

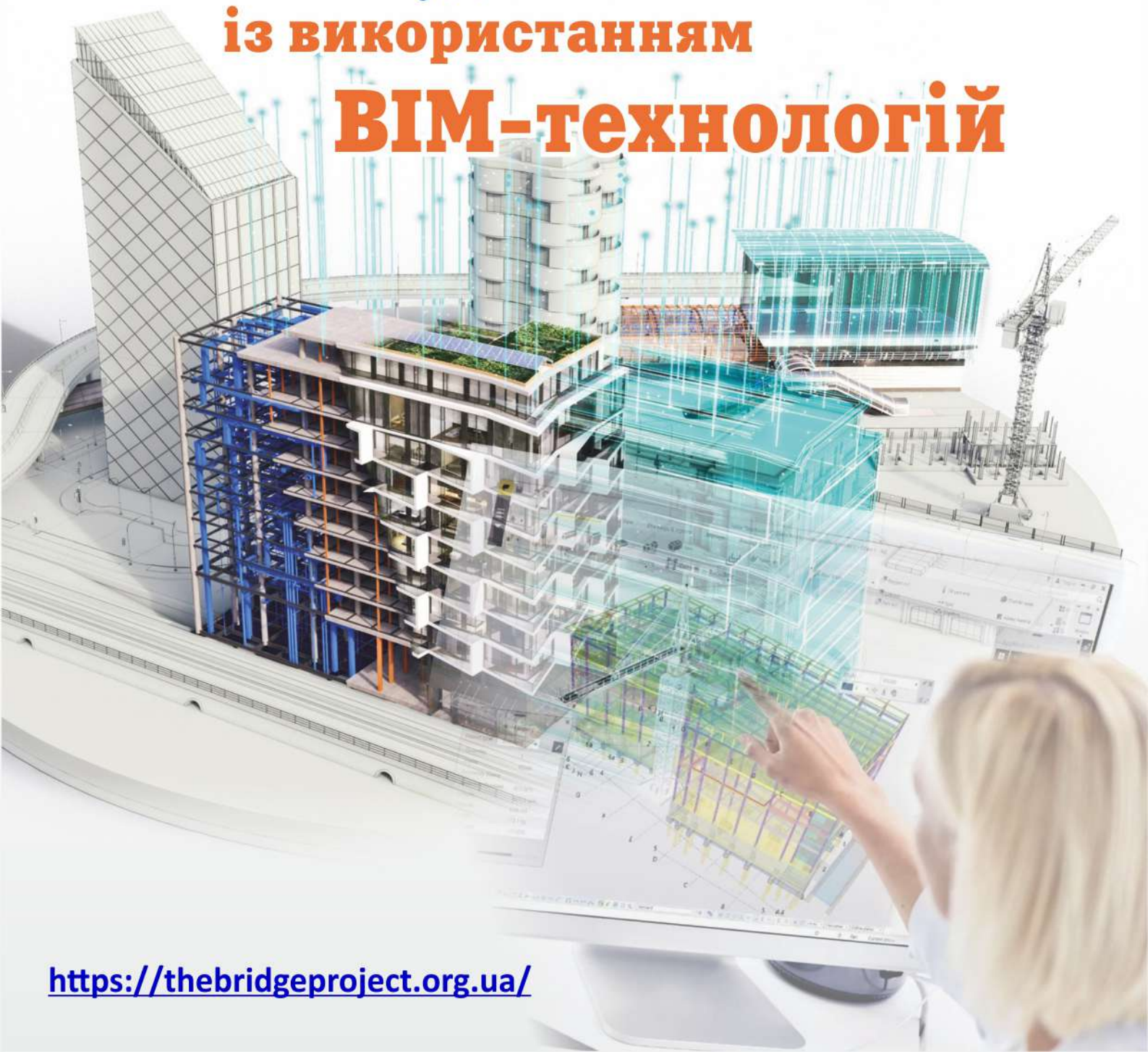


Co-funded by
the European Union

The **Bridge** IM architecture
engineering
construction

Практикум

СУЧАСНІ ПІДХОДИ до проєктування, аналізу та оцінки будівельних систем із використанням BIM-технологій



