

УДК 69.055.2

<sup>1</sup> **П.Є. Григоровський**, д.т.н., с.н.с., перший заступник директора інституту з наукової роботи ",  
Orcid 0000-0003-0527-5890;

<sup>2</sup> **В.О. Басанський**, к.т.н. Зав. сектору спеціальних споруд, Orcid 0000-0002-7850-7798;

<sup>3</sup> **А.П. Григоровський**, аспірант, Orcid 0000-0003-0009-2358

<sup>1, 2, 3</sup> ДП "Науково-дослідний інститут будівельного виробництва" м.Київ

## РОЗРОБКА ІДЕАЛІЗОВАНОЇ МОДЕЛІ ПРОЕКТУВАННЯ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ЛІКВІДАЦІЇ НАСЛІДКІВ АВАРІЙНИХ РУЙНУВАНЬ БУДІВЕЛЬ ПОНАДНОРМОВИМИ ВПЛИВАМИ

**Анотація. Проблема.** Організаційно-технологічне проектування, тобто розробка проекту організації будівництва та проекту виконання будівельних робіт потребує вивчення матеріалів вишукувань, стану оточуючого середовища, можливостей будівельної організації, її технічної бази тощо, тобто потребує тривалого часу. За необхідності виконання першочергових аварійно-рятувальних робіт безпосередньо після катастрофи чи аварії, коли є загроза людському життю, такого часу не існує. Тому, необхідна розробка заходів, що дозволяють мінімізувати час та ризик прийняття неефективних рішень в умовах недостатньої інформації про пошкоджений об'єкт. На даний час відсутні організаційно-технологічні рішення, які спроможні одночасно об'єднати об'єктивну терміновість та раціональну обґрунтованість їх виконання. Підвищення ефективності та безпеки робіт з ліквідації аварійних руйнувань, внаслідок дії понаднормових впливів на великопанельні будівлі, шляхом вибору оптимального варіанту термінових протиаварійних заходів з використанням інформаційно-математичного моделювання та баз даних щодо типових руйнувань, технічних, технологічних і організаційних рішень є актуальною техніко-економічною проблемою. **Методика.** Оптимізація процесу прийняття рішень в умовах невизначеності можлива за умови попередньої розробки баз даних типових організаційно-технологічних протиаварійних заходів та методології їх використання на типових об'єктах. Прив'язка існуючих, заздалегідь розроблених рішень з використанням типових інформаційно-математичних моделей, до конкретного аварійного об'єкту за принципом розпізнавання образів, дозволить пришвидшити вибір варіанту та максимально забезпечити виконання аварійно-рятувальних робіт, сприятиме порятунку можливих жертв аварії. **Оригінальність.** Прогнозування наслідків понаднормових впливів на несучу здатність та стійкість великопанельних будівель за умови недостатності вихідної інформації про технічний стан пошкоджених частин будівлі, тобто в умовах невизначеності, можливе тільки за допомогою розрахункових математичних моделей. Наявність бази даних типових рішень з підсилення та наявність розрахункової моделі дозволять, з прийнятою вірогідністю, оперативно вибрати метод підсилення аварійних конструкцій, який в умовах невизначеності буде більш обґрунтованим, ніж емоційно прийняте, суб'єктивне технічне рішення. **Практична цінність.** Наведений алгоритм дозволяє створити бази даних необхідних заходів і готових рішень щодо стабілізації великопанельної будівлі, що зазнала впливу понаднормового навантаження. Наповнення бази даних при виконанні варіативних розрахунків, щодо різних місць прикладення понаднормових впливів та їх інтенсивності з урахуванням різних конструктивно-технологічних схем дозволить значно пришвидшити прийняття рішень щодо стабілізації будівель що зазнали впливу понаднормових навантажень.

**Ключові слова:** технологія, техногенні впливи, руйнування, будівлі, інформаційне моделювання, бази даних, відновлення

### Вступ

Проектування організаційно-технологічних рішень ліквідації наслідків аварійних руйнувань будівель понаднормовими впливами внаслідок військових дій є маловивченим напрямком організаційно-технологічного проектування [9]. Традиційно, організаційно-технологічне проектування, тобто розробка проекту організації будівництва (ПОБ) та проекту виконання будівельних робіт (ПВР) потребує вивчення матеріалів вишукувань, стану оточуючого середовища, можливостей будівельної організації, її технічної бази тощо, тобто потребує певно-

го часу. Підготовка будівельного майданчика також є довготривалим процесом. За необхідності виконання першочергових аварійно-рятувальних робіт безпосередньо після катастрофи чи аварії, коли є загроза людському життю, такого часу не існує. Тому, необхідна розробка заходів, що дозволяють мінімізувати час та ризик прийняття неефективних рішень в умовах недостатньої інформації про пошкоджений об'єкт. Оптимізація процесу прийняття рішень в умовах невизначеності можлива за умови попередньої розробки типових організаційно-технологічних протиаварійних заходів та методології їх викорис-

тання на типових об'єктах. Прив'язка існуючих, заздалегідь розроблених рішень з використанням типових інформаційно-математичних моделей, до конкретного аварійного об'єкту за принципом розпізнавання образів, дозволить пришвидшити вибір варіанту та максимально забезпечити виконання аварійно-рятувальних робіт, сприятиме порятунку можливих жертв аварії.

**Постановка задачі та методи досліджень.**

Серед пошкоджених в наслідок військових дій будівель значну частку займають великопанельні будівлі масових серій, оскільки вони складають основу густозаселених житлових мікрорайонів часто таких, що межують з промисловими зонами, що потерпають від бомбардувань. Тому удосконалення організаційно-технологічних та технічних рішень термінової ліквідації аварійних руйнувань великопанельних будівель внаслідок понаднормових техногенних впливів потребує вирішення.

Підвищення ефективності та безпеки робіт з ліквідації аварійних руйнувань, внаслідок дії понаднормових впливів на великопанельні будівлі, шляхом вибору оптимального варіанту термінових протиаварійних заходів з використанням інформаційно-математичного моделювання та баз даних щодо типових руйнувань, технічних, технологічних і організаційних рішень є актуальною техніко-економічною проблемою.

