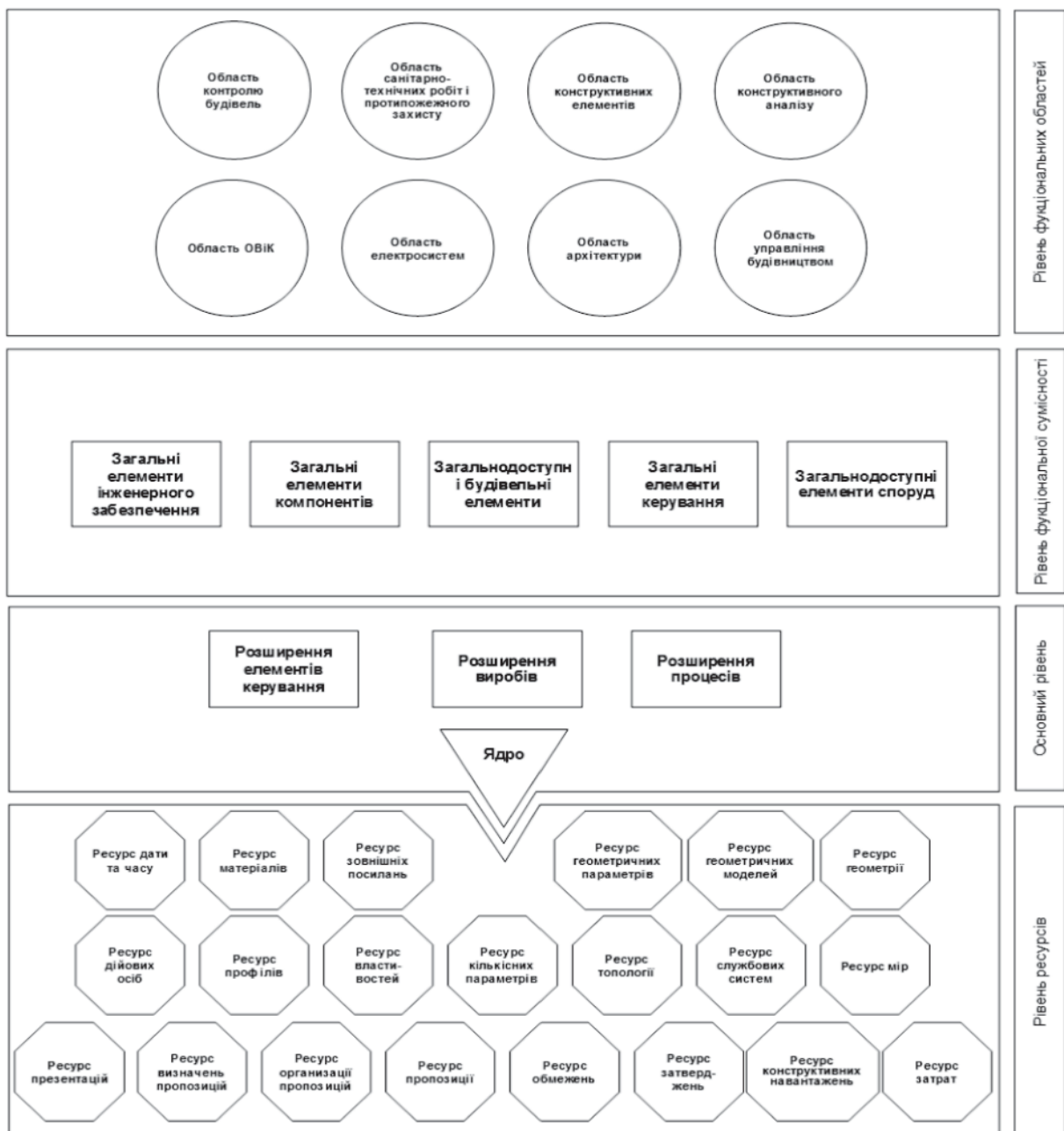


Рисунок 1 – Архітектура схеми даних стандарту ISO 16739-1:2018 з концептуальними рівнями



Рівень ресурсів - нижній рівень включає всі окрім схеми, що містять визначення ресурсів (21 схема – дійових осіб, геометричних параметрів, матеріалів, пропозицій, обмежень, навантажень, затверджень, мір, затрат, службових систем тощо).

