

платується та опалюється, що є негативним моментом.

#### **Список використаної літератури:**

1. Шишман Б.А. Статика сооружений: Учеб.для техникумов.-М.: Стройиздат,1989.-384.
2. ДБН В 1.2-2:2006 Навантаження та впливи

*В статье проведен расчет оптимальной высоты арки купольного покрытия.*

*Купольные покрытия являются достаточно сложными в процессе монтажа и достаточно выгодно смотрятся на новых зданиях и сооружениях различного назначения. Купола используются для покрытия как зрелищных сооружений, так и отдельных производственных объектов.*

*The calculation of the optimal height of the dome cover arch is done in the article. Dome covers are not very complicated in the process of installing and have very profitable look at new buildings and structures of various purposes. Domes are used to cover both entertainment and certain industrial facilities.*

Дата надходження в редакцію: 01.04.12 р.

Рецензент: д.т.н., професор Фомиця Л.М.

УДК 624.012.45

### **ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ ВИСОТНИХ БУДИНКІВ НА НЕСУЧУ ЗДАТНІСТЬ, СТІЙКІСТЬ ТА ОПІР ПРОГРЕСУЮЧОМУ ОБВАЛЕННЮ**

**Л.А. Циганенко**, к.т.н., доцент, Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

*В статті розглянуто питання особливості розрахунку висотних будівель на опір прогресуючому обваленню. Аналіз проведено на прикладі розрахунку монолітно-каркасного 16ти поверхового будинку з виключенням з роботи двох пілонів першого поверху.*

#### **Актуальність теми дослідження.**

У зв'язку з розвитком будівництва висотних будівель актуальною проблемою є їх захист від прогресуючого руйнування, яке виникає при пошкодженні окремих несучих конструкцій у результаті пожежі, вибуху, дефекту будівельних матеріалів і т.д.

У число основних заходів щодо забезпечення безпеки входить розробка конструктивно-планувальних рішень будівлі, з огляду на можливість виникнення надзвичайної ситуації, забезпечення нерозрізності конструкцій, а також застосування матеріалів і рішень, що забезпечують розвиток в елементах конструкцій і з'єднаннях пластичних деформацій. У цілому, захист від обвалення будь-якої будівлі заснована на грамотних проектних рішеннях, застосування якісних матеріалів і неухильному дотриманні технології монтажних робіт. Помилка на будь-якому етапі знижує ефективність всіх вжитих заходів. До того ж, згідно нормативного документа із забезпечення надійності [1], такі розрахунки передбачено робити для всіх будинків. Виходячи з цього, при проектуванні монолітно-каркасних будівель необхідно виконувати розрахунки на дії, викликані надзвичайними ситуаціями, які можуть призвести до аварійного обвалення однієї з основних несучих конструкцій.

**Мета дослідження.** Дослідити та проаналізувати зміну напружено-деформованого стану монолітно-каркасної будівлі при «вибутті» з роботи одного чи більше пілонів першого поверху каркасу.

**Об'єкт дослідження:** монолітно-каркасний 16-ти поверховий житловий будинок в м. Києві.

#### **Аналіз досліджень і публікацій.**

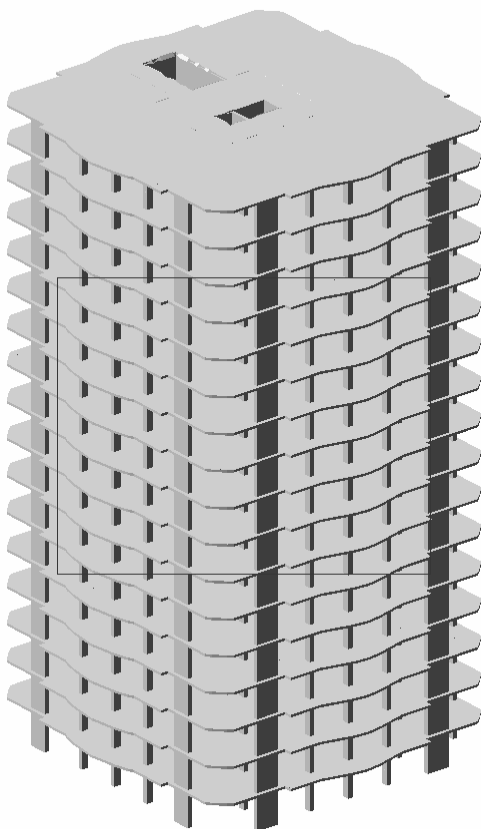
Стійкість будівлі до прогресуючого руйнування – це час, протягом якого вся будівля чинить опір впливу небезпечних факторів, без втрати загальної стійкості та геометричної незмінюваності. Причинами цього є невизначеність щодо вибору сценаріїв, схем та меж руйнування будівель, критеріїв руйнування будівельних конструкцій тощо.