<https://thebridgeproject.org.ua/>

СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ПРОЄКТУВАННЯ, АНАЛІЗУ ТА ОЦІНКИ БУДІВЕЛЬНИХ СИСТЕМ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ВІМ- ТЕХНОЛОГІЙ

Практикум

За ред. Ю. В. Булгакової та Н. С. Чернової

Проект співфінансується Європейським Союзом, проте висловлені погляди та думки належать лише авторам цього проекту і не обов'язково відображають погляди Європейського Союзу чи Європейського виконавчого агентства з питань освіти та культури. Ні Європейський Союз, ні грантодавець не можуть нести за них відповідальність.

Дніпро

2025

Практикум рекомендовано до друку рішенням Вченої ради Українського державного університету науки і технологій МОН України, протокол № 1 від 24.09.2025 р.

Авторський колектив: М. Г. Болотов, Т. Р. Ганєєв, І. І. Давидов, В. А. Загільський, В. В. Ковба, Д. В. Левківський, В. В. Малахов, А. С. Москвітін, О. Р. Позняк, Н. В. Пуштіна, С. Г. Рибачов, М. М. Руденко, В. Л. Сєдін, М. М. Сорока, М. Г. Сур'янінов, Р. Ю. Титаренко, Р. Є. Хміль, В. П. Чабан, В. І. Шеховцов.

За ред. Ю. В. Булгакової, Н. С. Чернової.

Наукові редактори:

Ю. В. Булгакова, кандидат технічних наук, доцент кафедри управління комерційною діяльністю залізниць, Національний транспортний університет (м. Київ);

Н. С. Чернова, кандидат економічних наук, доцент кафедри економіки і менеджменту, Український державний університет науки і технологій (м. Дніпро).

Рецензенти:

І. І. Назаренко, Президент Академії будівництва України, доктор технічних наук, професор, машин і обладнання технологічних процесів Київський національний університет будівництва і архітектури, заслужений діяч науки і техніки України (м. Київ);

М. М. Бабенко, кандидат технічних наук, доцентка кафедри інженерії та фізики матеріалів, Словацький технічний університет у Братиславі (м. Братислава).

Сучасні підходи до проектування, аналізу та оцінки будівельних систем із використанням BIM-технологій : практикум / М. Г. Болотов, Т. Р. Ганєєв, І. І. Давидов та ін.; за ред. Ю. В. Булгакової та Н. С. Чернової ; Укр. держ. ун-т науки і технологій. – Електрон. вид. – Дніпро : УДУНТ, 2025. – 228 с.

ISBN 978-617-8314-79-8 (PDF)

У практикумі представлено матеріали науково-практичних досліджень, виконаних у межах реалізації міжнародного проекту програми Європейського Союзу Erasmus+ «The BRIDGE – Bridging Innovations, Knowledge and Skills for Integrating Digitalization in the Ukrainian Construction Sector».

Розглянуто сучасні підходи до проектування, аналізу та оцінки будівельних систем із використанням BIM-технологій, а також інноваційні рішення для забезпечення енергоефективності, точності розрахунків і взаємодії між програмними середовищами. Матеріали охоплюють питання термоефективності екоорієнтованих модульних будинків, моделювання історичних будівель на основі хмари точок, використання BIM у конструктивному проектуванні, розрахунку металевих і залізобетонних конструкцій, аналізу взаємодії фундаментів із ґрунтовим середовищем, а також розробки моделей мікроклімату громадських будівель.

Видання призначене для науково-педагогічних працівників, аспірантів, здобувачів вищої освіти, а також фахівців у галузі будівництва, архітектури, енергетики та цифрового моделювання, які цікавляться практичним застосуванням BIM-технологій у навчальному процесі та професійній діяльності.