Питаннями, пов'язаними з обстеженням та проектування будівель, що постраждали від впливу вибухових навантажень [9] переймалися фахівці Гликін С.М., Коробков В.А. Методика визначення обсягів руйнувань житлових будівель при впливах звичайних засобів ураження [10] викладена в роботах Седнева В.А. та Кошової Є.І. Методи відновлення будівель після Другої світової [11] війни проаналізовані Москаленко І.А. Питання інформаційного моделювання організаційно-технологічних рішень протягом життєвого циклу будівель [3,4] розглядали Григоровський П.Є., Червяков Ю.М., Басанський В.О., Крошка Ю.В., Мурасьова О.В., Чуканова Н.П., Михайленко В.М., Терентьев О.О. Інформаційне моделювання при експлуатації будівель і споруд [5] застосоване А.В. Деменьовим та О.С. Артамоновим. Технологічні особливості реконструкції будівель і споруд, їх ремонт та підсилення [6,7] навели в своїх роботах Іваник І.Г., Віхоть С.І., Пожар Р.С., Іваник Я.І., Вибранець Ю.Ю., Савйовський В.В., Молодіт О.С. Питання технічної експлуатації будівель та інженерних систем [8] висвітлено в роботах Гавриляка А.І. Таким чином, в роботах вітчизняних та зарубіжних авторів достатньо уваги приділяється питанням будівельно-інформаційного моделювання протягом життєвого циклу будівель і споруд, а також організаційно-технологічним рішенням ліквідації аварійних руйнувань, але недостатньо вивчені перспективи застосування методів будівельно-інформаційного моделювання для оптимізації організаційно-технологічних рішень ліквідації наслідків аварійних руйнувань великопанельних будівель внаслідок військових дій.

**Метою роботи** є розробка методики оптимізації організаційно-технологічних рішень підсилення аварійних конструкцій великопанельних будівель шля-

хом моделювання їх напружено-деформованого стану для підвищення ефективності аварійно-рятувальних робіт з ліквідації наслідків руйнувань.

**Виклад основного матеріалу.** Прогнозування наслідків понаднормових впливів на несучу здатність та стійкість великопанельних будівель за умови недостатності вихідної інформації про технічний стан пошкоджених частин будівлі, тобто в умовах невизначеності, можливе тільки за допомогою розрахункових математичних моделей. Наявність бази даних типових рішень з підсилення та наявність розрахункової моделі дозволять, з прийнятною вірогідністю, оперативно вибрати метод підсилення аварійних конструкцій, який в умовах невизначеності буде більш обґрунтованим, ніж емоційно прийняте суб'єктивне технічне рішення.

Традиційно, для моделювання, розрахунку та проектування будівельних конструкцій оперують поняттям "Фізична модель" [14].

Фізична модель — це 3D-модель будівельної конструкції, яка включає деталі, створені в програмному комплексі, і пов'язану з ними інформацію. Кожна деталь фізичної моделі буде присутня у зведеній будівлі або споруді. Крім того, фізична модель містить інформацію про навантаження та групи навантажень, що діють щодо фізичних деталей моделі, а також інформацію про будівельні норми, які програма використовує у процесі поєднання навантажень.

Розрахункова модель — це модель будівельної конструкції, створена з фізичної моделі. Її використовують для аналізу роботи та несучої здатності будівельної конструкції, а також для проектування.

При створенні розрахункової моделі програма формує наступні розрахункові об'єкти та включає їх у розрахункову модель:

- Розрахункові деталі, стрижні, елементи та області фізичних деталей
- Розрахункові вузли
- Умови спирання для кінців
- Жорсткі зв'язки між розрахунковими деталями та вузлами
- Навантаження, що діють на розрахункові деталі

Розрахункова модель також включає поєднання навантажень.

Відомо, що існуючі програми розрахунку несучої спроможності будівель спрямовані на формування проектних рішень, що забезпечують таку несучу спроможність і не пристосовані для визначення критичних значень навантажень, що спричиняють руйнування конструкцій. Тому, крім термінів "фізична модель" і "розрахункова модель" в подальшому використовуватимемо термін — "інформаційна розрахункова модель", що додатково включатиме алгоритмічну складову, щодо інформації про фактори впливу додаткових чинників на достовірність нашої моделі.

Методи розрахунку такого впливу передбачають наявність інформаційно-математичної моделі у складі "типова великопанельна будівля — елементи понаднормового впливу". Вплив своєчасного виявлення та усунення загроз понаднормових деформацій та прогресуючого обваллення шляхом виконання першочергових протиаварійних заходів, вибраних методом інформаційно-математичного моделювання

з використанням баз даних що складаються з варіантів типових руйнувань та технічних, технологічних і організаційних рішень ліквідації їх наслідків на підвищення ефективності робіт з мінімізації наслідків аварійних руйнувань, які несуть загрозу людському життю є багатофакторною задачею, вирішення якої вимагає певних припущень та схематизації. Елементи багатофакторної задачі моделювання понаднормового впливу — сила (потужність) понаднормового навантаження, координати місця дії понаднормового навантаження тощо, можливо, з врахуванням припущень та схематизації, вибрати шляхом експертної оцінки або застосування "функції корисності".

Оскільки при формуванні інформаційно-математичної моделі об'єкту досить складно передбачити множинну понаднормових впливів та факторів техногенного характеру на міцність та стійкість великопанельної будівлі з врахуванням зміни її конструктивної схеми в залежності від місця розташування та обсягів та локалізації пошкоджень, слід розробити спрощену, узагальнену модель у складі "типова великопанельна будівля ? елементи понаднормового впливу".

З огляду на те, що зведення великопанельних будівель за часи розвитку індустріального будівництва відбувалось згідно типових проектів масових серій, які мали певні відмінності в планувальних і конструктивних рішеннях, архітектурній складовій, висотності, товщині стінових панелей, висоті поверхів, тощо, що за кінцевим рахунком, принципово не впливало на просторову жорсткість будівель, їх розрахункову схему можливо звести до умовно однакової, розрахункової моделі. Тому планувальні рішення великопанельних будівель масових серій не має вирішального значення на несучу спроможність будівлі в цілому, тобто на узагальнену інформаційно-розрахункову модель, а основним фактором просторової жорсткості будівлі буде її насиченість вертикальними і горизонтальними конструктивними елементами. Враховуючи вище наведене, незважаючи на різноманітність серій типових проектів великопанельних будівель в нашій роботі для перевірки принципу моделювання ми використовуємо узагальнену модель великопанельної будівлі.

В подальшому, при створенні баз даних для різних серій і різних типів руйнувань внаслідок понаднормових навантажень, доцільно передбачити градацію моделей за різними типовими проектами та факторами впливу.

Узагальнена модель це — інформаційно-розрахунковий спрощений перехід від вихідної фізичної системи типової великопанельної будівлі до математичної моделі, що є найбільш важливим кроком при вирішенні технічної, або інженерної задачі. При формуванні моделі використовують метод скінченних елементів, який є найбільш ефективним і домінуючим для вирішення нелінійних задач. Просторова конфігурація будь-якої технічної або інженерної задачі описується числом ступенів свободи системи, тобто, узагальненими координатами. Традиційно для їх позначення використовують терміни — "змінні стану" та "головні змінні" [12, 15]. Для математичного моделювання необхідне зменшення числа ступенів свободи до кінцевого значення — дискретизація. Результатом цього процесу є дискретна модель.

