8. [illegible] *Навантаження і впливи. Норми проектування. – К.: Мінбуд України, 2007. – 60 с.*
9. [illegible] *[Чинні від 02.08.2018]- Київ: Державне агентство з питань будівництва та житлово-комунального господарства України, - 20018. – 36 с.*
10. [illegible] *Захисні споруди цивільної оборони – К.: «Держкоммістобудування», 1998. – 80 с.*
11. [illegible] *Висотні будівлі. Основні положення. – Мінрегіонбуд України 2019. – 53 с.*
12. [illegible] *Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 71 с.*
13. [illegible] *Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною безпекою. – К.: Мінрегіонбуд України, 2016. – 61 с.*
14. [illegible] *Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 118 с.*
15. Design Guidance for Shelters and Safe Rooms/ Risk Management Series *// FEMA 453 I May 2006. – 174 p.*
16. ***Іванченко Г. М. Гетун Г. В., Безклубенко І. С., Соломін А. В.*** [illegible] *// Опір матеріалів і теорія споруд. – 2023. – вип. 110, с. 108-117.* DOI: 10.32347/2410-2547.2023.110.108-117
17. [illegible] *// Опір матеріалів і теорія споруд. – 2023. – вип. 111, с. 108-117.*
18. [illegible] *Куліков П. М., Плоский В. О., Гетун Г. В. – Кам'янець-Подільський: Видавництво «Ліра-К», Друкарня «Рута», 2020 р. – 820 с.: іл.*
19. [illegible] *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.*
20. [illegible] *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.*
21. [illegible] *Книга 4. Технічна експлуатація та реконструкція будівель: Підручник для вищих навчальних закладів. – / Плоский В. О., Гетун Г. В., Мартинов В. Л., Сергейчук О. В., Віроцький В. Д., Запривода В. І., Кріпак В. Д., Лавріненко Л. І., Малишев О. М. – Кам'янець-Подільський: Видавництво «Рута». 2018 р. – 750 с.: іл*
22. [illegible] */Тези доповідей IV Міжнародної науково-практичної конференції "Будівлі та споруди спеціального призначення: матеріали та конструкції".- Київ, КНУБА.- с. 105-106.*
23. [illegible] *[Електронний ресурс] / А. Думич, В. Колякова, А. Сердечна // робоча програма міжна*

родної науково-практичної конференції молодих вчених «BUILD-MASTER-CLASS-2023». – 2023. – Режим доступу до ресурсу: https://drive.google.com/file/d/1TIxi2BbXFBTCEqfCMrdQ3LRsn99bjefx/view.

24. **ДБН В.2.2-5:2023** "Захисні споруди цивільного захисту."*[Чинні від 01.11.2023] - Київ: Державне агентство з питань будівництва та житлово-комунального господарства України, - 2023. – 122 с.*