УДК 624.01:004.942(075.8)



Цей твір ліцензовано на умовах Ліцензії Creative Commons

[«Attribution-NonCommercial-ShareAlike» 4.0 International \(CC BY-NC-SA 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

[\(«Із зазначенням авторства – Некомерційна – Поширення на тих самих умовах» 4.0 Міжнародна\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

5. ПОРІВНЯЛЬНИЙ РОЗРАХУНОК ЗАЛІЗОБЕТОННОЇ БАЛКИ ЗА УКРАЇНСЬКИМИ (ДБН) ТА ЄВРОПЕЙСЬКИМИ (EN 1992-1-1) НОРМАМИ

В.І. Шеховцов

В.В. Малахов

ВСТУП

Інтеграція України в європейський технічний та економічний простір висуває нові вимоги до будівельної галузі, ключовою з яких є гармонізація нормативної бази. Перехід від національних Державних Будівельних Норм (ДБН) до системи європейських стандартів (Єврокодів) є не просто технічним оновленням, а стратегічною необхідністю. Цей процес сприяє міжнародній співпраці, забезпечує сумісність проєктних рішень на європейському ринку та підвищує загальні стандарти безпеки та надійності споруд. Впровадження Єврокоду 2, що регламентує проєктування залізобетонних конструкцій, у вигляді національного стандарту ДСТУ-Н Б EN 1992-1-1:2010, є центральним елементом цієї трансформації.

Фундаментальною відмінністю між двома системами є їхня філософія забезпечення надійності конструкцій. Підхід, закладений у ДБН В.2.6-98, базується на використанні заздалегідь визначених «розрахункових опорів» матеріалів, які вже враховують певні коефіцієнти надійності. Цей метод, що походить з детерміністичної традиції, пропонує прямий шлях до розрахунку, однак прозорість закладених у нього запасів міцності є обмеженою.

На противагу цьому, Єврокод 2 використовує напівімовірнісний метод. Він оперує поняттям «характеристичної міцності» матеріалів (f_{ck} для бетону, f_{yk} для арматури). Для отримання розрахункових значень міцності ці характеристичні величини діляться на явні часткові коефіцієнти надійності за матеріалом (γ_c для бетону, γ_s для арматури). Такий підхід робить концепцію безпеки більш, гнучкою та адаптивною.

Метою даного завдання є проведення паралельного, покрокового розрахунку типової залізобетонної балки, що працює на згин, за обома нормативними системами. Ця практична вправа дозволить зрозуміти теоретичні розбіжності та кількісно оцінити їхній вплив на кінцевий результат проєктування, а саме на необхідну площу робочої арматури (A_s).

1. ТЕОРЕТИЧНЕ ПІДґРУНТЯ ТА ОСНОВНІ ПРИПУЩЕННЯ

В основі як ДБН, так і Єврокоду лежить єдина філософія проєктування за методом граничних станів. Цей метод має на меті забезпечення того, що конструкція протягом усього проєктного терміну експлуатації не стане непридатною для використання. Перевірка виконується за двома групами граничних станів: перша група (Ultimate Limit State, ULS), що пов'язана із руйнуванням або втратою несучої здатності (безпека), та друга група (Serviceability Limit State, SLS), що стосується функціональності та комфорту користувачів (прогини, тріщини). Даний кейс зосереджений на розрахунку за першою групою граничних станів (ULS).

Незважаючи на спільну мету, формати забезпечення надійності в обох системах суттєво відрізняються.

1.1 МЕТОД ДБН

Цей підхід використовує «коефіцієнти надійності за навантаженням» (γ_{fm}), щоб збільшити характеристичні (нормативні) значення навантажень до їх розрахункових значень. Далі, для матеріалів використовуються заздалегідь визначені в таблицях «розрахункові опори». Ці значення, по суті, є характеристичними міцностями, які вже були зменшені з урахуванням (неявного) коефіцієнта надійності за матеріалом та інших коефіцієнтів, наприклад, коефіцієнта умов роботи бетону γ_{b2} . Основна умова перевірки міцності має вигляд:

вплив від розрахункових навантажень $\leq$ несуча здатність, визначена за розрахунковими опорами.

1.2 МЕТОД ЄВРОКОДУ 2

Цей підхід є більш деталізованим і прозорим. Для визначення розрахункового впливу (E_d) використовуються часткові коефіцієнти для дій (γ_G для постійних, γ_Q для змінних). Окремо визначаються характеристичні міцності матеріалів (f_{ck} , f_{yk}), які базуються на статистичному 5% фрактилі, тобто значенні, нижче якого очікується не більше 5% результатів випробувань.