Отримане чисельне рішення для дискретної моделі в загальному є апроксимацією, або наближенням до точного рішення математичної моделі. Дискретизацію можна розглядати як математичне моделювання, що спрощує вирішення реальних інженерних задач. Таким чином, основа фізичної концепції методу скінченних елементів — це розбиття математичної моделі конструкції на компоненти простої геометрії, як правило, трикутники. Механічна поведінка кожного елемента виражається за допомогою кінцевого числа ступенів свободи або значень шуканих функцій в безлічі вузлових точок. Поведінка математичної моделі апроксимується до поведінки дискретної моделі, отриманої шляхом складання всіх елементів.

Математичне моделювання виконують за допомогою відомих розрахункових програмних комплексів. Середовище SCAD це набір програм для виконання міцнісних розрахунків і проектування будівельних конструкцій. До його складу входять: Structure CAD (SCAD) — система кінцево елементного аналізу конструкцій для задач складної структури; програми для обслуговування SCAD, формування й розрахунку перерізів стрижневих елементів (Конструктор перерізів, Консул, Тонус, Сезам), визначення навантажень і впливів на будівлю, (Вест), визначення коефіцієнтів постелі, для розрахунку конструкцій на пружній основі (Крос), імпорту даних із архітектурних систем (Форум); проектно-аналітичні програми Кристал, Камін та Арбат, які призначені для розрахунку елементів сталевих і залізобетонних конструкцій; конструкторські програми Комета та Моноліт, для розробки конструкторської документації на стадії детальної опрацювання проектних рішень [13].

Програмні комплекси, що використовують для розрахунку напружено-деформованого стану будівель, базуються на схожих принципах, мають спільні ознаки та поєднані спільною філософією розрахунку. В них застосовано метод кінцевих елементів, що є чисельним методом вирішення диференціальних рівнянь. Моделювання напружено-деформованого стану великопанельної будівлі і його змін в процесі імітації понадпланових впливів можна виконати з використанням програм, наприклад Tekla Structures, Ліра-САПР, Мономах-САПР, Сапфір, тощо. Їх поєднує загальний підхід до складання розрахункової моделі.

Вирішенню поставленої задачі сприятиме узагальнена за характеристиками та просторовій жорсткості модель великопанельної будівлі, котра подібна до інших серій будівель та відобразить дію впливу понаднормових навантажень складена в розрахунковому комплексі "Мономах-САПР".

Особливістю розрахункової моделі є те, що місце розташування (координати осередку вибуху) і потужність навантаження є динамічними складовими, вони змінюються в залежності від умови поставленої задачі моделювання, а саме:

— для традиційного проектування нової будівлі,

— для порівняння ступеню руйнувань конструктивних елементів в залежності від потужності понаднормових навантажень, та місця їх розташування.

Традиційно при використанні розрахункової моделі для проектування нової будівлі розраховують повільні, розтягнуті в часі деформаційні процеси під впливом повільноперемінних навантажень, що викликані навантаженням від: поперехового зведення

конструкцій; технологічного навантаження будівельними механізмами та обладнанням; корисного навантаження, що виникає при заселенні будівлі, тощо. За умови повільного навантаження деформаційні процеси, також, розвиваються повільно. Вони розтягнуті в часі, тому напруження розподілені більш рівномірно, що сприяє їх перерозподілу між несучими елементами, а тому і меншим деформаціям.

В нашому випадку розраховують ступень деформації конструктивних елементів в залежності від потужності, понаднормових навантажень, та місця його розташування, з врахуванням короткострокової динаміки вибуху.

Потужність, понаднормових навантажень, та місця розташування осередка вибуху, при виконанні аналізу щодо їх впливу на несучу здатність будівлі, доцільно розглядати окремо, почергово фіксуючи їх умовне значення із заданою дискретністю. В даній роботі розглядаємо внутрішні вибухи, що є тотожним вибухам побутового газу, що вже розглядалися нами в попередніх роботах. Зовнішні вибухи можуть бути проаналізовані за наведеною методикою, але потребують окремого розгляду.

Особливості врахування значення потужності понаднормових навантажень є наступні. Короткостроковий у часі вибух призводить до швидкого розповсюдження понаднормових навантажень, які спричиняють швидкі деформаційні процеси. За умови швидкого динамічного навантаження, деформаційні процеси, також, розвиваються швидко. Вони стиснені в часі, тому напруження розподілені нерівномірно, що не сприяє їх перерозподілу між несучими елементами і тому викликають значні деформації що є причиною не прогнозованого швидкого руйнування. Крім того, конструкції, що розташовані ближче до осередку вибуху, з одного боку є перешкодою для розповсюдження вибухової хвилі в напрямку більш віддалених конструкцій тим самим зменшують її потужність, з іншого боку, в результаті руйнування їх рештки створюють додаткове навантаження на горизонтальні перекриття. Моделювання перемінного значення потужності понаднормових навантажень

передбачає імітацію руйнування несучих елементів, кількість яких збільшується в залежності від змодельованої потужності вибуху. Розподіл навантажень і, як наслідок, руйнація вертикальних і горизонтальних несучих елементів відбуваються за різними динамічними схемами.

Особливості врахування значення місця розташування осередка вибуху є наступними. При формуванні інформаційно-математичної моделі у складі "типова великопанельна будівля — елементи понаднормового впливу" беремо до уваги, що за умови однакової потужності вибуху місце розташування його осередка не однаково впливає на розрахункову схему моделі. Схему розташування осередків вибуху наведено на рис. 1. На рисунку видно, що осередки руйнувань однакового обсягу, що розташовані з лівого та правого краю на головному фасаді будівлі в районі осей 1-1, 4-4 створюють консольне зависання частин будівлі, розташованих вище осередку вибухів районі торцевих фасадів, що підвищує ризик їх обвалення в порівнянні з такими самими осередками руйнувань в середині будівлі, в районі осей 2-2, 3-3.

Вихідними даними для розрахунку є: типовий проект великопанельної будівлі; значення показників міцності прийнятих у проекті матеріалів; можливе врахування допустимих нормативними документами або проектом відхилення геометричних параметрів та характеристик міцності конструкцій; постійні, довготривалі, тимчасові навантаження, що сприймає будівля під час її експлуатації; понаднормові навантаження, що призводять до руйнації конструктивних елементів будівлі; прогноз обсягу потенційних руйнувань в залежності від потужності понаднормового навантаження та розташування можливих руйнувань внаслідок такого впливу; геометричні параметри та характеристики міцності комплектів тимчасового кріплення для виконання варіативного розрахунку по забезпеченню стійкості будівлі після виконання стабілізаційних заходів.

