

**В. М. Андрухов**  
**А. С. Потєха**  
**І. С. Мартинов**  
**Д. В. Швидкий**

## **ПРО ОДНУ З МОЖЛИВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ВАРІАНТ ЇЇ РЕАЛІЗАЦІЇ НА ВИМОГУ ПОЛОЖЕНЬ ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016**

Вінницький національний технічний університет

*У контексті сучасного розвитку будівельної індустрії та інженерного проектування, використання Моделей Інформаційного Моделювання Будівель (BIM) набуває стратегічного значення для технічного обстеження будівель. Ця стаття розглядає важливість BIM як інструменту, спрямованого на отримання комплексної та деталізованої інформації щодо конструкції будівель, їх стану та функціональності. Основна мета використання BIM в контексті технічного обстеження полягає в можливості створення цифрових моделей, що інтегрують різноманітні дані, пов'язані з конструктивними та інженерними характеристиками будівель. Це забезпечує уніфікацію інформації та спрощує аналітичні процеси, спрямовані на прийняття обґрунтованих рішень. Процес моделювання аналітичної моделі в системі BIM вимагає інтеграції розрахунків з параметрами моделі, щоб врахувати поведінку конструкцій в різних умовах навантажень та різних варіантах конструкції. Застосування аналітичних методів аналізу у цифровому середовищі дозволяє отримати більш точні та надійні результати, сприяючи виявленню потенційних проблем та оптимізації конструктивних рішень.*

*У роботі представлений аналіз досвіду використання препроцесорів у створенні розрахункових моделей в системі BIM. Особлива увага приділяється ролі Structural Information Model (SIM) у життєвому циклі BIM моделі. Розглядаються правила та методи розробки SIM в системі інформаційного моделювання, а також унікальні функції при розробці аналітичної моделі в системі SIM. Дана робота детально розкриває переваги використання SIM під час технічного обстеження будівель та пропонує конкретні приклади вирішення типових проблем на стадії будівництва. Особлива увага приділяється можливим результатам та функціоналу, які можуть бути досягнуті завдяки використанню моделі SIM у вирішенні завдань технічного обстеження будівель, що дозволяє підвищити ефективність та точність аналізу стану конструкцій.*

**Ключові слова:** BIM-технології, цифрова модель, препроцесор, розрахункова модель будівлі, експорт моделі, подвійний експорт інформації, МКЕ (Метод кінцевих елементів), SIM (Structural Information Model), EIR (Інформаційні вимоги замовника).

### **Вступ**

Однією з найінноваційніших технологій, що змінила підхід до проектування – є Building Information Modeling (BIM) – системно-комплексний підхід до розробки та управління будівельними проектами на всіх етапах життєвого циклу будівельних об'єктів. Разом з тим, і державна будівельно-нормативна база намагається рухатись в загальних тенденціях духу часу. Наразі, увага даної статті сфокусована на Стандарті [6], який регламентує обстеження об'єктів на відповідність вимогам щодо забезпечення механічного опору та стійкості відповідно до Технічного регламенту будівельних виробів, будівель і споруд [7], ДБН В.1.2-6 та ДБН В.1.2-14.

А саме: п.5.1 Стандарту [6], встановлено, що окрім іншого – обстеженням об'єкта встановлюють фактичні зусилля в елементах та перерізах. При цьому, визначальним, окрім іншого, аргументом по встановленню категорії технічного стану є, співвідношення фактичних зусиль в елементах та перерізах з їх несучою спроможністю на момент обстеження.

Тобто, за вимогами даного Стандарту [6], стає необхідною розрахункова модель основного конструктивного остову будівлі та всіх інших конструктивних рішень та матеріалів, що були використанні під час реалізації будівельно-монтажних робіт зі зведення об'єкта з урахуванням змін, що могли мати місце в процесі експлуатації. Наявність такої розрахункової моделі стає практично можливою в контексті реалізації розробки проектно-кошторисної документації за умови її реалізації в середовищі BIM-технологій, а саме, розробки просторової параметричної архітектурної моделі будівельного об'єкта.

У контексті SIM (Structural Information Model) розрахункова модель розглядається, як актуальний та вкрай необхідний результат роботи препроцесора. За такої ідеології та організації роботи, стає практично можливим постійно актуалізувати та контролювати інформацію з розрахунку як всієї моделі, так і її окремих конструктивних елементів, що не лише забезпечує візуалізацію після розрахунку, а й відіграє важливу роль у прогнозуванні, аналізі та оптимізації її конструктивних рішень [5].