Для отримання розрахункових міцностей (f_{cd} , f_{yd}) ці характеристичні значення діляться на явні, чітко визначені часткові коефіцієнти надійності за матеріалом: γ_c для бетону та γ_s для арматури. Формула для розрахункової міцності бетону на стиск є центральною в цьому підході:

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c.$$

Основна умова перевірки має вигляд:

$$E_d \leq R_d,$$

де R_d – розрахунковий опір перерізу, обчислений на основі розрахункових міцностей f_{cd} та f_{yd} . Розділення коефіцієнтів для навантажень і матеріалів дозволяє гнучкіше керувати надійністю. Наприклад, Єврокод 2 встановлює стандартні значення $\gamma_c=1.5$ та $\gamma_s=1.15$, але також надає методологію для їх зменшення за умови гарантованого та задокументованого підвищеного контролю якості на виробництві. Наприклад, при зменшенні відхилень у геометричних розмірах перерізу та положенні арматури, а також при зниженні варіабельності міцності бетону, коефіцієнт γ_c може бути знижений до 1.4. Це створює прямий економічний стимул для підвищення якості будівельних робіт, оскільки дозволяє проєктувати більш економні конструкції (з меншими перерізами або меншим армуванням) без зниження цільового рівня надійності. У системі ДБН, де розрахункові опори є фіксованими табличними величинами, такий гнучкий, заснований на ризиках підхід, практично відсутній.

2. ПРАКТИЧНЕ ЗАВДАННЯ ДЛЯ СТУДЕНТІВ

2.1 КОНТЕКСТ

Українська будівельна компанія розпочинає реалізацію проєкту відбудови зруйнованого внаслідок бойових дій житла в м. Покровськ Херсонської області. Фінансування проєкту здійснюється за участю європейського інвестиційного фонду. Згідно з вимогами українського законодавства, проєктна документація має бути розроблена у відповідності до чинних ДБН для проходження державної експертизи та отримання дозволу на будівництво. Водночас, інвестори, керуючись власними протоколами управління ризиками та вимогами міжнародних страхових компаній, вимагають проведення паралельної верифікації ключових несучих конструкцій за нормами Єврокоду. Ця ситуація створює реальну практичну потребу в інженерах, що володіють компетенціями для роботи в обох нормативних системах.

Студенту пропонується виступити в ролі інженера-конструктора, відповідального за проєктування типової балки перекриття в цьому житловому будинку. Завдання полягає у розрахунку балки (рис.3.1) за першою групою граничних станів (ULS) на дію згинального моменту.



Рис. 5.1 Відновлення пошкодженого житлового в будинку місті Покровськ Херсонської області

Завдання: Виконати та задокументувати два паралельні розрахунки для визначення необхідної площі поздовжньої розтягнутої арматури (A_s):

1. Розрахунок відповідно до вимог ДБН В.2.6-98 та пов'язаних з ним стандартів (зокрема, ДБН В.1.2-2:2006 для навантажень).
2. Розрахунок відповідно до вимог ДСТУ-Н Б EN 1992-1-1 (Єврокод 2).

Кінцевим результатом роботи має стати порівняльний звіт, що містить опис методологій, детальні розрахунки з використанням ПК LIRA-CAD, зведені результати та аналітичні висновки. Вихідні дані до цієї вправи містяться в Додатку.

2.2 МОЖЛИВИЙ АЛГОРИТМ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧІ

Відразу після запуску модуля САПФІР ПК LIRA-CAD стають доступними елементи інтерфейсу програми: меню команд, піктограми, панелі інструментів, службові вікна з деревовидними списками, графічне вікно, тощо.

 Для завдання координатних осей використовується команда меню **«Осі»** у вкладці **«Створення»**. Використовуємо піктограму **«Параметри»** для активації діалогового вікна **«Координатні осі»**.

Обираємо тип сітки: **«Прямокутна»**. Задаємо точку прив'язки і її координати. В групі **«Інтервали»** надано дві таблиці, за допомогою яких задаємося інтервалами між осями та їх позиціями в двох напрямках. Щоб додати ось до сітки тиснемо **«Додати інтервал»** під відповідною таблицею. Натискаємо кнопку **«ОК»**: діалог завершується і програма утворює сітку координатних осей, яку ми можемо спостерігати в графічному вікні. За допомогою лівої кнопки миші вказуємо місце розташування утвореної сітки координатних осей.