Далі наведено алгоритмічну послідовність дій в розрахунковому комплексі "Мономах-САПР" що сприятиме вирішенню поставленої задачі [14].

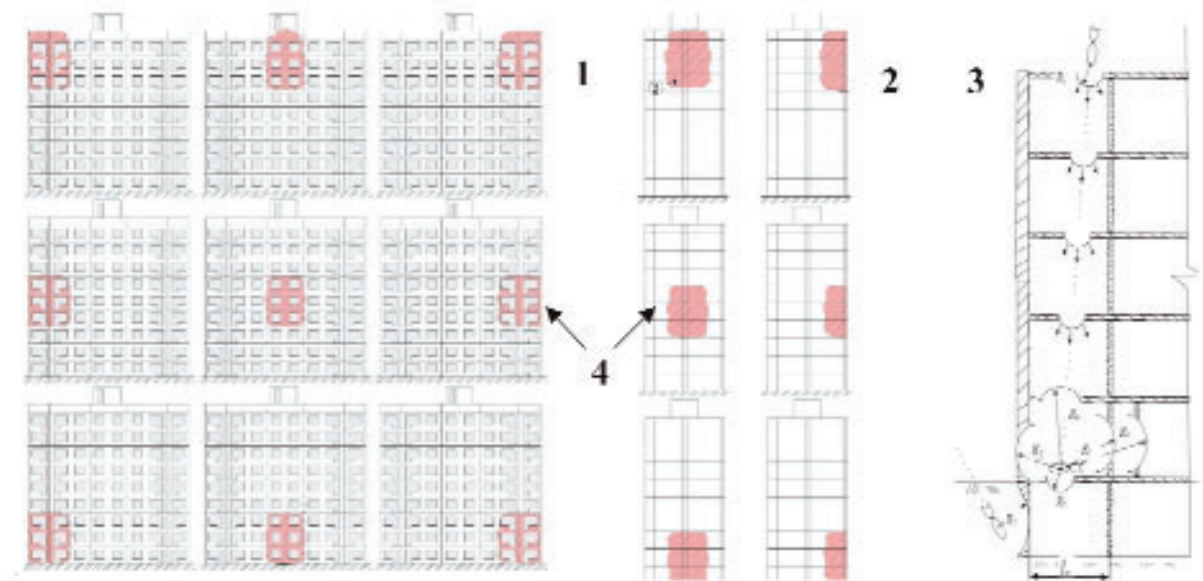


Рис. 1. Узагальнена модель у складі "типова великопанельна будівля ? елементи понаднормового впливу":  
1 — схема головного фасаду; 2 — схема бокового фасаду; 3 — зовнішній, внутрішній вибухи; 4 — осередки руйнувань

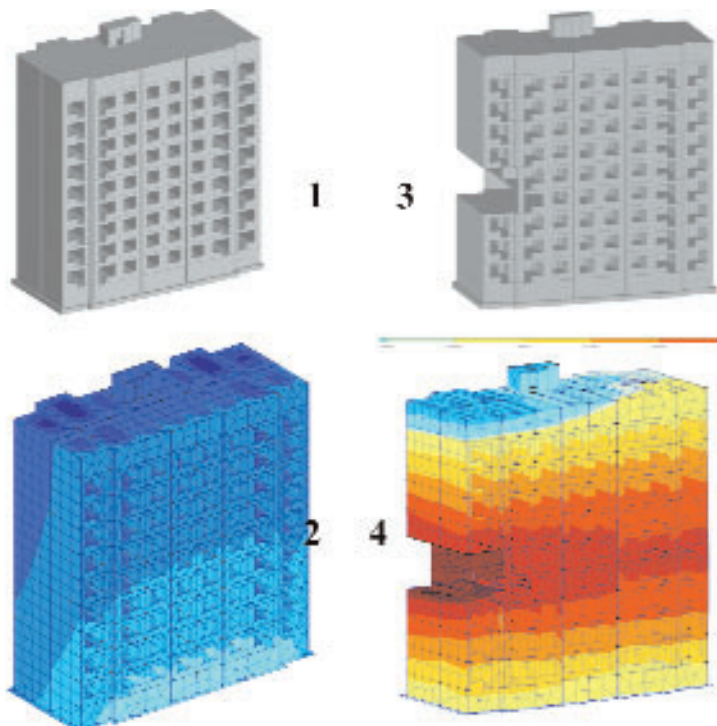


Рис. 2. Розрахункова модель порівняння ступеню деформації конструктивних елементів в залежності від потужності, понаднормових навантажень, та місця розташування їх осередку: 1 – моделювання геометрії будівлі; 2 – внесення змін до конструктивної схеми будівлі; 3 – аналіз ізополів переміщень без пошкоджень; 4 – аналіз ізополів переміщень з врахуванням пошкоджень

*Етап 0. (підготовчий) Визначення конструктивних та об'ємно-планувальних відмінностей* підвального, технічного та типового поверхів для їх врахування при складанні розрахункових елементів та об'ємної узагальненої, типової інформаційно-математичної моделі великопанельної будівлі взагалі в програмному комплексі "МОНОМАХ-САПР" для подальшої розробки алгоритму та методики визначення ступеня впливу понаднормових навантажень на стійкість аварійної будівлі.

*Етап 1. Створення геометрії моделі в плані* шляхом встановлення координатних осей, моделювання геометрії фундаментної плити та вертикальних несучих конструкцій підвального поверху. В даному комплексі, як і в більшості аналогічних програмних розрахункових комплексах, розробка просторової моделі починається з відбудови пласкої схеми в плані.

*Етап 2 Створення об'ємної, просторової моделі* шляхом врахування конструктивних та об'ємно-планувальних відмінностей підвального, технічного та типового поверхів. Копіювання та редагування поверхів з врахуванням наявних відмінностей у складі об'ємної, просторової моделі. На даному етапі задають основні показники просторової координати зі значеннями на які "витягуються" пласкі елементи, наприклад – лінії в вертикальні прямокутники стін, точки в лінії колон та інше.

*Етап 3 Застосування властивостей матеріалів до конструктивних елементів* шляхом введення параметрів фізико-механічних властивостей для цих елементів в межах підвального поверху та, почергово, в межах типового та технічного поверхів, а саме параметрів міцності, жорсткості, товщини. На даному етапі, за необхідності, скорегувати відповідні показники міцності та жорсткості конструктивних елементів та вузлів, що буде враховувати зниження цих показників за рахунок тривалої експлуатації відповідної серії типової конструкції.