Основний рівень - включає схему ядра та схеми розширення ядра, що містять найзагальніші визначення сутностей, усі сутності, визначені на базовому рівні або вище, несуть глобальний унікальний ідентифікатор та, за бажанням, інформацію про власника та історію (4 схеми – ядро і розширення елементів управління, виробів та процесів).

Рівень функціональної сумісності (взаємодії) - наступний рівень включає схеми даних, що містять визначення сутностей, специфічні для загального продукту, процесу чи спеціалізації ресурсів, що використовуються в кількох дисциплінах. Ці визначення зазвичай використовуються для міждоменного обміну та обміну будівельною інформацією (5 схем – загальні елементи керування, елементи споруд, будівельні елементи, елементи компонентів та інженерного забезпечення).

Рівень функціональних областей (доменний рівень) - вищий рівень включає схеми даних, що містять визначення сутностей, які деталізують характеристики виробів, процесів або ресурсів, специфічних для певної дисципліни (функціональної області). Ці визначення зазвичай використовуються для внутрішньодоменного обміну та сумісного використання інформації (8 схем – домени управління будівлями, архітектури, конструктивних елементів, конструктивного аналізу, опалення-вентиляції-кондиціонування (ОВІК), електросистем, сантехніки і протипожежного захисту, управління будівництвом).

Дистрибутив вихідного стандарту ISO 16739-1:2018 має обсяг 157 Мб і включає 6516 файлів у 164 папках. Ці файли складають HTML-документ у вигляді взаємопов'язаних вебсторінок, які відкриваються за допомогою браузера, у тому числі – в автономному режимі.

Вихідний документ складає близько 4400 сторінок (4,2 млн. знаків). У стандарті загальна кількість визначень складає 3422 елементи схеми даних, які включають також 693 таблиці з визначеннями атрибутів, 483 схем і діаграм, які показують взаємозв'язки елементів. Кожний елемент схеми «клікабельний», тобто містить прямі гіперпосилання на інші елементи, які у ньому згадуються. Деякі з елементів мають по кілька десятків гіперпосилань. Склад і обсяг матеріалів, які містить ISO 16739-1:2018, наведено в табл. 1.

З таблиці 1 видно, що стандарт ISO 16739-1:2018 має дуже великий обсяг як для нормативного документу (наприклад, він більше ніж у 200 разів перевищує обсяг даної статті). Величезний обсяг матеріалу і технічна складність застосованих форматів поєднані складною моделлю даних, яка використовується у BIM-технології.

Термінологія цього стандарту охоплює практично всю будівельну галузь.

Зміст BIM-технології розкривається в ISO 16739-1:2018 через систему з 140 понять (concept), основних понять (concept root) та понятійних шаблонів (concept template). Ці елементи схем даних описують контекст проекту, визначення, набори властивостей та атрибути об'єктів, асоціацій об'єктів, матеріалів, композицію об'єктів, геометричні представлення об'єктів у просторі, кількісні параметри тощо. Кожному з понять відповідає визначення, опис та схема EXPRESS [6], яка показує його взаємозв'язки з іншими елементами, структуру організації даних для зберігання, обміну та спільного використання. Зміст понять в свою чергу розкривається за допомогою кількох тисяч елементів даних для типів, сутностей, правил та функцій EXPRESS, наборів властивостей, кількісних параметрів.

Термінологія наборів даних IFC базується на ряді основних визначень, які близькі до загальнотехнічних: проект, модель, об'єкт, елемент, бібліотека, процес, виріб, властивість, ознака, кількість, простір, ресурс, схема, класифікація, вибір, ідентифікація, група, обмеження тощо. Разом з тим, термінологія включає досить багато визначень, які правильно зрозуміти можливо тільки після розкриття функціональних властивостей - сутність (entity), атрибут, реалізація елемента, зовнішнє посилання, екземпляр (instance), представлення, представлення моделі, поняття, понятійний шаблон, реалізація об'єкта, тип, тип об'єкта, шаблон набору властивостей тощо.