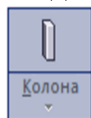
Для побудови кожного елементу конструкції призначений свій особливий інструмент. Виклик інструменту зручно здійснити, використовуючи кнопки на панелі інструментів.

 Обираємо інструмент **«Стіна»** натисканням кнопки **«Стіна»** во вкладці **«Створення»**, внаслідок чого у верхній частині вікна програми з'являється панель властивостей інструменту **«Стіна»**. Виберіть спосіб побудови осьової лінії **«Відрізки прямих»**, **«Ланцюжок»**, тощо. Використовуйте розкривний список **«Матеріал»** в вікні властивостей побудови і оберіть матеріал стіни. Важно відмітити, що для внутрішніх перегородок слід встановити в розкривному списку **«Функція»** значення **«Перегородка»** та в розкривному списку **«Інтерпретація»** значення **«Навантаження»**. Задаємо товщину в залежності від матеріалу, рівень основи та спосіб прив'язки до осі. Використовуючи тривимірний локатор, керований маніпулятором **«миша»**, послідовно введіть декілька точок осьової лінії.

 Обираємо на панелі **«Інструменти»** інструмент **«Двері»**. На панель властивостей інструменту завантажуються властивості дверей. Розміри отвору, глибина розміщення  дверного полотна (відстань від площини стіни до площини встановлення дверей), рівень відносно підлоги можуть бути задані у відповідних вікнах редагування. Розміщення отворів на стінах відбувається за допомогою тривимірного локатора. Локатор визначає положення базової точки отвору в моделі. Проріз може бути прив'язаний відносно своєї базової точки одним з трьох способів: точка ліворуч, точка посередині, точка праворуч. Спосіб прив'язки перемикається піктограмами на панелі властивостей інструменту **«Двері»**. Заповнення отвору можна обрати за допомогою відповідного діалогового вікна. В діалоговому вікні **«Заповнення отвору»** вкажіть елементи заповнення дверного отвору, оберіть готову модель полотна з бібліотеки та підтвердить свій вибір за допомогою кнопки **«Заповнити отвір»**.

Використовуйте локатор для розміщення декількох отворів на фасаді будівлі. Для цього розташуйте курсор на зображенні стіни, переміщуючи **«мишу»**, керуйте локатором, знайдіть потрібне положення, зафіксуйте проріз одноразовим клацанням лівої кнопки **«миші»**.

Алгоритм додавання вікон до моделі будівлі повністю повторює наведений вище алгоритм додавання дверей. Оберіть інструмент **«Вікно»**, налаштуйте основні параметри вікна, вкажіть заповнення отвору та за допомогою тривимірного локатора розмістить дверний проріз в межах стіни моделі будівлі.



Оберіть інструмент **«Колона»**. Натисніть кнопку **«Переріз»** та в вікні, що відкрилося призначте параметри перерізу. В списку **«Матеріал»**, що розкривається, в вікні властивостей побудови оберіть матеріал колони. Визначте місце розташування колони за допомогою тривимірного локатора.

Щоб додати в модель будівлі балку, натисніть піктограму **«Балка»** на панелі **«Інструменти»**. При цьому в області панелей властивостей з'являється панель властивостей інструменту **«Балка»**. У графічному вікні включається локатор для введення точок.



За допомогою списків, що розкриваються в вікні **«Властивості побудови»** визначте матеріал і шар моделювання. Для вибору перерізу балки використовуйте кнопку **«Переріз»**. Потім, використовуючи локатор, введіть у графічному вікні точки, що визначають осьову лінію балки (Рис. 2.2). На панелі властивостей

інструменту «Балка» можливо задати фіксацію рівня розташування балки в залежності від низу або верху поверху.

