

DOI: 10.32347/2786-7269.2024.7.286-296

УДК 692

к.т.н., доцент **Скорук Л.М.**,
skoruk.slm.zbk@gmail.com, ORCID: 0000-0002-7362-1348,
д.т.н., професор **Журавський О.Д.**,
zhuravskyi.od@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0001-7065-3312,
Київський національний університет будівництва і архітектури

ВИЗНАЧЕННЯ ВЕЛИЧИН НАВАНТАЖЕННЯ НА ЗАХИСНІ СПОРУДИ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ ВІД ВПЛИВУ УДАРНОЇ ХВИЛІ ЗГІДНО ДБН В.2.2-5:2023

Розглянуто основні види вибухів та їх відмінності між собою, а також показана відмінність надлишкового тиску у повітряній ударній хвилі при цьому. Наведено визначення розрахункового навантаження на різні несучі елементи в залежності від типу споруди, її місця розташування та структурних неоднорідностей будівельних конструкцій згідно ДБН В.2.2-5:20023 [1].

Ключові слова: надмірний тиск; повітряна ударна хвиля; захисна споруда.

Постановка проблеми. Одним із екстремальних впливів, небезпека якого обов'язково повинна братися до уваги при проектуванні захисних споруд цивільного захисту є зовнішній вибух, який може бути спричинений як техногенними так і військовими факторами. Вибух породжує цілий комплекс навантажень та впливів. Насамперед, це механічні впливи: повітряна ударна хвиля, уламки, що розлітаються, струс ґрунту (сейсмо-вибуховий вплив). Їхня небезпека полягає у можливості пошкодження будівельних конструкцій. Потім під час вибуху відбувається виділення тепла, яке може спричинити пожежу.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Виклики які постали перед нашою державою на протязі останніх років у повний зріст поставили питання про проектування та будівництво захисних споруд цивільного захисту. Це знайшло своє відображення у появі відповідних нормативних документів таких як ДБН В.2.2-5:20023 [1] та ДСТУ 9195:2022 [2]. Крім того, дана тематика знайшла своє відображення і у публікації інших авторів [3-16].

Метою публікації є висвітлення процесу визначення розрахункового навантаження на різні несучі елементи в залежності від типу споруди, її місця розташування та структурних неоднорідностей будівельних конструкцій згідно ДБН В.2.2-5:20023 [1].

Виклад основного матеріалу дослідження. У практиці проектування розрізняють два основних види вибухів – детонаційний і дефлаграційний [2].

Детонаційний вибух можливий як при вибуху концентрованих вибухових речовин (ВР) – тротилу, гексогену і т.д. – так і при вибуху у хмарах газо- і пароповітряних сумішей (ГППС), які утворюються при вибуху у атмосфері водню і ацетилену, а також при утворенні сумішей кисню з газоподібними вуглеводнями. У процесі детонації горіння поширюється по речовині або хмарі ГППС із надзвуковою швидкістю. При вибуху всередині хмари утворюється детонаційна хвиля, що створює величезний тиск. Після закінчення детонації від місця вибуху концентрованої ВР або межі хмари поширюється повітряна ударна хвиля, швидкість якої також більша за звукову. Її типовий профіль (надлишковий тиск, тобто його перевищення над атмосферним) показано на рис. 1,а. У момент часу, коли фронт хвилі проходить через якусь точку на місцевості, цей тиск миттєво зростає до величини ΔP_{ex} («тиск на фронті хвилі»).

Потім протягом інтервалу часу τ_+ воно знижується до нуля («фаза стиску»), після чого слідує «фаза розрідження» τ_- , в якій надлишковий тиск негативний.

Тиск на фронті повітряної ударної хвилі, а також тривалість фаз стиску та розрідження залежать від кількості вибухових речовин та відстані до центру вибуху або межі хмари. Загалом для детонаційного вибуху характерна можливість виникнення значного тиску на фронті повітряної ударної хвилі та короткочасність дії (десяті і навіть соті частки секунди).

Насправді будівельні конструкції при детонаційному вибуху хмари ГППС розраховують на навантаження від дії повітряної ударної хвилі, тобто за межами хмари. Якщо ж конструкція знаходиться всередині хмари, то на неї діє тиск детонаційної хвилі, який настільки великий, що звичайні споруди витримати його не можуть.