*Етап 4 Застосовування визначених навантажень на конструктивні елементи* – постійне, довго-

тривале та короткочасне для їх врахування в розрахунковій інформаційно-математичній моделі великопанельної будівлі при визначенні статичних та динамічних багатofакторних впливів понаднормових навантажень на стійкість аварійної будівлі. Враховуються як навантаження на етапі експлуатації так і ті, що виникають при моделюванні аварійних ситуацій. При чому, аварійні ситуації не накладаються одна на одну, наприклад, не комбінуються в сполучення навантаження від сейсмічного впливу та понаднормові навантаження.

*Етап 5 Формування сітки кінцевих елементів (МКЕ),* моделюється автоматично при розрахунку по МКЕ.

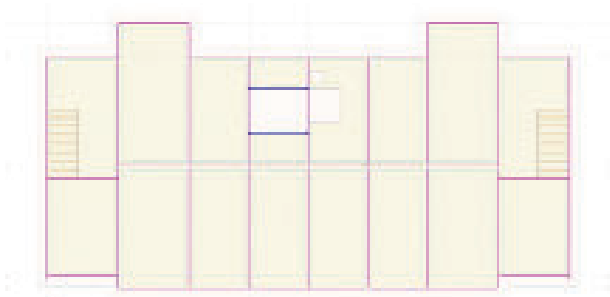
*Етап 6 Проведення розрахунку без врахування ймовірних руйнувань* понаднормовими впливами з використанням інформаційно-математичної моделі великопанельної будівлі Розрахунок методом кінцевих елементів. Аналіз результатів розрахунку будівлі (без пошкоджень). На даному етапі отримують значення геометричних деформацій на етапі експлуатації будівлі і напруження в конструкціях, такі дані є необхідними для більш точної оцінки деформацій та зусиль при додаткових впливах.

*Етап 7 Редагування геометрії моделі вибухів та їх наслідків.* Визначення та моделювання мережі осередків руйнування будівлі понаднормовими впливами, із почерговою зміною координат вказаних осередків та потужності понаднормових впливів. В залежності від потужності впливу та місця зосередження такого впливу формують зону руйнувань конструкцій будівлі, що визначають за окремою методикою.

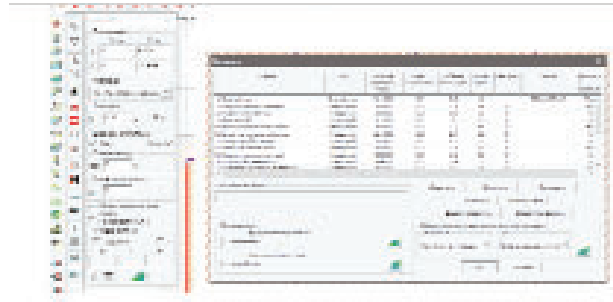
*Етап 8 Редагування навантажень, моделювання наслідків вибуху.* Створення та застосування розрахункових сполучень від постійних, довготривалих, короткочасних навантажень з врахуванням ймовірних руйнувань понаднормовими впливами. На даному етапі виконують корегування експлуатаційних навантажень на зміну яких впливає понаднормо-

Побудова розрахункової інформаційно-математичної моделі в програмному комплексі "МОНОМАХ-САПР" (Етапи 1-6)

**Етап 1.** Створення геометрії в плані **Етап 2.** Застосування властивостей матеріалів до конструктивних елементів



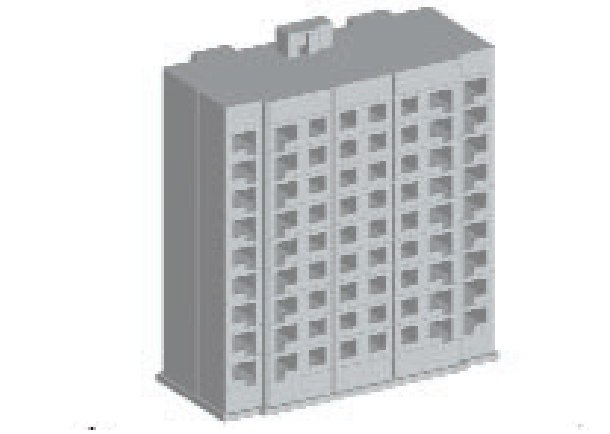
Конструктивні елементи будівлі



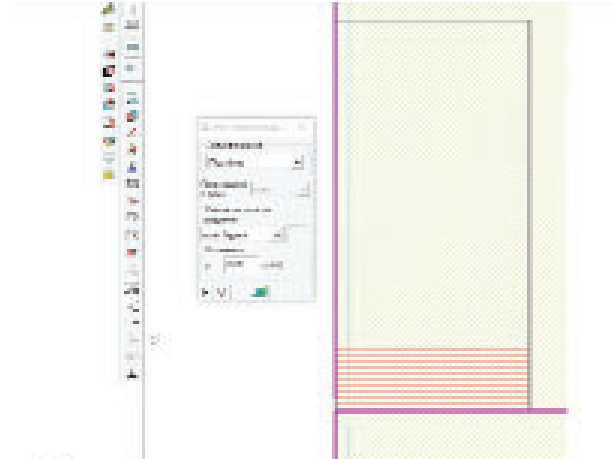
Введення даних щодо фізико-механічних показників конструктивних елементів

**Етап 3.** Створення просторової моделі. Копіювання та редагування поверхів

**Етап 4.** Застосуємо навантаження



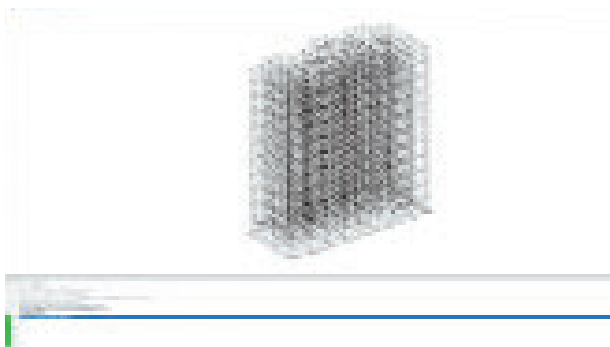
Моделювання геометрії будівлі



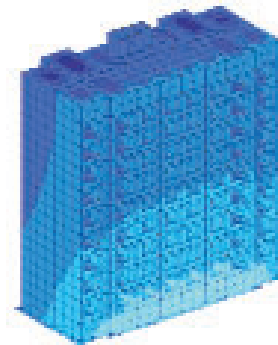
Введення параметрів навантаження

**Етап 5.** Розрахунок всієї будівлі, формування сітки кінцевих елементів

**Етап 6.** Аналіз результатів розрахунку будівлі (без пошкоджень)



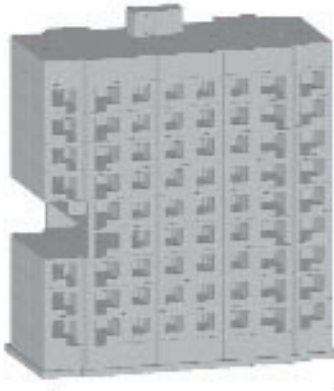
Моделюється автоматично при розрахунку по МКЕ