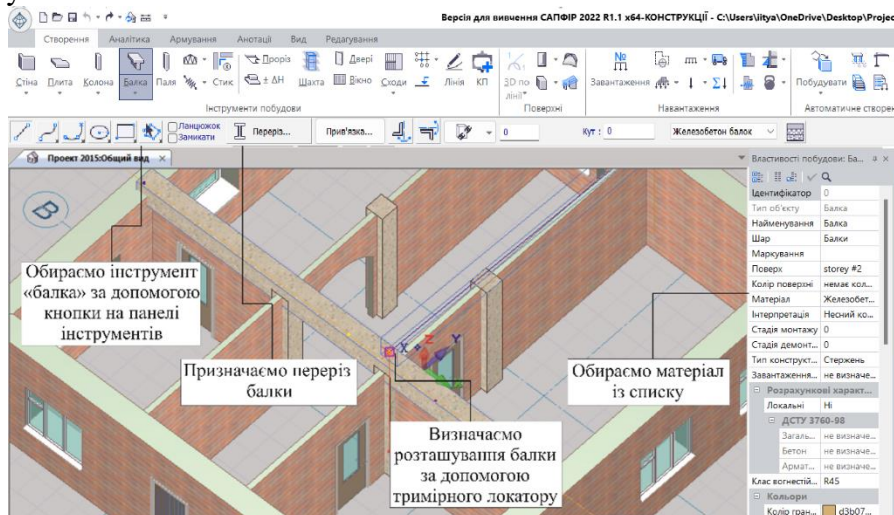
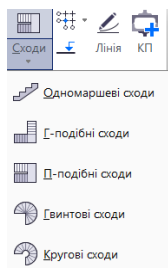


Рис. 5.2 Створення моделі балки



Оберіть інструмент «Сходи» та вкажіть тип сходів. Задайте геометричні параметри сходового маршу. Задайте розміри сходинки та поручнів, вкажіть колір конструкцій сходів та визначте місце розташування сходів на плані поверху. В розрахунково-графічній роботі допускається не враховувати сходовий марш в розрахунковій схемі, тож в вікні «Властивості побудови» напроти графі «Інтерпретація» виставляємо «Ігнорувати».



плиту,

Використовуйте кнопку «Плита», щоб викликати відповідний інструмент. Задайте товщину плити перекриття. Задайте навантаження, що діють на оберіть матеріал зі списку в вікні властивостей побудування. Потім за допомогою тривимірного локатора введіть точки контуру плити перекриття.

В процесі введення точок можна перемикає спосіб побудови, щоб чергувати прямі і радіусні ділянки контуру. Режими «Ланцюжок» і «Замкнути» для побудови контуру перекриття включені за замовчуванням, відключити їх не можливо, оскільки це об'єкт замкнутого контуру.



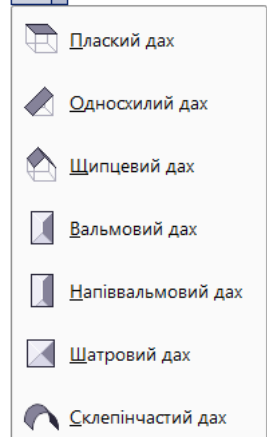
Якщо при створенні плити перекриття включена кнопка «Фіксація рівня», то незалежно від того, на якій висоті вводяться точки контуру, побудова плити виконується на рівні, заданому цифрою в вікні редагування залежно від низу або верху поверху. Якщо відключити фіксацію рівня (віджати кнопку «Фіксація рівня»), то висотна відмітка верхньої площини перекриття визначається поточним положенням тривимірного локатора. Локатор, переміщуючись в просторі, задає рівень перекриття. Використовуйте комбінацію клавіш **Shift + Z**, щоб включити рух по вертикалі. Для налаштування прив'язки перекриття по висоті використовуйте керуючі елементи, зібрані у групи «Рівень».



Щоб створити отвір в плиті, натисніть піктограму «Проріз» на панелі «Інструменти». При цьому в області панелей властивостей з'являється панель властивостей інструменту «Проріз». У графічному вікні з'являється курсор, що дозволяє виконувати вказування об'єктів. За допомогою курсору оберіть об'єкт, в якому потрібно виконати отвір. При цьому локатор переходить до режиму введення точок, а площина побудови орієнтується паралельно зазначеній площині об'єкта. Шляхом введення точок за допомогою 3D локатора сформуєте контур отвору.