**Метою статті** є розгляд функціональних можливостей препроцесорів при створенні розрахункових моделей, роль SIM у життєвому циклі будівлі; розглянуто задачі SIM та вимоги до неї.

### **Використання SIM у життєвому циклі будівлі**

З розвитком технологій параметричного проектування актуалізується логічне питання про налагодження, якомога простішого процесу, експорту об'ємної геометрії будівлі до розрахункових FEA комплексів. Використання такого методу протягом життєвого циклу будівлі є ключовим елементом сучасних підходів до проектування, будівництва та управління нерухомістю. Моделі SIM є ефективним інструментом для аналізу та оптимізації проектних та експлуатаційних аспектів будівельного процесу.

На етапі проектування моделі SIM надають можливість інженерам-конструкторам проводити комплексний аналіз НДС будівлі дозволяючи також моніторинг цих процесів не лише інженерам-конструкторам, а і усім учасникам проекту завдяки створенню центральної моделі, яка є точним відображенням аналітичної, але більш зрозуміла для спеціалістів інших напрямків. Це включає в себе оцінку міцності конструкцій, вплив на навколишнє середовище, а також аналіз витрат матеріалів та попередньої трудомісткості.

Під час етапу будівництва, моделі створені за допомогою методики SIM, виступають як інструмент моніторингу процесу будівництва, включно з плануванням необхідних для використання ресурсів та ідентифікації можливих проблем, які можуть виникнути під час реалізації проекту. Вони сприяють ефективному управлінню ризиками, які можуть бути швидко враховані та забезпечують високий рівень якості виконання робіт.

Після завершення будівництва моделі SIM використовуються для моніторингу та управління експлуатаційними процесами. Наявність такої моделі, дозволить швидко з незначними трудовозатратами оцінити ступінь впливу виявлених дефектів та ушкоджень, що з'явилися в процесі експлуатації будівлі, виявленим при системному, регулярному моніторингу конструкцій, забезпечуючи її ефективне функціонування протягом усього терміну служби.

Всі ці аспекти використання аналітичних моделей у життєвому циклі будівлі сприяють підвищенню якості та ефективності будівельних проектів. Використання SIM значно розширює можливості по отриманню інформації з розрахункової програми, що дає можливість скомпонувати та візуалізувати модель як частину BIM проекту.

### **Структура моделі SIM**

Система SIM включає невід'ємну частину інформаційної моделі обчислень для контролю та аналізу параметрів напружено-деформованого стану на будь-якому етапі життєвого циклу будівлі. Використання препроцесора як найфункціональнішого інструменту для оновлення параметрів моделі має важливе значення з точки зору швидкості та ефективності введення інформації в центральну модель, забезпечуючи конкурентну перевагу перед іншими. [4].

Узагальнений приклад створення аналітичної моделі у системі SIM можна розглянути згідно до рис.1 на якому показані такі етапи розробки моделі як:

1. Створення твердотільної моделі у препроцесорі, яка несе вихідну інформацію про файл, та буде використовуватись як універсальний формат збереження результатів розрахунку для всіх учасників BIM проектування.
2. Асоціативне трансформування твердотільної моделі в аналітичні примітиви, саме ця інформація в подальшому буде використовуватись у МКЕ комплексі.
3. Експорт аналітичних примітивів у МКЕ комплексі. Доопрацювання моделі для безпосереднього розрахунку. Перевірка всіх елементів та навантажень.
4. Подвійний експорт інформації про розрахунок у препроцесор. Зчитування такої інформації як: Переміщення елементів, епюри внутрішніх зусиль, ізополя пластинчастих елементів, ізополя конструктивного розрахунку (армування, підбору перерізів тощо).

Моделі SIM все частіше стають центром уваги конструкторів які користуються BIM програмами, адже їх використання дає можливість збільшити інформаційне наповнення BIM моделі. Але зазвичай введення в проект моделі SIM потребує обґрунтування доцільності її використання, адже першочергове створення цієї моделі потребує більших зусиль та вмінь.