Аналіз ізополів переміщень

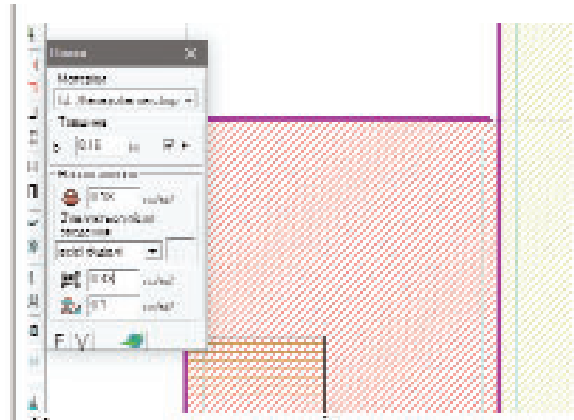
Побудова розрахункової інформаційно-математичної моделі в програмному комплексі "МОНОМАХ-САПР" (Етапи 7-12)

Етап 7. Редагування геометрії, моделювання вибуху та його наслідків



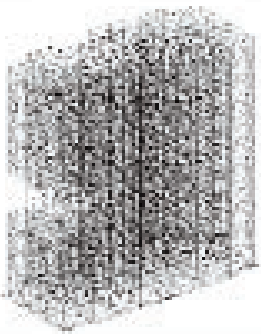
Внесення змін до конструктивної схеми будівлі

Етап 8. Редагування навантажень, моделювання наслідків вибуху



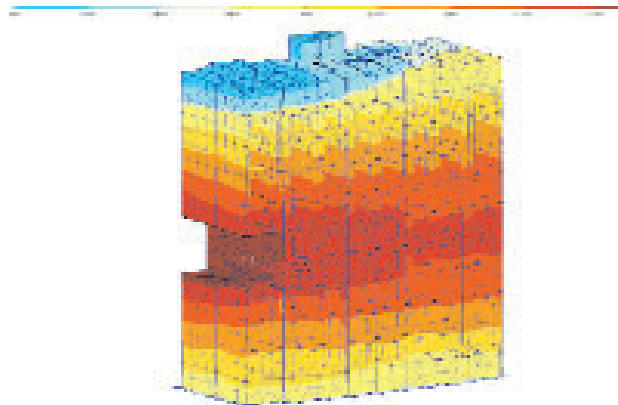
Введення параметрів навантаження

Етап 9. Розрахунок всієї будівлі, формування сітки кінцевих елементів



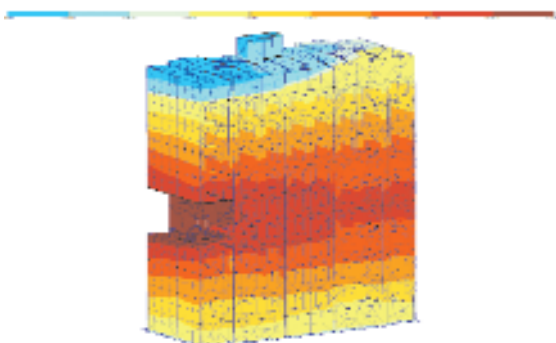
Моделюється автоматично при розрахунку по МКЕ

Етап 10. Аналіз результатів розрахунку будівлі (з пошкодженнями)



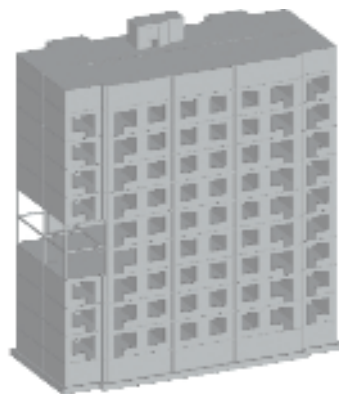
Аналіз ізополів переміщень

Етап 11. Імітація можливості руйнування будівлі



Визначається можливість крихкого руйнування будівлі

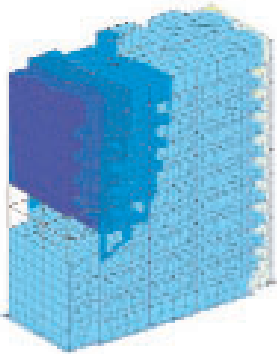
Етап 12. Моделювання тимчасового укріплення



В модель будівлі з пошкодженнями вносяться елементи тимчасового кріплення

Побудова розрахункової інформаційно-математичної моделі в програмному комплексі "МОНОМАХ-САПР" (Етапи 13-14)

Етап 13. Проведення комплексного розрахунку з урахуванням роботи кріплення	Етап 14. Підбір необхідного кріплення
--	---------------------------------------



Комплексний розрахунок будівлі з урахуванням стабілізаційних заходів



За отриманими зусиллями в конструкціях кріплення підбирається необхідний переріз

ве навантаження. Наприклад, відсутність короткочасного навантаження від мешканців, при збільшенні тривалого навантаження від зруйнованих конструкцій, які впливають на конструкції, що не втратили стійкість.

**Етап 9. Створення додаткових бокових навантажень та штампів навантажень**, для імітування короткочасного понаднормового навантаження від дії вибухової хвилі. Варіативний розрахунок понаднормового впливу навантаження з урахуванням зміни розташування прикладення навантаження (рис. 1) та його інтенсивності.

**Етап 10. Проведення розрахунку всієї будівлі.** Розрахунок методом кінцевих елементів. Аналіз розрахунків та визначення масштабу наслідків руйнувань. Відповідний аналіз виконується для визначення загальної стійкості будівлі, розташування місць максимальних деформацій, прогнозу руйнувань конструкцій та місць розташування перевантажених конструкцій, що зможуть також в подальшому втратити стійкість.

**Етап 11 Внесення змін до конструктивної схеми будівлі** для створення імітації розрахункової схеми будівлі, що враховує наслідки і процес руйнування несучих конструкцій, що спричинені впливом понаднормових короткочасних навантажень внаслідок дії вибухової хвилі. На даному етапі проводиться аналіз отриманих деформацій і виконується прогноз можливості руйнування конструкції в разі коли деформації значно перевищують такі, що не

призводять до крихкого руйнування будівлі.