Дефлаграційний вибух спостерігаються у хмарах ГППС. При такому вибуху полум'я поширюється хмарою з дозвуковою швидкістю, що залежить від виду речовини і може змінюватися в широких межах. Аналіз аварійних промислових вибухів показав, що ця швидкість становила від 120 до 250 м/с, але може бути й більше. Характер зміни надлишкового тиску при дефлаграції інший, ніж при детонації: тиск зростає повільніше, але тривалість його дії може вимірюватися секундами. Як приклад на рис. 1,б представлений закон зміни тиску при дефлаграційному вибуху. Інша важлива відмінність цього вибуху у тому, що надлишковий тиск залежить тільки від швидкості горіння речовини, але не від його кількості – останнє визначає тривалість дії тиску. Після закінчення горіння хмари ВР від її межі поширюється повітряна ударна хвиля, тиск на фронті якої значно менше, ніж при детонації. Тому, як правило, дефлаграційний вибух становить небезпеку для спорудження лише в тому випадку, якщо вона цілком або частково знаходиться всередині хмари. Слід,

проте, пам'ятати, що за певних умов режим горіння хмар деяких ГППС може змінитися з дефлаграції на детонацію.

Характер впливу на будівельні конструкції вибухів двох розглянутих типів різний. При детонаційному вибуху навантаження носить яскраво виражений динамічний характер через його миттєве прикладання і короткочасність дії. При дефлаграційному вибуху дія навантаження ближча до статичного. Яка з навантажень небезпечніша для конкретної конструкції, залежить від її динамічних характеристик, і наперед передбачити це важко.

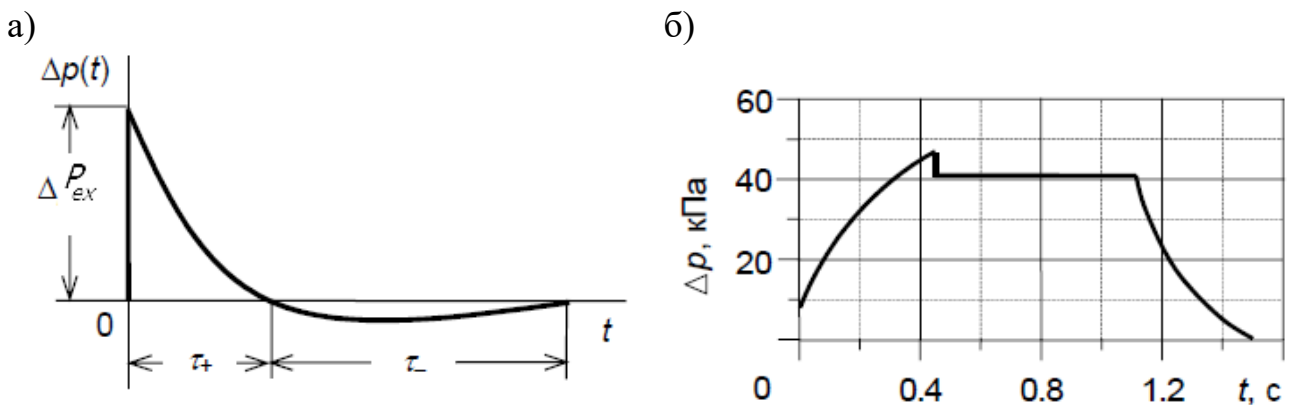


Рис. 1. Зміна надлишкового тиску у повітряній ударній хвилі при вибухах різного типу: а) при детонації (ΔP_{ex} – надмірний тиск, τ_+ – фаза стиску, τ_- – фаза розрідження); б) при дефлаграції.

Відомо, що повітряна ударна хвиля, при взаємодії зі спорудою, впливає на її надземну та підземну частини. Даний процес є складним: на початку процесу взаємодії, повітряна ударна хвиля впливає на зовнішні конструкції надземної частини будівлі та на поверхню ґрунту перед спорудою, викликаючи в ньому хвилю стиску, яка, у свою чергу, впливає на передню зовнішню грань підземної частини. Далі, повітряна ударна хвиля, проходячи крізь структурні неоднорідності будівельних конструкцій у вигляді віконних та дверних отворів, впливає на внутрішні несучі та ненесучі конструкції споруди, а також на покриття підземної частини. У той же час хвилі стиску у ґрунті впливають на бічні та тильні стіни підземної частини.

Згідно ДБН В.2.2-5:2023 захисні споруди та споруди подвійного призначення (СПП) проектуються на дію розрахункового надмірного тиску ΔP_{ex} , що може складати від 100 до 500 кПа. Розрахунковий надмірний тиск ΔP_{ex} для відповідних класів та груп захисних споруд приймається відповідно до таблиць А.1 і А.2, наведених у додатку А.