В даний час розроблені рекомендації по розрахунку і захисту від прогресуючого обвалення будівель різних конструктивних систем. Завдання аналізу прогресуючого обвалення зводиться до виключення з конструктивної системи від однієї з опор (зв'язків) і подальшого розрахунку. Основні рекомендації щодо попередження прогресуючих обвалень несучих конструкцій зводяться до виключення можливих локальних руйнувань. Необхідно підкреслити, що згідно нормативного документа ДБН В.2.2-24 „Проектування висотних житлових та громадських будинків”, який набрав чинності з 1 липня 2009 року, такі розрахунки передбачено робити для всіх будинків.

#### **Виклад основного матеріалу.**

Розрахункова схема будівлі створювалась на ПК «Lira sapr 2011», рисунок 1. Моделювання проводилось з наступними геометричними і фізичними характеристиками конструктивних елементів каркасу. Монолітний каркас будівлі виконано з важкого бетону, природного твердіння з класом міцності В20 (характеристики бетону: - початко-

вий модуль пружності  $2,75 \cdot 10^5$  кгс/см<sup>2</sup>; - коефіцієнт Пуассона 0,3).



Прийнято наступні геометричні характеристики конструктивних елементів:

- диск перекриття та покриття - монолітна плита товщиною 200 мм;
- пілони - стіна товщиною 400 мм;
- колони двох типорозмірів 400x400 і 400x600 мм;
- внутрішні стіни ліфтової та сходової шахт - стіни товщиною 250 мм.

У розрахунках прийнято два основних розрахункових сполучення навантажень (РСН) згідно з рекомендаціями п. 4 ДБН.1.2-2: 2006 «Навантаження і впливи»:

РСН № 1

- Постійне навантаження - завантажені № 1 - коефіцієнт поєднання 1;
- Короткочасна навантаження - завантажені № 2 - коефіцієнт поєднання 0,9;
- Короткочасна навантаження - завантажені № 3 - коефіцієнт поєднання 0,9;
- Короткочасна навантаження - завантажені № 4 - коефіцієнт поєднання 0,9;

РСН № 2

- Постійне навантаження - завантажені № 1 - коефіцієнт поєднання 1;

- Короткочасна навантаження - завантажені № 3 - коефіцієнт поєднання 0,9;

- Короткочасна навантаження - завантажені № 4 - коефіцієнт поєднання 0,9;

При розрахунках на стійкість прогресуючому обваленню дуже важливим є вибір вертикального елемента, який буде видалено. В ідеалі, потрібно видалити по черзі кожен з зовнішніх та внутрішніх елементів (колон чи пілонів) і робити окремі розрахунки.

Для скорочення об'єму розрахунків рекомендується ретельно проаналізувати конструктивну схему будинку та визначити найбільш небезпечні елементи каркасу (найбільш навантажений елемент; елемент в місці зміни геометричної форми плану будівлі; елемент в місці зміни конструктивної схеми будівлі; кутова зовнішня колона тощо).

Під час дослідження застосовувалась наступна методика розрахунків:

1. Розглядається конструктивна схема будівлі і обираються один чи кілька пілонів (колон), руйнування яких призведе до найбільш тяжких наслідків.

2. З моделі видаляється пошкоджений пілон (колона) і обчислюються зусилля в елементах перекриття над видаленим пілоном та в сусідніх пілонах.

3. В залежності від отриманих зусиль визначається величина фіктивного модуля для елементів перекриття.

4. В модель вводяться фіктивні модулі і розрахунки виконуються в повному обсязі.

5. Відповідно до нових зусиль уточнюється величина фіктивного модуля.

6. В модель вводяться уточнені фіктивні модулі і розрахунки виконуються в повному обсязі.

7. Отримані зусилля порівнюються з руйнуючими, обчисленими за рекомендаціями.