**Етап 12 Корегування розрахункової моделі з урахуванням встановлення тимчасових кріплень.** Моделюється встановлення тимчасового кріплення, якщо за результатами аналізу попереднього етапу не прогнозується руйнування будівлі одразу після впливу вибуху.

**Етап 13 Проведення розрахунку будівлі з урахуванням роботи тимчасових утримуючих конструкцій.** При проведенні розрахунку отримують дані щодо деформацій та загальної стійкості будівлі на період рятувальних робіт або до проведення робіт з демонтажу, капітального ремонту чи реконструкції.

**Етап 14 Виконується підбір перерізів елементів тимчасового кріплення** згідно аналізу зусиль що в них виникають. Підбір елементів може носити варіативний характер, можуть бути підібрані перерізи з дерев'яних елементів, інвентарних металевих елементів або комбінованих металевих конструкцій індивідуального використання.

Наведений алгоритм дозволяє створити базу даних необхідних заходів і готових рішень щодо стабілізації великопанельної будівлі, що зазнала впливу понаднормового навантаження. Наповнення бази даних при виконанні варіативних розрахунків, щодо різних місць прикладення таких зусиль та їх інтенсивності з урахуванням різних конструктивно-технологічних схем дозволить значно пришвидшити прийняття рішень щодо стабілізації будівель що зазнали впливу понаднормових навантажень.



**Література:**

1. Разрушения вследствие военного конфликта Харьковская правозащитная группа <https://khp.org/1474890281>
- 2 BIM Технології інформаційного моделювання в будівництві <https://www.timb.org.ua/>
- 3 Григоровський П.Є., Черв'яков Ю.М., Басанський В.О., Крошка Ю.В., Мурашова О.В., Чуканова Н.П. Інформаційне моделювання організаційно-технологічних рішень інструментальних вимірювань при створенні та утриманні будівельних об'єктів. Будівельне виробництво : наук.-техн. зб. Київ: Вид-во "Ліра-К". 2019. № 67. С. 7-16.
- 4 Михайленко В.М. Моделі і методи інформаційної системи діагностики технічного стану об'єктів будівництва [Текст] : підручник / В.М. Михайленко, І.В. Русан, П.Є. Григоровський, О.О. Терент'єв, А.Т. Свідерський, Є.В. Горбатюк. — К. : ЦП "Компринт". — 2018. — 325 с.
- 5 Деменьов А.В., Артамонов А.А. Информационное моделирование при эксплуатации зданий и сооружений: Интернет-журнал "Науковедение" ISSN 2223-5167, Том 7, №3 (2015); URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/29TVN315.pdf>
- 6 Іваник І.Г. Основи реконструкції будівель і споруд: навч. посіб. / І.Г.Іваник, С.І.Віхоть, Р.С.Пожар, Я.І.Іваник, Ю.Ю.Вибранець; за ред. І.Г.Іваніка — Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2010. — 276 с.
- 7 Савйовський В. В. Дослідження особливостей підсилення залізобетонних балкових конструкцій зовнішнім армуванням / В. В. Савйовський, О. С. Молодід // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. — 2017. — № 4. — С. 29-36. — Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vpabia\\_2017\\_4\\_5](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vpabia_2017_4_5).
- 8 Гавриляк А.І. Основи технічної експлуатації будівель та інженерних систем: Навч. посібник. — Львів: Видавництво Національного Університету "Львівська політехніка", 2009. — 292 с.
- 9 Пособие по обследованию и проектированию зданий и сооружений, подверженных воздействию взрывных нагрузок. АО "ЦНИИПромзданий" / Гликін С.М., Коробков В.А. // Москва, 2000 г. <http://www.zodchii.ws/books/info-911.html>
- 10 Методика определения объёмов разрушений жилых зданий при воздействиях обычных средств поражения В.А. Седнев, Е.И. Кошечая <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2017-1/18-01-17.ttb.pdf>
- 11 Методы восстановления зданий после второй мировой войны. Москаленко И.А., <https://cyberleninka.ru/article/n/metody-vosstanovleniya-zdaniy-posle-2toroy-mirovoy-voyny>
- 12 Маслов Л. Б. Численные методы механики : курс лекций. Иваново : Изд. ИГЭУ, 2009. 141 с. URL :[https://pnu.edu.ru/media/filer\\_public/2013/04/10/6-7\\_maslov\\_2009.pdf](https://pnu.edu.ru/media/filer_public/2013/04/10/6-7_maslov_2009.pdf)
- 13 Розрахунок будівельних конструкцій в обчислювальному комплексі SCAD : навч. посіб. / Р. А. Шмиг, І. М. Добрянський. — Львів : Ліга Прес, 2015. — 79 с. [https://shron1.chtyvo.org.ua/Shmyh\\_Roman/Rozrakhnok\\_budivelnnykh\\_konstruksii\\_v\\_obchyslivvalnomu\\_kompleksi\\_SCAD.pdf?PHPSESSID=u0kud6q3colmr6v573926jn03](https://shron1.chtyvo.org.ua/Shmyh_Roman/Rozrakhnok_budivelnnykh_konstruksii_v_obchyslivvalnomu_kompleksi_SCAD.pdf?PHPSESSID=u0kud6q3colmr6v573926jn03)
- 14 Інструкція користувача Tekla Structures 2020 [https://support.tekla.com/ru/doc/tekla-structures/2020/ana\\_what\\_is\\_analysis\\_model](https://support.tekla.com/ru/doc/tekla-structures/2020/ana_what_is_analysis_model)
- 15 Мономах-сатр 2013, Учебное пособие, Примеры расчета и проектирования. Городецкий Д.А., Юсипенко С.В., Батрак Л.Г., Лазарев А.А., Рассказов А.А. — К.: Электронное издание, 2013. — 368 с.