Щоб змодельовати дах, оберіть пункт меню «Створити» / «Дах» або натисніть піктограму «Дах» на панелі «Інструменти». При цьому в області панелей властивостей з'являється панель властивостей інструменту «Дах». У графічному вікні локатор переходить до режиму введення точок. Для створення моделі даху слід вибрати тип, задати кут схилу, товщину, величину звісу, висотну прив'язку відносно рівня поверху (група «Рівень»), матеріал і шар моделювання. Потім за допомогою 3D локатора ввести у графічному вікні точки, що визначають контур підстави даху без урахування звісу. В розрахунково-графічній роботі допускається не враховувати навантаження від даху в розрахунковій схемі, тож в вікні «Властивості побудови» напроти

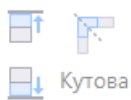


графи «Інтерпретація» виставляємо «Ігнорувати». До моделювання даху слід підходити після створення нового поверху.



Для побудови несучих конструкцій другого поверху та горища надалі буде потрібно створити новий поверх. Оберіть команду «Створити/копіювати поверх». При цьому з'явиться діалог з назвою «Створити новий поверх». Задайте кількість поверхів, їх висоту та місце розташування. Поставте відмітку навпроти функції «Копіювати елементи» та використовуючи фільтр оберіть елементи для копіювання. Після підтвердження вибору слід видалити зайві елементи з архітектурної моделі будівлі.

Виконавши побудову стін приміщення горища для підрізки останніх покрівлею відкриваємо вкладку меню «Редагування» виділяємо елементи типу «Стіна» і елементи типу «Дах», між якими потрібно виконати підрізку. Стіну та покрівлю вказуємо в будь-якому порядку. Другий об'єкт слід вказувати, попередньо натиснувши і утримуючи в натиснутому стані клавішу **Shift**. Обрані об'єкти підсвічуються кольором виділення.



Кутова

Підрізка

Підрізка стіни під дах зазвичай виконується для стін. Однак, ця операція може бути виконана і для об'єктів типу «Дах». В цьому випадку підрізка виконується для об'єкта «Дах», зазначеного першим. Підрізка може бути здійснена, якщо об'єкти перетинаються по висоті. Якщо стіна нижче, то вона не

нарощується до висоти даху. Тому, щоб не було зазорів, початкову висоту стіни задавайте із запасом.

Робота с розрахунковою моделлю. У вкладці «Аналітика» пропонуються інструменти для створення та редагування аналітичної моделі, призначеної для подальшого розрахунку за методом скінчених елементів і аналізу напружено-деформованого стану конструкції.

У цьому режимі доступні специфічні інструменти для роботи з розрахунковою моделлю, що не представлені на панелі інструментів вкладки «Створення», призначені для створення і редагування об'єктів відповідних типів.

Якщо в існуючому проєкті аналітичні моделі ще не створювалися, то при спробі перейти до розрахункової моделі з'явиться діалог «Створити нову розрахункову модель». При натисканні кнопки «ОК» цього діалогу в складі проєкту в розділі під назвою «Аналітика» буде створена нова розрахункова модель. Може бути створено декілька аналітичних моделей, кожна з яких буде характеризувати якийсь аспект роботи конструкції, тому розрахункові моделі отримують імена «варіант 1», «варіант 2», тощо. Створити новий варіант аналітичної моделі будівлі можна в будь-який момент, наприклад, обравши зі стрічки меню «Створити» / «Розрахункова модель» або скориставшись кнопкою «Оновити» / «Створити нову розрахункову модель» в блоці інструментів «Розрахункова модель: створення».

Аналітична модель являє собою комбінацію конструкцій (у вигляді стрижнів і пластин) і навантажень розрахункової схеми будівлі. В роботі для нанесення на стрижні і пластини кінцево-елементної сітки використовуються наступні кнопки:

Команда «Налаштування параметрів тріангуляції» відкриває діалогове вікно, яке дозволяє налаштовувати параметри кінцево-елементної мережі, що генеруються. САПФІР має три генератори кінцево-елементних сіток: один трикутний і два чотирикутних. Обидва чотирикутних генератори можуть окрім чотирикутних елементів сіток генерувати також і трикутні елементи. Різниця між двома чотирикутними генераторами полягає в тому, як вони ведуть себе біля опор та в середині прольоту. Сітки, згенеровані чотирикутним генератором, є регулярними в прогонових зонах, а сітки, згенеровані як адаптивні чотирикутні контури опор.