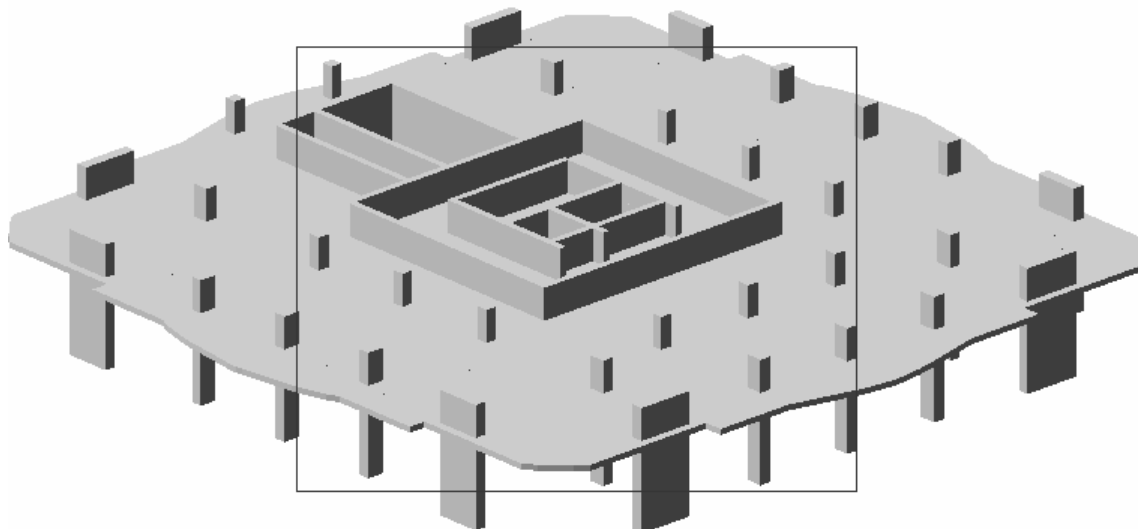
Якщо величина розрахункового зусилля в елементі більше руйнуючого, то елемент виключається з моделі і розрахунок виконується ще раз.

8. Розрахунки за пунктами 1-7 повторюються, поки процес руйнування не стабілізується.

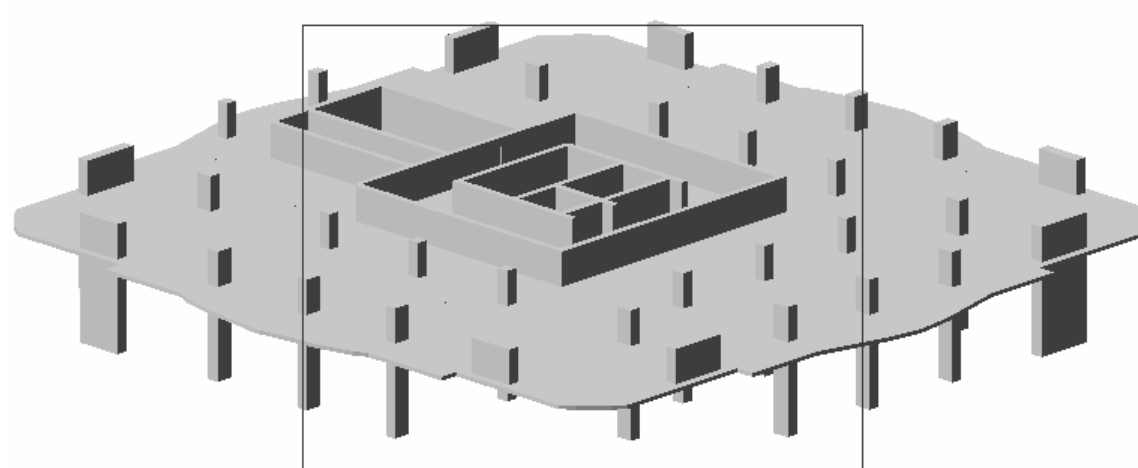
Стійкість будівлі до прогресуючого обвалення вважається забезпеченою, якщо зона руйнування знаходиться в межах прольотів, що безпосередньо примикають до видаленого елемента. По висоті будівлі зона руйнування не повинна виходити за межі технічних поверхів, розташованих нижче і вище видаленого елемента.

Було видалено два пілони першого поверху, проведено перерахунок схеми та послідовно вилучалось з роботи монолітне перекриття в зоні вилучених пілонів, як це показано на рисунку 2.