**References:**

1. Destruction due to the military conflict Kharkiv human rights group <https://khp.org/1474890281>
- 2 BIM Information modeling technologies in construction <https://www.timb.org.ua/>
- 3 Grigoryovskiy P.E., Chervyakov Yu.M., Basanskyi V.O., Kroshka Yu.V., Murasyova O.V., Chukanova N.P. Information modeling of organizational and technological solutions of instrumental measurements in the creation and maintenance of construction objects. Construction production: science and technology. coll. Kyiv: "Lira-K" publishing house. 2019. No. 67. P. 7-16.
- 4 Mikhailenko V.M. Models and methods of the information system for diagnosing the technical condition of construction objects [Text]: textbook / V.M. Mykhaylenko, I.V. Rusan, P.E. Hryhorovskiy, O.O. Terentiev, A.T. Sviderskyi, E.V. Horbatyuk — K.: CPU "Comprint". — 2018. — 325 p.
- 5 Demenyov A.V., Artamonov A.A. Informational modeling during operation is completed and constructed: Internet magazine "Naukovedenie" ISSN 2223-5167, Volume 7, No. 3 (2015); URL of the article: <http://naukovedenie.ru/PDF/29TVN315.pdf>
- 6 Ivanyk I.H. Basics of reconstruction of buildings and structures: teaching. manual / I.G. Ivanyk, S.I. Vikhot, R.S. Pozhar, Y.I. Ivanyk, Yu.Yu. Vybranets; under the editorship I.G. Ivanyka — Lviv: Publishing House of Lviv Polytechnic, 2010. — 276 p.
- 7 Savjovskiy V. V. Study of the features of reinforcement of reinforced concrete beam structures with external reinforcement / V. V. Savjovskiy, O. S. Molodid // Bulletin of the Dnipro State Academy of Construction and Architecture. — 2017. — No. 4. — P. 29-36. — Access mode: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vpabia\\_2017\\_4\\_5](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vpabia_2017_4_5).
- 8 Gavrylyak A.I. Basics of technical operation of buildings and engineering systems: Education. manual. — Lviv: Publishing House of the National University "Lviv Polytechnic", 2009. — 292 p.
- 9 Guide to the inspection and design of buildings exposed to explosive loads. TsNIIPromzdany JSC / S.M. Glykin, V.A. Korobkov. // Moscow, 2000 <http://www.zodchii.ws/books/info-911.html>
- 10 Methodology for determining the volume of destroyed residential buildings, destroyed under the effects of ordinary means of destruction V.A. Sednev, E.I. Koshevaya <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2017-1/18-01-17.ttb.pdf>
- 11 Methods of restoration surrendered after the Second World War. Moskalenko I.A., <https://cyberleninka.ru/article/n/metody-vosstanovleniya-zdaniy-posle-2toroy-mirovoy-voyny>
- 12 Maslov L. B. Numerical methods of mechanics: a course of lectures. Ivanovo: Izd. IHEU, 2009. 141 p. URL :[https://pnu.edu.ru/media/filer\\_public/2013/04/10/6-7\\_maslov\\_2009.pdf](https://pnu.edu.ru/media/filer_public/2013/04/10/6-7_maslov_2009.pdf)
- 13 Calculation of building structures in the SCAD computing complex: training. manual / R. A. Shmyg, I. M. Dobryanskiy. — Lviv: Liga Press, 2015. — 79 p.

[https://shron1.chtyvo.org.ua/Shmyh\\_Roman/Rozrahunok\\_budivelnykh\\_konstruktiv\\_obchysliuvalnomu\\_kompleksi\\_SCAD.pdf?PHPSESSID=u0kud6q3colmr6v573926jn0314\\_Tekla\\_Structures\\_2020\\_user\\_manual](https://shron1.chtyvo.org.ua/Shmyh_Roman/Rozrahunok_budivelnykh_konstruktiv_obchysliuvalnomu_kompleksi_SCAD.pdf?PHPSESSID=u0kud6q3colmr6v573926jn0314_Tekla_Structures_2020_user_manual) [https://support.tekla.com/ru/doc/tekla-structures/2020/ana\\_what\\_is\\_analysis\\_model](https://support.tekla.com/ru/doc/tekla-structures/2020/ana_what_is_analysis_model)

Monomakh-Sapr 15, 2013, Teaching manual, Calculation and design examples. Horodetsky D.A., Yusypenko S.V., Batrak L.G., Lazarev A.A., Rasskazov A.A. — K.: Electronic edition, 2013. — 368 p.

<sup>1</sup> **P.E. Hryhorovskiy**, Doctor of Technical Sciences, Senior Research Fellow, First Deputy Director of State Enterprise “NDIBV” <https://orcid.org/000-0003-0527-5890>;

<sup>2</sup> **V.O. Basanskyi**, Head of the Sector of State Enterprise “NDIBV” <https://orcid.org/0000-0002-7850-7798>;

<sup>3</sup> **A.P. Hryhorovskiy**, aspirant, <https://orcid.org/0000-0003-0009-2358>

<sup>1,2,3</sup> State Enterprise “Research institute of building production named V.S. Balitsky”, Kyiv

## DEVELOPMENT OF AN IDEALIZED DESIGN MODEL OF ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL SOLUTIONS FOR THE ELIMINATION OF THE CONSEQUENCES OF EMERGENCY BUILDING DESTRUCTIONS BY ABNORMAL INFLUENCES

**Abstract. Problem.** Organizational and technological design, that is, the development of the project of construction organization and the project of execution of construction works requires the study of research materials, the state of the surrounding environment, the capabilities of the construction organization, its technical base, etc., that is, it takes a long time. If it is necessary to carry out emergency rescue work immediately after a disaster or an accident, when there is a threat to human life, there is no such time. Therefore, it is necessary to develop measures to minimize the time and risk of making ineffective decisions in conditions of insufficient information about the damaged object. Currently, there are no organizational and technological solutions that are able to simultaneously combine objective urgency and rational justification of their implementation. Increasing the efficiency and safety of works to eliminate emergency destruction, due to overtime effects on large-panel buildings, by choosing the optimal option of urgent emergency measures using information and mathematical modeling and databases on typical destruction, technical, technological and organizational solutions is an urgent technical and economic problem. **Method.** Optimizing the decision-making process in conditions of uncertainty is possible with the prior development of databases of typical organizational and technological emergency measures and the methodology of their use at typical facilities. Linking existing, pre-developed solutions using typical information and mathematical models to a specific emergency object based on the principle of pattern recognition will allow to speed up the choice of option and ensure maximum safety of emergency rescue operations, will contribute to the rescue of possible accident victims. **Originality.** Forecasting the consequences of overtime impacts on the load-bearing capacity and stability of large-panel buildings in the absence of initial information about the technical condition of damaged parts of the building, i.e. in conditions of uncertainty, is possible only with the help of computational mathematical models. The availability of a database of typical strengthening solutions and the availability of a calculation model will allow, with accepted probability, to quickly choose a method of strengthening emergency structures, which in conditions of uncertainty will be more justified than an emotionally accepted, subjective technical decision. **Practical value.** The given algorithm makes it possible to create databases of necessary measures and ready-made solutions for the stabilization of a large-panel building that has been affected by overtime load. Filling the database when performing variable calculations, regarding different places of application of overtime impacts and their intensity, taking into account various structural and technological schemes, will allow to significantly speed up decision-making regarding the stabilization of buildings affected by overtime loads.

**Key words:** technology, technogenic influences, destruction, buildings, information modeling, databases, restoration