Внаслідок поєднання будівельної і комп'ютерної термінології, прямий переклад досить часто не дозволяє непідготовленому користувачеві зрозуміти зміст навіть кількох десятків основних термінів. Ситуація ускладнюється ще й певними відмінностями між загальнобудівельними термінами і лексично ідентичними термінами IFC, які несуть дещо інше, а інколи – і повністю інше смислове навантаження.

Досвід роботи з матеріалом стандарту ISO 16739-1:2018 показує, що цей стандарт має ключове значення для BIM-технології, оскільки містить визначення, атрибути і програмні специфікації для понять схеми даних, яка охоплює всю сферу будівництва і її взаємозв'язки. Поки спеціалісти-будівельники не опанують зміст і взаємозв'язки елементів схем даних, впровадження BIM-технологій не буде мати конкретного наповнення.

Технологія інформаційного моделювання будівель (BIM) бурхливо розвивається. Відповідно, у ній застосовується нова термінологія, значна кількість англійських термінів відсутні в українському перекладі. Їх прямий переклад має поєднуватися з виявленням та роз'ясненням технічної суті кожного поняття, а також узгод-



Таблиця 1 - Склад і обсяг матеріалів ISO 16739-1:2018

Розділи, частини	Кількість сторінок ф.А4	Кількість слів	Кількість знаків
Зміст	81	12616	175262
Вступ, передмова, розділи 1-3	9	2766	18601
Розділ 4 Фундаментальні поняття та припущення	133	10596	85593
Розділ 5 Основні схеми даних	678	60135	547783
Розділ 6 Схеми даних спільних елементів	607	75775	671178
Розділ 7 Схеми даних для функціональних областей	1436	131556	1224739
Розділ 8 Схеми даних визначення ресурсів	1218	138957	1339365
Додаток В Алфавітні списки	45	3512	43389
Додаток С Вкладені списки	118	5740	66018
Додаток D Діаграми	6	537	10835
Додаток E Приклади	58	5414	43026
ЗМІСТ детальний ISO	81	12616	175262
Всього:	4389	447604	4225789

ження між фахівцями різних галузей будівництва. Кожному поняттю відповідає свій набір так званих сутностей, атрибутів, властивостей тощо, зміст і формат яких строго визначені в ISO 16739-1:2018. Тому дуже актуальним є створення національного посібника (настанови) до стандарту, який виконує функцію термінологічної основи BIM-технології.

Наступним кроком доцільно буде створити україномовний стандарт у форматі HTML, ідентичний до EN ISO 16739-1:2020 (ISO 16739-1:2018), на основі національного посібника (настанови) після виявлення технічної суті всіх його термінів та створення загальноузнаваних українських аналогів.

Розуміння загальних принципів функціонування

та властивостей інформаційної моделі даних необхідне не тільки для розробників і користувачів програмного забезпечення, а і для всіх учасників будівельного процесу, а також для спеціалістів з управління інвестиціями, експлуатацією і обслуговуванням нерухомості. Чим більша кількість спеціалістів оволодіє термінологією стандарту ISO 16739-1:2018, тим легше буде відбуватися впровадження BIM-технологій в Україні.

ВИСНОВКИ

1. Застосування будівельного інформаційного моделювання (BIM) для об'єктів будівництва надає можливість для більш ефективного обміну інформацією між фахівцями, що дозволяє досягти



високої якості будівельних робіт, а також скоротити час будівництва і матеріальні витрати.

2. На думку авторів, ключове значення для впровадження BIM-технологій має міжнародний стандарт ISO 16739-1:2018 як термінологічна основа інформаційного моделювання будівель. Його термінологія охоплює практично всю будівельну галузь (більше трьох тисяч понять). Для всіх стандартизованих понять надані відкриті програмні специфікації, які дозволяють виконувати обмін даними між програмними засобами, що створені для різних функціональних областей, пов'язаних з будівництвом (планування, проектування, управління персоналом, фінансовими та матеріальними потоками). Надані визначення та описи загальнотехнічних та вузькоспеціальних понять, які підкріплюються схемами взаємозв'язків між ними через визначену систему параметрів (атрибутів).