Основним параметром генерації сіток пластин є «Крок», який визначає максимальну довжину ребра трикутника або чотирикутника сітки. Крім цього параметра корисним є параметр «Додати нові точки», який в положенні «Ні» дозволяє створити кінцево-елементну мережу, об'єднуючи тільки існуючі опорні точки і відрізки. Для генерації сіток стрижнів передбачений тільки один параметр: «Розбивка стрижнів по довжині», що визначає максимальну довжину кінцевого елемента, на які дробиться стрижень. Команда «Тріангулювати обрані стрижні і пластини» проводить тріангуляцію, тобто створює на елементі кінцево-елементну

Після виконання наведених вище операцій розрахункову схему слід перевірити та відкрити в ПК ЛПА-САПР, використовуючи відповідні кнопки в блоці «Розрахунок в ЛПА- САПР» стрічкового меню. Це викличе відкриття основного модуля програмного пакету.

В програмному комплексі передбачено автоматичне формування розрахункових сполучень зусиль, відповідне нормативним документам, що діють в проектуванні об'єктів будівництва. Слід виконати паралельний розрахунок за українськими та європейськими стандартами. Результати обох розрахунків слід звести в таблицю для наочного порівняння.

Таблиця 5.2

**Приклад порівняльної зведеної таблиці розрахунків та результатів
(ДБН vs. Єврокод 2)**

Етап розрахунку	Позначення / Формула	ДБН В.2.6-98	EN 1992-1-1	Різниця, %
Розрахунок навантажень				
Розрахункове навантаження	q_d / q_{Ed}	24.73 кН/м	30.56 кН/м	+23.6%
Розрахунковий згин. момент	M_d / M_{Ed}	111.26 кНм	137.52 кНм	+23.6%
Міцність матеріалів				
Розрахункова міцність бетону	f_{cd}	14.5 МПа	11.33 МПа	-21.9%
Розрахункова міцність сталі	f_{yd}	435.0 МПа	434.8 МПа	-0.05%
Необхідна площа арматури	$A_{s,req}$	606.8 мм²	788.1 мм²	+29.9%

Засвоєна в цьому кейсі порівняльна структура аналізу (Коефіцієнти навантажень → Розрахункові зусилля → Міцність матеріалів → Розрахунок опору → Кінцевий результат) є універсальним інструментом. Цей підхід може бути застосований для порівняння будь-яких двох будівельних норм для будь-яких типів конструктивних елементів (колон, плит, фундаментів) та для будь-яких видів впливів (поперечна сила, крутний момент, осьове зусилля).

ЛІТЕРАТУРА

Використана

1. ДБН В.2.6-98:2009. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення.
2. ДСТУ-Н Б EN 1992-1-1:2010. Єврокод 2: Проектування залізобетонних конструкцій. Частина 1-1. Загальні правила і правила для споруд (EN 1992-1-1:2004, IDT).
3. ДБН В.1.2-2:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування.
4. ДБН В.1.2-14:2018. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд.

Рекомендована для самостійного вивчення студентами

1. Клименко Ф.Є., Барабаш В.М., Стороженко Л.І. Залізобетонні та кам'яні конструкції: Підручник. – Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2009.
2. Бамбура А.М., Валовой Д.В. та ін. Проектування залізобетонних конструкцій за єврокодами. Посібник з проектування до ДСТУ Н Б EN 1992-1-1:2010. – Київ: ДП "НДІБК", 2012.
3. Mosley B., Bungey J., Hulse R. Reinforced Concrete Design to Eurocode 2. – 7th ed. – Palgrave Macmillan, 2012.
4. The Concrete Centre. "How to design concrete structures using Eurocode 2" (серія посібників та прикладів розрахунків).
5. Офіційні навчальні матеріали та посібники з LIRA-CAD.

Вихідні дані для Case study 2