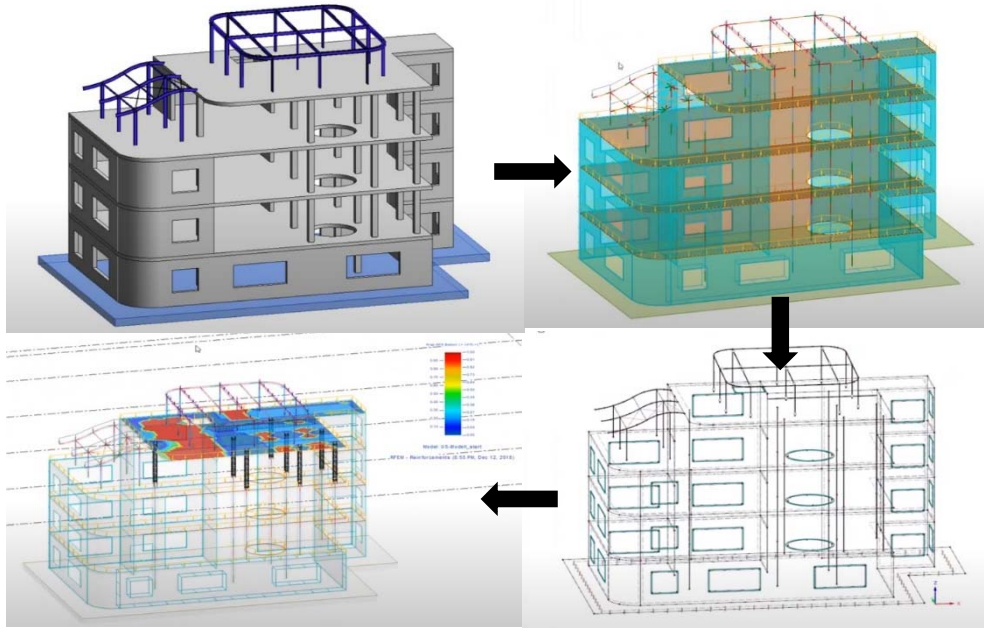


Рисунок 1 – Візуальне представлення алгоритму трансформування моделі

### Функціональні можливості використання моделі SIM

Існує ряд задач, при яких створення системи SIM є доцільним, адже вона дає змогу найбільш раціонально виконати їх:

1. Складні об'єкти для яких вимагається використання різних FEA комплексів одночасно.
2. Створення інформаційної моделі згідно до EIR (інформаційних вимог замовника, що полегшує комунікацію та експорт інформації в середині всіх учасників проєкту.
3. Ведення проєкту від початку будівництва та до експлуатації. Створення субсистем для контролю стадійності виконання робіт.
4. Комплексні об'єкти для яких потрібний пакетний розрахунок внутрішніх задач до прикладку об'єкту, та швидкі зміни, згідно до інформації з розрахункової програми.

До унікальних функцій, які є особливими для такого проєктування належать:

- Використання та створення субсистем (окремо виведених конструкцій з усього об'єму будівлі). Зручність такого об'єкту в системі SIM полягає в диференціації розрахункової схеми з повним збереженням прив'язки до оригінальної головної системи, та можливість аналізувати окремі конструкції не перезберігаючи розрахунковий файл. Весь контроль над субсистемою ведеться в препроцесорі.
- Пакетний розрахунок однотипних та відносно конструктивно не складних суб-систем таких, як вузли металевих конструкцій. За допомогою пакетного розрахунку моделі визначається міцність всіх вузлів моделі, їх перевірка у програмах з МКЕ розрахунком. Після розрахунку виконується експорт файлу звіту про кожен порахований вузол назад до препроцесору. Це дає можливість контролювати процес конструювання та перевірки вузлів.
- Автоматичне корегування поперечних перерізів металевих конструкцій за допомогою подвійного експорту. Здатність перевіряти характеристики попередньо підібраних поперечних перерізів, та автоматичний підбір металевих елементів у МКЕ комплексі з експортом актуальних та перевірених перерізів.
- Візуалізація розрахунку у препроцесорі. Модель SIM це комплексне рішення по зберіганню актуальних даних для всіх учасників BIM проєктування.

Для максимально ефективного функціонування такого поєднання програмних комплексів необхідно дотримуватись певних вимог до створення таких моделей:

- Створення моделі повинно бути з урахуванням коректного та соосного розташування аналітичних елементів (стержнів, пластин, вузлів).
- Модель у препроцесорі повинна створюватись з дотриманням усіх вимог EIR (інформаційних вимог замовника) – рівень деталізації моделі (LOD), призначення моделі, вимоги до кінцевого результату моделювання, цілі використання моделі і т.і.
- Всі матеріали та поперечні перерізи мають бути визначені у препроцесорі (розрахункові характеристики елементів можуть задавати безпосередньо у розрахунковому комплексі).
- Характеристика навантажень, величин навантажень на елементи, комбінації навантажень - мають бути задані в препроцесорі.