Таким чином, для ефективного впровадження будівельного інформаційного моделювання необхідно, щоб всі учасники будівельного процесу однозначно розуміли і вільно володіли стандартизованою термінологією ISO 16739-1:2018.

3. Прийняття національного стандарту ДСТУ EN ISO 16739-1:20XX (EN ISO 16739-1:2020, IDT) методом підтвердження англomовного міжнародного документа ISO 16739-1:2018 у форматі HTML (як це зроблено у країнах Європейського союзу) буде зручним для користування розробниками програмного забезпечення будівельного інформаційного моделювання, а також користувачами систем автоматизованого проектування (САПР).

4. Для полегшення впровадження стандарту та його застосування широкими колами будівельників України, у ДП НДІБК запропоновано розробити текстовий національний посібник (настанову) до стандарту з технічним перекладом і поясненням українською мовою усіх понять, сутностей, властивостей, правил, функцій, атрибутів схеми даних, які містяться у англomовному безпаперовому стандарті ISO 16739-1:2018.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. S. Azhar. (2011). Building Information Modelling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry. Leadership and Management in Engineering, Volume 11, Issue 3. URL: <https://ascelibrary.org/doi/full/10.1061/%28ASCE%29LM.1943-5630.0000127>
2. Д. Ісаєнко. Building Information Modeling: чому вашому новому будинку потрібен "цифровий двійник". 28.09.2021. URL: <https://news.obozrevatel.com/ukr/economics/economy/building-information-modeling-chomu-vashomu-novomu-budinku-potriben-tsifrovij-dvijnik.htm>
3. Sacks R, Gurevich U, Shrestha P (2016). A review

of building information modeling protocols, guides and standards for large construction clients, ITcon, 21, 479-503.

URL: <https://www.itcon.org/2016/29>

4. Tan, T; Chen, K; Xue, F; Lu, W; (2019) Barriers to Building Information Modeling (BIM) implementation in China's prefabricated construction: An interpretive structural modeling (ISM) approach. Journal of Cleaner Production , 219, 949-959.
5. URL: <https://www.iso.org/standard/70303.html>
6. ДСТУ ISO 10303-11:2007. Системи промислової автоматизації та інтеграції. Представлення даних щодо виробів та обміну даних. Частина 11. Методи описування: Довідкова настанова щодо мови EXPRESS.
7. Autodesk Revit IFC manual. Detailed instructions for handling IFC files. URL:https://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/draft/2528/180213_IFC_Handbuch.pdf

REFERENCES

1. S. Azhar. (2011). Building Information Modelling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry. Leadership and Management in Engineering, Volume 11, Issue Retrieved from: <https://ascelibrary.org/doi/full/10.1061/%28ASCE%29LM.1943-5630.0000127>
2. D. Isaenko. (2021). Building Information Modeling: Why Your New Home Needs a "Digital Double" Retrieved from <https://news.obozrevatel.com/ukr/economics/economy/building-information-modeling-chomu-vashomu-novomu-budinku-potriben-tsifrovij-dvijnik.htm>
3. Sacks R, Gurevich U, Shrestha P (2016). A review of building information modeling protocols, guides and standards for large construction clients, ITcon, 21, 479-503. Retrieved from <https://www.itcon.org/2016/29>
4. Tan, T; Chen, K; Xue, F; Lu, W; (2019) Barriers to Building Information Modeling (BIM) implementation in China's prefabricated construction: An interpretive structural modeling (ISM) approach. Journal of Cleaner Production , 219, 949-959.
5. URL: <https://www.iso.org/standard/70303.html>
6. Industrial automation systems and integration. Product data representation and exchange Part 11: Description methods: The EXPRESS language reference manual.
7. Autodesk Revit IFC manual. Detailed instructions for handling IFC files. Retrieved from https://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/draft/2528/180213_IFC_Handbuch.pdf

Стаття надійшла до редакції 21.10.2021 року