REFERENCES

1. **Hetun H. V., Kulikov P. M., Ploskyi V. O., Chernyshev D. O.** Konstruktsii budivel i sporud. // *Knyha 2. Nezhytlovi budivli. Pidruchnyk dlia vyshchykh navchalnykh zakladiv / Hetun H. V., Kulikov P. M., Ploskyi V. O., Chernyshev D. O. – Kamianets-Podilskyi: Drukarnia «Ruta», 2023 r. – 900 s.: il.*
2. **Hetun H. V., Bezklubenko I. S., Solomin A. V., Balina O. I.** Osoblyvosti obiemno-planuvalnykh rishen zakhysnykh sporud tsyvilnoho zakhystu *// Suchasni problemy arkhitektury ta mistobuduvannia. – 2023. – Vyp. 67, s. 216-225.*
3. **Hetun H. V., Koliakova V. M., Solomin A. V., Bezklubenko I. S.** (2022). Osoblyvosti proiektuvannia stalevykh seismostiikykh konstruktsii vysotnykh budivel. *Budivelni konstruktsii. Teoriia i praktyka, (11), 18–31.*
https://doi.org/10.32347/2522-4182.11.2022.18-31
4. **Getun G., Butsenko Y., Balina O., Bezklubenko I., Solomin A.** Dyfuziini protsesy z nakopychuvalnymy kharakterystykamy pry ekspluatatsii budivel *// Strength of materials and theory of structures. – 2019. – Issue 102, p. 243-251.*
https://doi.org/10.32347/2410-2547.2019.102.243-251
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 pollutios. *// Strength of materials and theory of structures. – 2020. – Issue 104, p. 164-174.*
6. **DBN V.1.1-7-2016.** Tekhnichni normy, pra-vyla i standarty. Zahalno-tekhnichni vymohy do zhyttievoho seredovyshcha ta produktsii budivelnoho pryznachennia. Zakhyst vid nebezpechnykh heolohichnykh protsesiv, shkidlyvykh ekspluatatsiinykh vplyviv, vid pozhezhi. *Pozhezhna bezpeka obiektiv budivnytstva. Zahalni vymohy. – K.: Minrehionbud Ukra-yiny, 2017. – 41 s.*
7. **DBN V.1.1-12:2014.** Tekhnichni normy, pravyla i standarty. Zahalnotekhnichni vymohy do zhyttievoho seredovyshcha ta produktsii budivelnoho pryznachennia. Zakhyst vid nebezpechnykh heolohichnykh protsesiv, shkidlyvykh ekspluatatsiinykh vplyviv, vid pozhezhi. Budivnytstvo u seismichnykh raionakh Ukrainy. *– K.: Minrehionbud Ukrainy, 2014. – 110 s.*
8. **DBN V.1.2-2:2006.** Tekhnichni normy, pravyla i standarty. Zahalnotekhnichni vymo-hy do zhyttievoho seredovyshcha ta produktsii budivelnoho pryznachennia. Systema zabezpechennia nadiinosti ta bezpeky budivelnykh obiektiv. Navantazhennia i vplyvy. Normy proektuvannia. *– K.: Minbud Ukrainy, 2007. – 60 s.*
9. **DBN V.1.2-14:2018** Systema zabezpechennia nadiinosti ta bezpeky budivelnykh obiektiv. Zahalni pryntsypy zabezpechennia nadiinosti ta konstruktyvnoi bezpeky bu-divel i sporud. Zi Zminoiu № 1 [Chynni vid 02.08.2018]- *Kyiv: Derzhavne ahentstvo z pytan budivnytstva ta zhytlovo-komunalnoho hospodarstva Ukrainy, - 20018. – 36 s*
10. **DBN V.2.2.5-97** Tekhnichni normy, pravyla i standarty. Obiekty budivnytstva ta promyslova produktsiia budivelnoho pryznachennia. Budynky i sporudy. Zakhysni sporudy tsyvilnoi oborony *– K.: «Derzhkommistobuduvannia», 1998. – 80 s.*
11. **DBN V. 2.2-41-2019.** Tekhnichni normy, pravyla i standarty. Obiekty budivnytstva ta promyslova produktsiia budivelnoho pryznachennia. Budynky i sporudy. Vysotni budivli. Osnovni polozhennia. *– K.: Minre-hionbud Ukrainy 2019. – 53 s.*
12. **DBN V.2.6-98:2009.** Tekhnichni normy, pravyla i standarty. Obiekty budivnytstva ta promyslova produktsiia budivelnoho pryznachennia. Konstruktsii budynkiv i sporud. Betonni ta zalizobetonni konstruktsii. Osnovni polozhennia. *– K.: Minrehionbud Ukrainy, 2011. – 71 s.*
13. **DSTU-N B V.1.1-36:2016.** Tekhnichni no-rmy, pravyla i standarty. Zahalnotekhnichni vymohy do zhyttievoho seredovyshcha ta produktsii budivelnoho pryznachennia. Zakhyst vid nebezpechnykh heolohichnykh protsesiv, shkidlyvykh ekspluatatsiinykh vplyviv, vid pozhezhi. Vyznachennia katehorii prymishchen, budynkiv ta zovnishnikh ustanovok za vybukhopozhezhnoiu ta pozhezhnoiu bezpekoiu. *– K.: Minrehionbud Ukrai-ny, 2016. – 61 s.*
14. **DSTU B V.2.6-156:2010.** Tekhnichni normy, pravyla i standarty. Obiekty budivnytstva ta