- Доопрацювання геометрії та величин навантажень в розрахунковій програмі має бути мінімальним, або взагалі не здійснюватись.
- При зворотному експорті у препроцесор, після розрахунку, потрібно уточнити характеристики всіх елементів та задати їх безпосередньо у препроцесорі, дотримуючись усіх вимог до розробки SIM (Structural Information Model).

### Задача розрахункової BIM моделі

Як уже відомо, BIM представляє інтегрований підхід до створення, управління та обміну інформацією про будівлі протягом їхнього життєвого циклу. Модель SIM служить як центральний ресурс, доступний для всіх учасників проекту, що дозволяє їм спільно працювати над удосконаленням та оптимізацією всіх етапів будівельного процесу.

Створення моделей з використанням систем SIM переслідує свої унікальні цілі:

- Надання інформації для усіх учасників проекту про прогнозовані зміни деформацій будівлі у процесі зведення та експлуатації [1].
- Збереження унікальної та актуальної інформації про кожен етап зведення будівлі.
- Порівняння реальних зусиль з проектними на кожній з стадій будівництва.
- Автоматизація процесу підбору конструктивних елементів
- Комплексне рішення для зберігання інформації в одному доступному для всіх файлі.
- Швидке реагування на зміни в роботі конструкцій.
- Контроль роботи будівлі уже після зведення.

Отже, головною ціллю є – надання можливості оперативно оцінювати та прогнозувати реальну роботу конструкцій задля збереження цілісності, як окремих конструктивних елементів, так і будівлі в цілому на всіх етапах життєвих циклів будівельних об'єктів.

### Висновки

Можна зробити висновок, що розрахункова модель в контексті Інформаційного моделювання з використанням системи SIM (Structural Information Model) - є частиною прогресивного та новітнього підходу до розрахунку, що розширює методи аналізу параметрів НДС будівлі протягом усіх етапів її життєвого циклу, а це в свою чергу спростить, в плані трудозатрат, виконання діючих державних будівельних норм та автоматизує рутинні процеси розрахунку елементів. Інформаційна розрахункова модель - це інструмент для конструкторів, що мінімізує помилки при узгодженні врахованих даних, автоматизує унікальні задачі розрахунку, систематизує стадії розробки розрахункових моделей та візуалізує дані для всіх учасників проекту.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Barabash M.S. (2014). Computer modeling of life cycle process for building objects. Monograph. Kiev, Ukraine: Steel, 300.
2. Андрухов В. М. Про один з можливих варіантів запровадження BIM-технологій в практику моделювання будівельних об'єктів [Текст] / В. М. Андрухов, В. В. Матвійчук // Будівельні конструкції. – 2018. – № 2. С. 21. Режим доступу: <https://stmkvb.vntu.edu.ua/index.php/stmkvb/article/view/580/552>
3. Barabash M.S. & Gorodetsky A.S. (2011). The concept of integration of CAD systems using information modeling technologies. New technologies in construction. 1 (21), 67-70.
4. Gorodetsky A.S., Barabash M.S., Sudak V.S. & et.al. (2014). Complex systems of design and construction management using fully functional building information model (BIM). Foreign and domestic experience, development prospects. Problems of urban environment development. Kiev, Ukraine: 2(12), 499.
5. Barabash M.S., Medvedenko D.V., Palienko O.I. (2013). Software packages SAPFIR and LIRA-SAPR – basis of domestic BIM-technologies. Monograph. M. Yuright, 366.
6. ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 НАСТАНОВА щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану.
7. ПОСТАНОВА КМУ від 20.12.2006 р. № 1764 Про технічний регламент будівельних виробів, будівель і споруд.
8. Víctor Fernández-Mora (2022) INTEGRATION OF THE STRUCTURAL PROJECT INTO THE BIM PARADIGM. Режим доступу: <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2022.104318>