Перший ярус початкової розрахункової схеми 3D модель:



Перший ярус другої розрахункової схеми 3D модель:



Перший ярус третьої розрахункової схеми 3D модель:

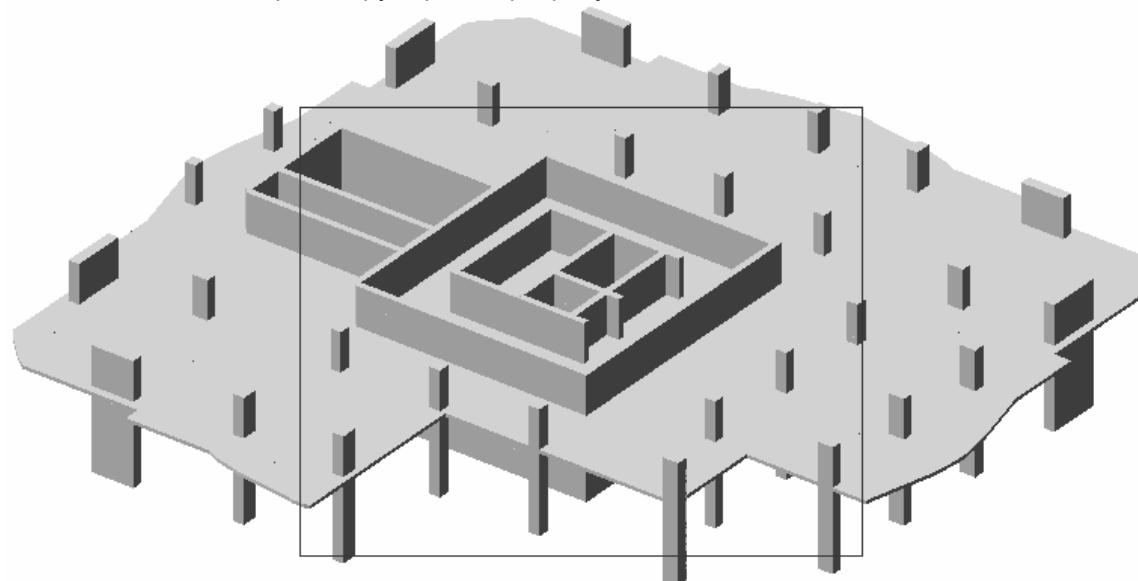
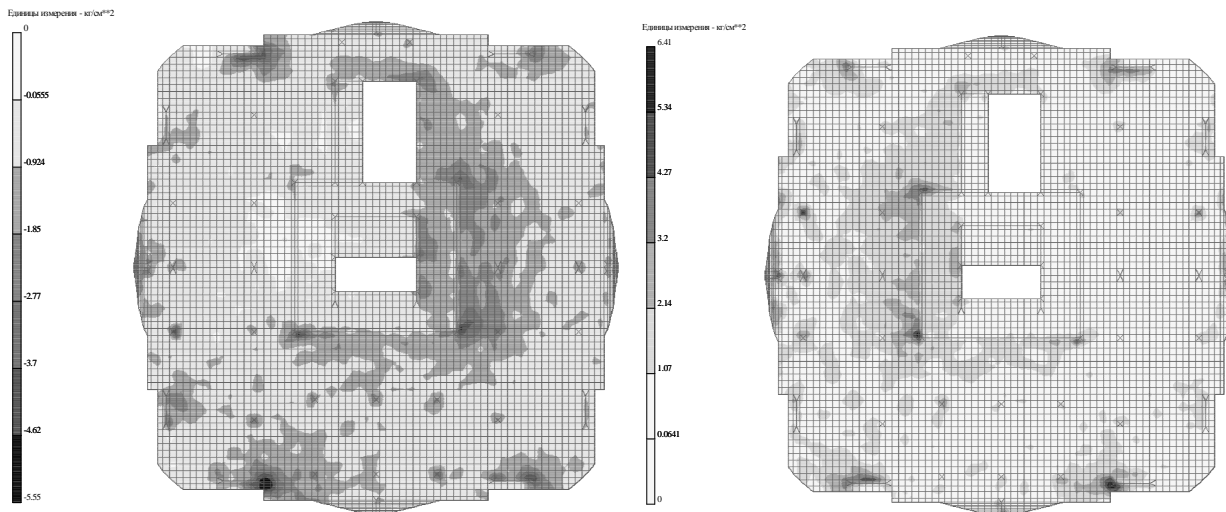