promyslova produktsiia budivelnoho pryznachennia. Konstruktsii budynkiv i sporud. Betonni ta zalizobetonni konstruktsii z vazhkoho betonu. Pravyla proektuvannia. – *K.: Minrehionbud Ukrai-ny, 2011. – 118 s.*

15. Design Guidance for Shelters and Safe Rooms/ Risk Management Series *// FEMA 453 I May 2006. – 174 p.*

16. **Ivanchenko H. M. Hetun H. V., Bezklubenko I.S., Solomin A. V.** Osoblyvosti konstruiuvannia ta rozrakhunkiv skladnykh zalizobetonnykh ram budivel *// Opir materialiv i teoriia sporud. – 2023. – vyp. 110, s. 108-117.*

DOI: 10.32347/2410-2547.2023.110.108-117

17. **Ivanchenko H. M. Hetun H. V., Bez-klubenko I. S., Solomin A. V.** Vplyv vybukhovykh navantazhen na budivli ta sporudy tsyvilnoho zakhystu naselennia *// Opir materialiv i teoriia sporud. – 2023. – vyp. 111, s. 108-117.*

18. **Kulikov P. M., Ploskyi V. O., Hetun H. V.** Arkhitektura budivel ta sporud *Knyha 5. Promyslovi budivli: Pidruchnyk dlia vyshchykh navchalnykh zakladiv / Kulikov P. M., Ploskyi V. O., Hetun H. V. – Kamianets-Podilskyi: Vydavnytstvo «Lira-K», Drukarnia «Ruta», 2020 r. – 820 s.: il.*

19. **Kulikov P. M., Ploskyi V. O., Hetun H. V.** Konstruktsii budivel i sporud Knyha 1: Pidruchnyk dlia vyshchykh navchalnykh zakladiv / *Kulikov P. M., Ploskyi V. O., Hetun H. V. – Kamianets-Podilskyi: Vydavnytstvo «Lira-K», Drukarnia «Ru-ta», 2021 r. – 880 s.: il.*

20. **Ploskyi V. O., Hetun H. V.** Arkhitektura budivel ta sporud. Knyha 2. Zhytlovi budynky: *Pidruchnyk dlia vyshchykh navchal-nykh zakladiv. – Vydannia tretie, pereroblene i dopovnene / Ploskyi V. O., Hetun H. V. – Kamianets-Podilskyi: Vydavnytstvo «Ruta». 2017 r. – 736 s.: il.*

21. **Ploskyi V. O., Hetun H. V., Martynov V. L., Serheichuk O. V., Virotskyi V. D., Zapryvoda V. I., Kripak V. D., Lavrinenko L. I., Malyshev O. M.** Arkhitektura budivel ta sporud. Knyha 4. Tekhnichna ekspluatatsiia ta rekonstruktsiia budivel: *Pidruchnyk dlia vyshchykh navchalnykh zakladiv. – / Ploskyi V. O., Hetun H. V., Martynov V. L., Serheichuk O. V., Virotskyi V. D., Zapryvoda V. I., Kripak V. D., Lavrinenko L. I., Malyshev O. M. – Kamianets-Podilskyi: Vydavnytstvo «Ruta». 2018 r. – 750 s.: il*

22. **Dumych A., Koliakova V., Tretiak D.** Konstruktyvni osoblyvosti vnutrishno-kvartyrnykh ukryttiv. */Tezy dopovidei IV Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii "Budivli ta sporudy spetsialnoho pryznachennia: materialy ta konstruk-tsii".- Kyiv, KNUBA.- s. 105-106.*

23. **Dumych A.** Vplyv vybukhovoi khvyli na napruzheno-defrmovanyi stan konstruktsii ukryttia *[Elektronnyi resurs] / A. Dumych, V. Koliakova, A. Serdechna // Robocha prohrama mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii molodykh vchenykh «BUILD-MASTER-CLASS-2023». – 2023. – Rezhym dostupu do resursu: https://drive.google.com/file/d/1TIxi2BbXFBTCEqfCMrdQ3LRsn99bjefx/view.*

24. **DBN V.2.2-5:2023** Zakhysni sporudy tsyvilnoho zakhystu. *[Chynni vid 01.11.2023] - Kyiv: Derzhavne ahentstvo z pytan budivnytstva ta zhytlovo-komunalnoho hospodarstva Ukrainy, - 2023. – 122 s.*

CONSTRUCTIVE SOLUTIONS FOR EXPLOSION-RESISTANT BUILDINGS WITH CIVIL PROTECTION FACILITIES

Galyna GETUN,
Vira KOLIAKOVA,
Iryna BEZKLUBENKO,
Andriy SOLOMIN

Summary. In the conditions of the large-scale war led by russia in Ukraine, the issue of designing blast-resistant buildings with civil defense facilities that can withstand additional special loads and impacts has become crucial. These impacts include artillery and missile attacks, bomb explosions, blast waves, and the spread of fires, among others. An analysis of the consequences of building and structure destruction resulting from military operations indicates that reinforced concrete structures of buildings have superior load-bearing capacity compared to traditional brick and steel frames of pavilion-type buildings.

Reinforced concrete is a non-combustible material with significant mass, improving its inertial resistance. It possesses high strength and plasticity characteristics, allowing it to deform and redistribute forces between adjacent structures, thereby preventing progressive collapse – the cascading destruction of buildings.

The main principles of designing blast-resistant reinforced concrete frames for high-rise buildings involve rational constructive systems and schemes with simple and compact configurations and symmetrical plans. The structural solution of the reinforced concrete frame must ensure the redistribution of gravity loads between adjacent

structures. Therefore, the joints of vertical and horizontal structures must be plastic, capable of dissipating a significant amount of explosion energy. The load-bearing elements of building structures must withstand cycles of large deformations in different directions, such as pressures from the lifting of floor slabs opposing ordinary gravity loads.

For buildings classified with medium (CC2) and significant (CC3) consequences, where more than 50 individuals are constantly present or periodically more than 100 people, it is necessary to design civil protection premises. These premises should be strategically located below the planned ground level.

The constructions of civil protection premises located in the underground floors of an explosion-proof building must withstand all types of main and episodic loads and impacts and resist the spread of fire. Building frames with monolithic reinforced concrete ribbed ceilings and systems of main and secondary beams or transversely located beams rigidly fixed to vertical supporting structures – columns, pylons, walls – can withstand such loads best.

The article investigates the reasons for the destruction of reinforced concrete slabs in high-rise frame monolithic buildings when subjected to bending or pressure from explosive loads below. It also explores the potential twisting of the building as a result of reverse explosive effects.

The article presents measures to strengthen sections of floor structures in high-rise frame monolithic buildings that may be destroyed due to reverse explosive loads and upward pressure from explosive forces. The expediency of reinforcing critical areas of monolithic reinforced concrete floor slabs with external reinforcement – adhering reinforcing mats in the form of fabrics, lamellas, or carbon fiber nets to the upper zones of slabs near vertical supports – is justified.

Keywords. Building; protective structure; load; explosive impact; shock wave; structure; deformation; frame system; floor slab; nodes of reinforced concrete frames.

Стаття надійшла до редакції 6.09.23