### REFERENCES

1. Barabash, M.S. (2014). Computer modeling of life cycle process for building objects. Monograph. Kiev, Ukraine: Steel, 300.
2. Andrukhov, V.M., & Matviychuk, V.V. (2018). "On one of the possible options for implementing BIM technologies in the practice of modeling construction objects." Building Constructions, 2, 21. Retrieved from <https://stmkvb.vntu.edu.ua/index.php/stmkvb/article/view/580/552>

3. Barabash, M.S., & Gorodetsky, A.S. (2011). "The concept of integration of CAD systems using information modeling technologies." *New Technologies in Construction*, 1 (21), 67-70.
4. Gorodetsky, A.S., Barabash, M.S., Sudak, V.S., et al. (2014). "Complex systems of design and construction management using fully functional building information model (BIM): Foreign and domestic experience, development prospects." *Problems of Urban Environment Development*, 2(12), 499.
5. Barabash, M.S., Medvedenko, D.V., Palienko, O.I. (2013). Software packages SAPFIR and LIRA-SAPR – basis of domestic BIM-technologies. Monograph. M. Yuright, 366.
6. DSTU-N B V.1.2-18:2016 "Regulations on building inspection for determining and assessing their technical condition."
7. Cabinet of Ministers of Ukraine Resolution dated 20.12.2006 No. 1764 "On the technical regulation of building products, buildings, and structures."
8. Fernández-Mora, V. (2022). Integration of the Structural Project into the BIM Paradigm. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.job.2022.104318>

**Андрухов Валерій Михайлович** – к.т.н., доцент, Вінницький національний технічний університет, e-mail: [vmandruchov@gmail.com](mailto:vmandruchov@gmail.com);

**Потеха Андрій Сергійович** – студент 5 курсу, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

**Мартинов Ілля Сергійович** – студент 4 курсу, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

**Швидкий Дмитро Васильович** - аспірант, Вінницький національний технічний університет, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії.

**V. M. Andruchov**  
**A. S. Potiekha**  
**I.S. Martynov**  
**D.V. Shvidky**

## ABOUT ONE OF THE POSSIBLE TECHNOLOGIES AND THE VARIANT OF ITS IMPLEMENTATION AT THE REQUEST OF THE PROVISIONS OF DSTU-NB V.1.2-18:2016

Vinnitsia National Technical University;

*In the context of modern development in the construction industry and engineering design, the utilization of Building Information Modeling (BIM) has acquired strategic significance for the technical inspection of buildings. This article examines the importance of BIM as a tool aimed at obtaining comprehensive and detailed information about the construction, condition, and functionality of buildings. The primary objective of employing BIM in the context of technical inspections lies in the ability to create digital models that integrate diverse data related to the constructive and engineering characteristics of buildings. This ensures the standardization of information and simplifies analytical processes directed towards making well-founded decisions. The process of modeling an analytical model within the BIM system requires the integration of calculations with model parameters to account for the behavior of constructions under various load conditions and different design alternatives. The application of analytical analysis methods in the digital environment allows for more precise and reliable results, facilitating the identification of potential issues and optimizing design decisions.*

*The paper presents an analysis of the experience in using preprocessors in creating computational models within the BIM system. Special attention is given to the role of the Structural Information Model (SIM) in the life cycle of the BIM model. The rules and methods of SIM development in the information modeling system are discussed, along with the unique features in the development of an analytical model within the SIM system. The study elaborates on the advantages of utilizing SIM during the technical inspection of buildings and provides specific examples for addressing typical issues in the construction phase. Emphasis is placed on potential outcomes and functionality achievable through the use of the SIM model in addressing tasks related to the technical inspection of buildings, contributing to the enhancement of efficiency and accuracy in the analysis of structural conditions.*

**Keywords:** BIM technologies, digital model, preprocessor, computational building model, model export, dual information export, FEA (Finite Element Analysis), SIM (Structural Information Model), EIR (Employer's Information Requirements).

**Andrukhov Valeriy Mykhailovych** – PhD, Associate Professor, Vinnitsia National Technical University, e-mail: [vmandruchov@gmail.com](mailto:vmandruchov@gmail.com);

**Andriy Serhiiovych Potiekha** – student, Department of Civil and Environmental Engineering Vinnitsia National Technical University, Vinnitsia city.

**Iliia Serhiiovych Martynov** – student, Department of Civil and Environmental Engineering Vinnitsia National Technical University, Vinnitsia city.

**Shvidky Dmytro Vasyliovych**, PhD student, Vinnitsia National Technical University, Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering.