



Рис. 6. Каркасно-монолітний житловий будинок, м. Київ: *а* – руйнування від влучання російської ракети 26 лютого 2022 р.; *б* – демонтаж конструкцій 17...26 поверхів; *в* – відновлений будинок

Добре чинять опір локальним пошкодженням і великим структурним деформаціям, які виникають в результаті вибухової детонації, багатоповерхові панельні житлові будинки (рис. 7) та каркасно-панельні будівлі з рамними і рамно-зв'язковими каркасами, в яких несучі вертикальні та горизонтальні конструкції жорстко з'єднані між собою.



Рис. 7. Руйнування секції 9-ти поверхового панельного житлового будинку в результаті влучання російської ракети, м. Дніпро, 14 січня 2023 р.

Висновки і перспективи подальших досліджень

Ефективність захисних споруд цивільного призначення для захисту населення від впливу небезпечних чинників та дії засобів ураження залежить від міцності конструкцій будівель, в яких вони будуть розміщені. Нераціонально проектувати укриття всередині будівель, які можуть бути зруйнована в результаті детонації вибухових хвиль. Захисна споруда повинна витримувати впливи від уламків конструкцій, а не ваги всієї зруйнованої будівлі. Таким чином, необхідно проектувати вибухостійкі будівлі з

вбудованими бомбосховищами, які здатні чинити опір вибуховим впливам без прогресуючого колапсу, який призводить до появи каскадної послідовності пошкоджень суміжних конструкцій будівлі. Основними характеристиками вибухостійких будівель є:

- висока міцність, пластичність та інерційність основних несучих конструкцій. Найкраще використовувати залізобетон або сталь, захищену бетоном від впливів вогню. Легкі конструкції нездатні чинити опір вибуховим навантаженням (рис. 3);

- основні несучі конструкції і система будівлі у цілому повинні чинити опір горизонтальним зсувним зусиллям. Зсування – крихкий вид руйнування, а тому остов будівлі повинен мати достатню згинальну здатність для запобігання руйнуванню конструкцій та вузлів їх стикування і чинити опір горизонтальним зусиллям;

- здатність чинити опір реверсивним навантаженням від вибухових впливів, які можуть змінювати напрямок руху. Елементи несучих конструкцій будівель повинні витримувати багатократні цикли великих деформацій різних напрямків, наприклад тискам від піднімання плит перекриттів, які протиставлені звичайним гравітаційним навантаженням. Ефективним може бути збірне і збірно-монолітне будівництво, коли на підприємствах виготовляються несучі конструкції з покращеними характеристиками збірних конструкцій з попередньо напруженого залізобетону, які здатні чинити опір вибуховим навантаженням. Рациональним є використання збірного залізобетонного або сталевих каркасу і монолітних перекриттів по сталевому профільованому настилу, який закріплений до балок каркаса шпильками з виступаючими голівками.

Перерозподіляти гравітаційні навантаження в конструктивних системах будівель та їх конструкціях дозволяють такі шляхи:

- встановлення системи в'язей у взаємно перпендикулярних напрямках в каркасних будівлях;

- міцні та надійні вузли з'єднання колон і ригелів, які зазнають великих деформацій під час ударних навантажень, а тому повинні бути пластичними, мати здатність розсіювати значну кількість енергії вибуху. Критерієм пластичності вузлів є співвідношення максимальної непружної деформації вузла до її граничної межі пружності (рис. 8).

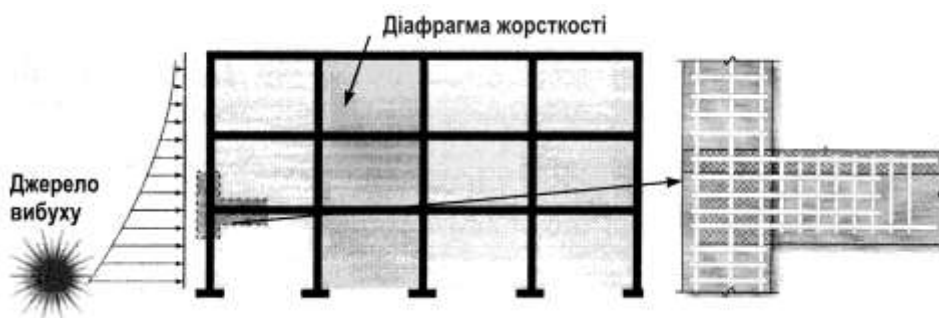


Рис. 8. Схема розподілу вибухового навантаження і деталізація його сприйняття залізобетонним каркасом будівлі

Історично склалося, що захисні споруди і вибухостійкі будівлі зводять переважно з монолітного залізобетону, який має велику масу, що покращує його інерційний опір. Для залізобетонних конструкцій характерна пропорційна пластичність, яку можна регулювати зміною коефіцієнту армування [10, 11]. У разі реверсивного впливу вибухового навантаження на плити перекриттів та їх руйнування (рис. 4), колони залізобетонних каркасів здатні пластично деформуватися, перерозподіляти зусилля і запобігати виникненню прогресуючого колапсу, який призводить до появи каскадної послідовності пошкоджень суміжних конструкцій будівлі.

Подальші дослідження будуть торкатися розробки та удосконалення конструктивних рішень вибухостійких будівель та захисних споруд цивільного захисту населення.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гетун Г. В., Куліков П. М., Плоский В. О., Чернишев Д. О. Конструкції будівель і споруд. Книга 2. Нежитлові будівлі. Підручник для вищих навчальних закладів / Гетун Г. В., Куліков П. М., Плоский В. О., Чернишев Д. О. – Кам'янець-Подільський: Друкарня «Рута», 2023 р. – 900 с.: іл.
2. Гетун Г.В., Безклубенко І. С., Соломін А. В., Баліна О. І. Особливості об'ємно-планувальних рішень захисних споруд цивільного захисту // Сучасні проблеми архітектури та містобудування. – 2023. – Вип.67, с. 216-225.
3. Гетун Г.В., Колякова В. М., Соломін А.В., Безклубенко І.С. Особливості проектування сталевих сейсмостійких конструкцій висотних будівель // Будівельні конструкції. Теорія і практика. – 2022. – Issue 11, р. 18-31.
4. Getun G., Butsenko Y., Balina O., Bezklubenko I., Solomin A. Дифузійні процеси з накопичувальними характеристиками при експлуатації будівель // Strength of materials and theory of structures. – 2019. – Issue 102, р. 243-251.
5. Getun G., Butsenko Y., Labzhinsky V., Balina O., Bezklubenko I., Solomin A. Situations forecasting and decision-making optimization based on markovs finite chains in areas with industrial pollutions. // Strength of materials and theory of structures. – 2020. – Issue 104, р. 164-174.
6. ДБН В.1.1-7-2016. Технічні норми, правила і стандарти. Загальнотехнічні вимоги до життєвого середовища та продукції будівельного призначення. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. – К.: Мінрегіонбуд України, 2017. – 41 с.
7. ДБН В.1.1-12-2014. Технічні норми, правила і стандарти. Загальнотехнічні вимоги до життєвого середовища та продукції будівельного призначення. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівництво у сейсмічних районах України. – К.: Мінрегіонбуд України, 2014. – 110 с.
8. ДБН В.1.2-2-2006. Технічні норми, правила і стандарти. Загальнотехнічні вимоги до життєвого середовища та продукції будівельного призначення. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування. – К.: Мінбуд України, 2007. – 60 с.
9. ДБН В.2.2.5-97 Технічні норми, правила і стандарти. Об'єкти будівництва та промислова продукція будівельного призначення. Будинки і споруди. Захисні споруди цивільної оборони. – К.: «Держкоммістобудування», 1998. – 80 с.
10. ДБН В.2.6-98:2009. Технічні норми, правила і стандарти. Об'єкти будівництва та промислова продукція будівельного призначення. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 71 с.
11. ДСТУ Б В.2.6-156:2010. Технічні норми, правила і стандарти. Об'єкти будівництва та промислова продукція будівельного призначення. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 118 с.
12. Design Guidance for Shelters and Safe Rooms/ Risk Management Series // FEMA 453 I May 2006. – 174 p.
13. Іванченко Г. М., Гетун Г. В., Безклубенко І. С., Соломін А. В. Особливості конструювання та розрахунків складних залізобетонних рам будівель // Опір матеріалів і теорія споруд. – 2023. – вип. 110, с. 108-117.
14. Куліков П. М., Плоский В. О., Гетун Г. В. Архітектура будівель та споруд Книга 5. Промислові будівлі: Підручник для вищих навчальних закладів / Куліков П. М., Плоский В. О., Гетун Г. В. – Кам'янець-Подільський: Видавництво «Ліра-К», Друкарня «Рута», 2020 р. – 820 с.: іл.
15. Куліков П. М., Плоский В. О., Гетун Г. В. Конструкції будівель і споруд Книга 1: Підручник для вищих навчальних закладів / Куліков П. М., Плоский В. О., Гетун Г. В. – Кам'янець-Подільський: Видавництво «Ліра-К», Друкарня «Рута», 2021 р. – 880 с.: іл.
16. Плоский В. О., Гетун Г. В. Архітектура будівель та споруд. Книга 2. Житлові будинки: Підручник для вищих навчальних закладів. – Видання третє, перероблене і доповнене / Плоский В. О., Гетун Г. В. – Кам'янець-Подільський: Видавництво «Рута». 2017 р. – 736 с.: іл.
17. Плоский В. О., Гетун Г. В., Мартинов В. Л., Сергійчук О. В., Віроцький В. Д., Заприводе В. І., Кріпак В. Д., Лавріненко Л. І., Малишев О. М. Архітектура будівель та споруд. Книга 4. Технічна експлуатація та реконструкція будівель: Підручник для вищих навчальних закладів. – / Плоский В. О., Гетун Г. В., Мартинов В. Л., Сергійчук О. В., Віроцький В. Д., Заприводе В. І., Кріпак В. Д., Лавріненко Л. І., Малишев О. М. – Кам'янець-Подільський: Видавництво «Рута». 2018 р. – 750 с.: іл.

REFERENCES

1. Getun G. V., Kulikov P. M., Plosky V. O., Chernyshev D. O. Structures of buildings and structures. Book 2. Non-residential buildings. Textbook for higher educational institutions / Getun G. V., Kulikov P. M., Plosky V. O., Chernyshev D. O. – Kamianets-Podilskyi: «Ruta», 2023 – 900 p.: ill.
2. Getun G.V., Bezklubenko I.S., Solomin A.V., Balina O.I. Peculiarities of volume-planning decisions of protective structures of civil defense // Modern problems of architecture and urban planning. – 2023. – Issue 67, p. 216-225.
3. Getun G. V., Kolyakova V. M., Solomin A. V., Bezklubenko I. S. Design features of steel earthquake-resistant structures of high-rise buildings // Building constructions. Theory and practice. – 2022. – Issue 11, p. 18-31.

4. Getun G. V., Butsenko Y., Balina O., Bezklubenko I., Solomin A. Дифузійні процеси з накопичувальними характеристиками при експлуатації будівель // Strength of materials and theory of structures. – 2019. – Issue 102, p. 243-251.
5. Getun G. V., Butsenko Y., Labzhinsky V., Balina O., Bezklubenko I., Solomin A. Situations forecasting and decision-making optimization based on markovs finite chains in areas with industrial pollutions. // Strength of materials and theory of structures. – 2020. – Issue 104, p. 164-174.
6. DBN V.1.1-7:2016. Technical regulations, rules and standards. General technical requirements for the living environment and construction products. Protection from unsafe geological processes, harmful operational influences, and fire. Fire safety of construction sites. General requirements. - K.: Ministry of Regional Development of Ukraine, 2017. - 41 p.
7. DBN V.1.1-12:2014. Technical regulations, rules and standards. General technical requirements for the living environment and construction products. Protection from dangerous geological processes, harmful operational influences, from fire. Construction in seismic areas of Ukraine. - K.: Ministry of Regional Construction of Ukraine, 2014. - 110 p.
8. DBN V.1.2-2:2006. Technical regulations, rules and standards. General technical requirements for the living environment and construction products. The system for ensuring the reliability and safety of construction objects. Loads and influences. Design standards. – K.: Ministry of Construction of Ukraine, 2007. – 60 p.
9. DBN V.2.2.5-97. Technical norms, rules and standards. Construction objects and industrial products for construction purposes. Buildings and structures. Protective structures of civil defense. - K.: "State Committee for Urban Development", 1998. - 80 p.
10. DBN V.2.6-98:2009. Technical regulations, rules and standards. Construction objects and industrial products for construction purposes. Structures of buildings and structures. Concrete and reinforced concrete structures. Substantive provisions. – K.: Ministry of Regional Development of Ukraine, 2011. – 71 p.
11. DSTU B V.2.6-156:2010. Technical regulations, rules and standards. Construction objects and industrial products for construction purposes. Structures of buildings and structures. Concrete and reinforced concrete structures made of heavy concrete. Design rules. – K.: Ministry of Regional Construction of Ukraine, 2011. – 118 p.
12. Design Guidance for Shelters and Safe Rooms/ Risk Management Series // FEMA 453 I May 2006. – 174 p.
13. Ivanchenko G. M., Getun G. V., Bezklubenko I. S., Solomin A. V. Features of construction and calculations of complex reinforced concrete frames of buildings // Resistance of materials and theory of structures. – 2023. – issue 110, p. 108-117.
14. Kulikov P. M., Plosky V. O., Getun G. V. Architecture of buildings and structures Book 5. Industrial buildings: Textbook for higher educational institutions / Kulikov P. M., Plosky V. O., Getun G. V. – Kamianets-Podilskyi: «Lira-K», «Ruta», 2020 – 820 pp.: il.
15. Kulikov P. M., Plosky V. O., Getun G. V. Constructions of buildings and structures Book 1: Textbook for higher educational institutions / Kulikov P. M., Plosky V. O., Getun G. V. – Kamianets-Podilskyi: «Lira-K», «Ruta», 2021 – 880 pp.: il.
16. Plosky V. O., Getun G. V. Architecture of buildings and structures. Book 2. Residential buildings: Textbook for higher educational institutions. – Third edition, revised and supplemented / Plosky V. O., Getun G. V. – Kamianets-Podilskyi: Ruta Publishing House. 2017 - 736 pp.: illustrations.
17. V. O. Plosky, G. V. Getun, V. L. Martynov, O. V. Sergeychuk, V. D. Virotskyi, V. I. Za-privoda, V. D. Kripak, L. I. Lavrinenko, Malyshev O. M. Architecture of buildings and structures. Book 4. Technical operation and reconstruction of buildings: Textbook for higher educational institutions. – / V. O. Plosky, G. V. Getun, V. L. Martynov, O. V. Sergeychuk, V. D. Virotskyi, V. I. Zapryvoda, V. D. Kripak, L. I. Lavrinenko, Malyshev O. M. – Kamianets-Podilskyi: Ruta Publishing House. 2018 - 750 pp.: illustrations.

Стаття надійшла 21.09.2023

Ivanchenko G., Getun G., Bezklubenko I., Solomin A., Posternak O.

INFLUENCE OF EXPLOSIVE LOADS ON BUILDINGS AND STRUCTURES OF THE POPULATION CIVIL PROTECTION

The article substantiates the relevance of the design and construction of buildings and structures of the Ukraine population civil protection in the conditions of possible shock-explosive influences. The aim of the work is to systematize information about the impact of explosive loads on building structures and develop recommendations for improving the stability of buildings and civil protection structures.

The influence of shock wave during the detonation of explosives on the structures of buildings is considered and systematized. The features of distribution of pressure of blast wave on the structures of buildings in time, depending on magnitude of their distances to the epicenter of the explosion, are analyzed. The features of the influence of blast wave, which expands from the source of detonation, on low-rise buildings with flat roofs and the sequence of development of deformations and destruction of their structures at three stages of wave propagation are revealed. The nature of the influence of blast wave on multi-storey and high-rise buildings and the sequence of development of deformations and destruction of their structures are analyzed. Examples of destruction of structures of buildings of various structural systems from explosions are given.

The paper gives recommendations for design of blast-resistant buildings with built-in bomb shelters that are able to resist explosive loads without progressive collapse, which leads to a cascading sequence of damage to adjacent building

structures. The ways of redistribution of gravitational loads on the structural systems of buildings and structures are analyzed, recommendations are made for design of explosion-proof buildings.

Conclusions are drawn about the feasibility of using monolithic reinforced concrete frames, which are able to plastically deform, redistribute loads and resist the onset of progressive collapse, which leads to appearance of a cascading sequence of damage to adjacent building structures.

Keywords: building, protective structures, load, explosive effect, shock wave, construction, deformation, frame system, reinforced concrete frame units.

УДК 725

Іванченко Г.М., Гетун Г.В., Безклубенко І.С., Соломін А.В., Постернак О.М. Вплив вибухових навантажень на будівлі та споруди цивільного захисту населення // Опір матеріалів і теорія споруд: наук.-тех. збірник – К.: КНУБА, 2023. – Вип. 111. – С. 39-48.

Лл. 8. Бібліогр. 17 назв.

UDC 725

Ivanchenko G., Getun G., Bezklubenko I., Solomin A., Posternak O. Influence of explosive loads on buildings and structures of the population civil protection // Strength of Materials and Theory of Structures: Scientific-and-technical collected articles- K.: KNUBA, 2023. – Issue 111. - P. 39-48.

Fig. 8. Ref. 17.

Автор(вчена ступінь, вчене звання, посада): доктор технічних наук, професор кафедри будівельної механіки КНУБА, ІВАНЧЕНКО Григорій Михайлович

Адреса робоча: 03680 Україна, м. Київ, Повітрофлотський проспект 31, Київський національний університет будівництва і архітектури, Іванченко Григорію Михайловичу

Робочий телефон+38(044)245-44-32

E-mail: ivgm61@gmail.com

Мобільний телефон.+38(067)597-19-48

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1172-2845>

Автор(вчена ступінь, вчене звання, посада): кандидат технічних наук, професор кафедри архітектурних конструкцій КНУБА, ГЕТУН Галина В'ячеславівна

Адреса робоча: 03680 Україна, м. Київ, Повітрофлотський проспект 31, Київський національний університет будівництва і архітектури, ГЕТУН Галині В'ячеславівні

Тел.: +38(044)245-44-32

Мобільний тел.: +38(097)320-11-93

E-mail: GalinaGetun@ukr.net

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-3317-3456>

Автор(вчена ступінь, вчене звання, посада): кандидат технічних наук, доцент кафедри ІТППМ КНУБА, БЕЗКЛУБЕНКО Ірина Сергіївна

Адреса: 03680 Україна, м. Київ, Повітрофлотський проспект 31, Київський національний університет будівництва і архітектури, БЕЗКЛУБЕНКО Ірині Сергіївні

Тел.: +38(044)245-04-02

Мобільний телефон. +38(066)794-01-84

E-mail: i.bezklubenko@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9149-4178>

Автор (вчена ступінь, вчене звання, посада): кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри біобезпеки і здоров'я людини КПІ ім. Ігоря Сікорського, СОЛОМІН Андрій Вячеславович

Адреса: 03056 Україна, м. Київ, проспект Перемоги 37, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», СОЛОМІНУ Андрію Вячеславовичу

Тел.: +38(044)236-79-89

Мобільний телефон+38(050)927-10-63

E-mail: andr-sol@i.ua

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-5226-8813>

Автор (вчена ступінь, вчене звання, посада): асистент кафедри залізобетонних конструкцій КНУБА, ПОСТЕРНАК Олексій Михайлович.

Адреса робоча: 03680, Київ, Повітрофлотський пр. 31, Київський національний університет будівництва і архітектури, ПОСТЕРНАКУ Олексію Михайловичу.

Робочий тел.: +38(044)2415406

Мобільний тел.: +38(093)7629439

E-mail: posternak.om@knuba.edu.ua

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5646-6788>