Рис. 2. Розрахункова схема 3D модель досліджуваного поверху

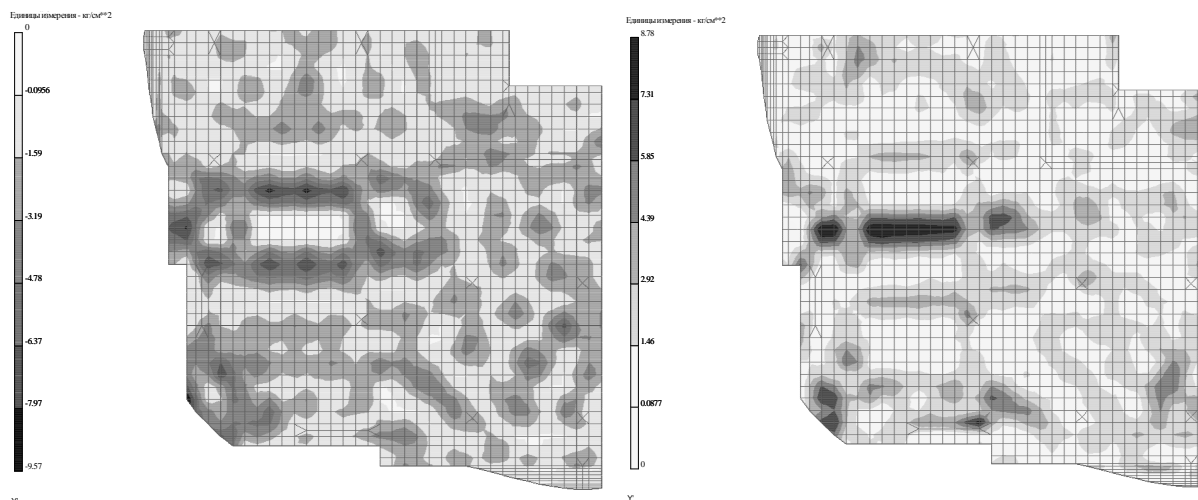
За результатами розрахунків конструкцій розглянутого монолітного залізобетонного каркасу, умови міцності і стійкості при прогресуючому обваленні не забезпечені. За попередніми оцінками виявилось, що для забезпечення вимог безпеки при обваленні, характеристики конструктивних матеріалів (розрахунковий опір, геометричні характеристики перерізів, армування) необ-

хідно збільшити на щонайменше 20-30%. Хоча при видаленні колони з роботи каркаса проліт конструкцій перекриття збільшується або схема стає консольною. Відносно незначне посилення пояснюється тим, що розрахунок виконується на експлуатаційні розрахункові навантаження, а матеріали приймаються з нормативними значеннями опорів.

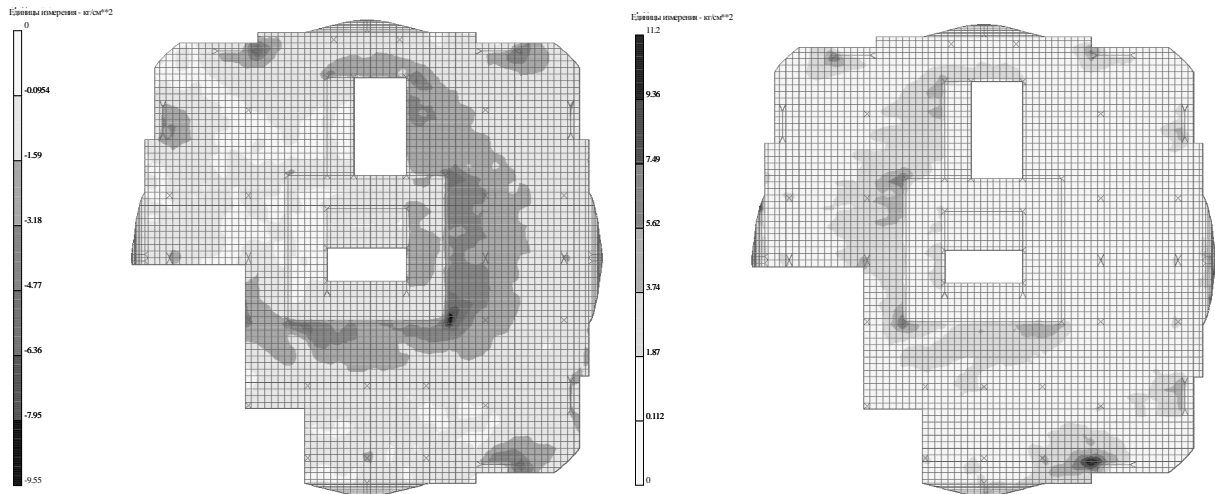
Поля напружень в елементах монолітного перекриття  
Головні стискаючі Головні розтягуючі напруження.



Перша розрахункова схема



Друга розрахункова схема з фрагментом досліджуваного перекриття.



Третя розрахункова схема.

### Висновки та рекомендації.

1. Руйнування багатоповерхових будівель відбувається з різних причин: від недбалого виконання будівельно-монтажних робіт до вибухів та пожеж. Аналіз наслідків цих обвалень вкотре підтвердив вразливість багатоповерхових будівель до прогресуючого руйнування, незалежно від їх конструктивного та об'ємно-планувального рішень.

2. В нормативних документах та публікаціях немає однаковості щодо методів розрахунку будівель та споруд на стійкість до прогресуючого руйнування. Причинами цього є невизначеність щодо вибору сценаріїв, схем та меж руйнування будівель, критеріїв руйнування будівельних конструкцій тощо.

3. Найбільш небезпечними для загальної стійкості будівлі до прогресуючого руйнування є такі місцеві руйнування:

- наріжна вертикальна несуча конструкція на кожному поверсі;
- вертикальна несуча конструкція, що розташована посередині короткої сторони будівлі, на кожному поверсі;

- вертикальна несуча конструкція, що розташована посередині довгої сторони будівлі, на кожному поверсі;

- вертикальна несуча конструкція, що розташована в центрі будівлі на першому поверсі або в підвалі.

4. Для локалізації наслідків раптового обвалення однієї з вертикальних несучих конструкцій будівлі на стадії проектування необхідно:

- перерізи колон та пілонів підбирати за умови забезпечення їх міцності при збільшенні навантаження при руйнуванні сусідньої колони чи пілону;

- передбачати безперервне армування всієї нижньої зони перекриття;

- передбачати влаштування на технічних поверххах системи вертикальної жорсткості, яка може виконуватись у вигляді монолітних стін, перекресних в'язів, ауригерів тощо, що забезпечить перерозподіл зусиль між колонами чи пілонами при руйнуванні однієї з цих конструкцій.

### Список використаної літератури:

1. ДБН В.2.2-24:2009 „Проектування висотних житлових та громадських будинків”.
2. ДБН В.1.2-14:2009 „Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ”.
3. Бамбура А.М., Сазонова І.Р. Особливості розрахунку висотного житлового будинку. // Сб. научн. трудов. Строительство, материаловедение, машиностроение, Вып.37. – Дн-вск.: ПГАСА, 2006. – С.21-29.
4. Слюсаренко Ю.С., Бамбура А.М., Сазонова І.Р., Ковальський Р.К. Особливості моделювання та розрахунку висотного будинку з каркасно-стіновою конструктивною схемою. // Будівельні конструкції, № 67. – К.: НДІБК, 2007. – С.43 - 52.
5. Бамбура А.М., Слюсаренко Ю.С., Сазонова І.Р., Ковальський Р.К. Досвід розрахунків монолітних каркасів висотних будинків на експлуатаційні навантаження і прогресуюче обвалення. // Нові технології в будівництві, №2(16). – К.: НДІБК, 2008. – С.15-18.
6. Progressive Collapse – historical perspective, Brian Crowder, P.E / Naval Facilities Engineering Command (NAVFAC).
7. Ройтман А.Г. Предупреждение аварий жилых зданий М.: Стройиздат, 1990.

8. Рекомендации по защите монолитных жилых зданий от прогрессирующего обрушения». Г.И. Шапиро, Ю.А. Эйсман, А.С. Залесов. – М.: Москомархитектуры, 2005.

*В статье рассмотрен вопрос особенности расчета высотных зданий каркасной конструктивной схемы на прогрессирующее обрушение. Анализ проведен на примере расчета каркасного 16ти этажного здания с учетом выключения с работы двух пилонов первого этажа.*

*In the article the question of calculating the characteristics of high-rise buildings framing a constructive scheme for progressive collapse. The analysis is performed on the example of the calculation of frame 16ti storey building with a light switch with two pylons of the first floor.*

Дата надходження в редакцію: 11.04.12 р.

Рецензент: д.т.н., професор Фомиця Л.М.