Приведене навантаження на елементи конструкцій визначається умовами дії повітряної ударної хвилі на захисну споруду чи СПП залежно від

розміщення, заглиблення їх у ґрунт, а також гідрогеологічних та розрахункових умов.

Приведене навантаження P_n приймається рівномірно розподіленим по площі та прикладеним нормально (перпендикулярно) до поверхні конструкції та визначається для кожної конструкції окремо за найбільш відповідною схемою (для одної захисної споруди чи СПП одночасно можуть обиратися навантаження на елементи конструкцій за різними відповідними схемами рис. 14.1 [1]).

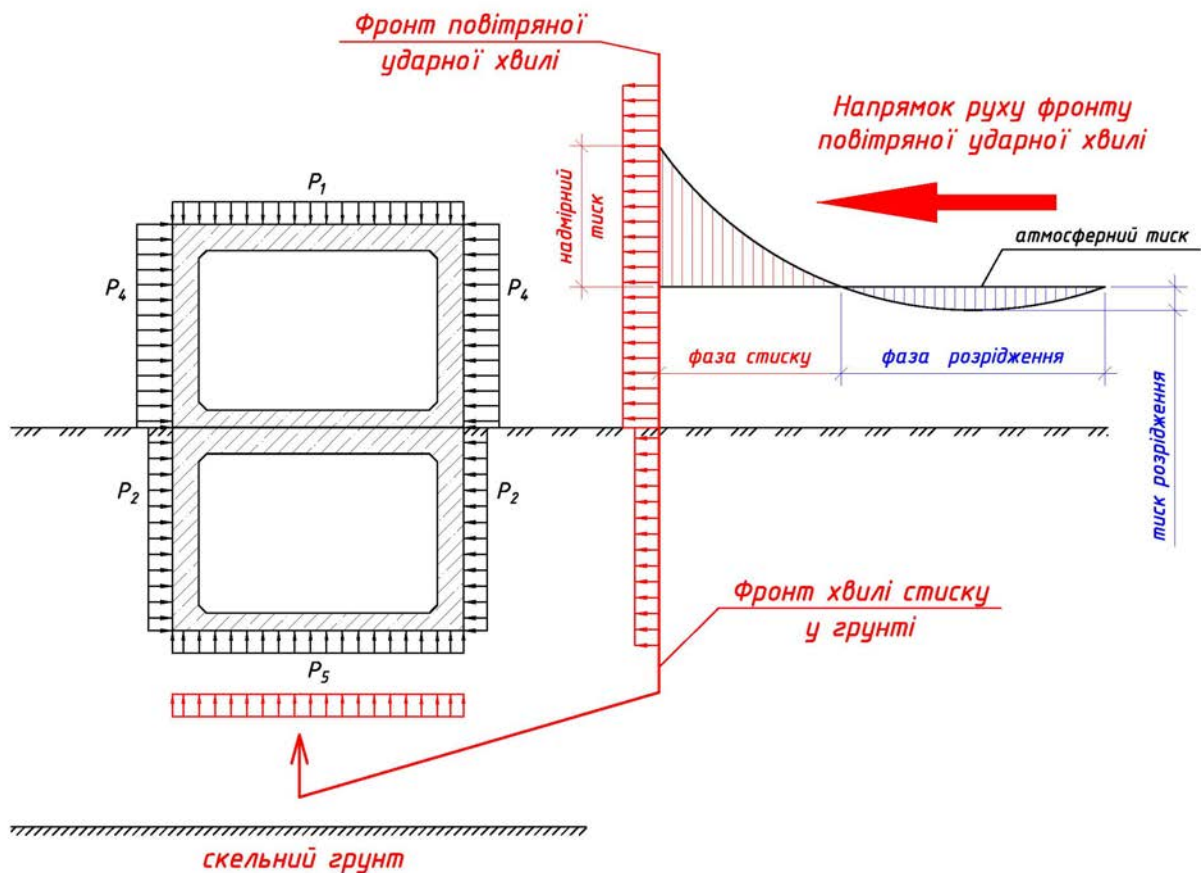


Рис. 2. Схема впливу повітряної ударної хвилі на надземну та підземну частину будівлі.

Згідно [1] при виборі комбінацій навантажень необхідно враховувати найбільш несприятливі умови роботи конструкцій елементів та відповідні напрямки прикладання навантажень. Обов'язковою при розрахунках є комбінації навантажень з одночасним прикладанням навантаження до всіх конструкцій, що потрапляють під дію повітряної ударної хвилі (зовнішні стіни, покриття, фундаменти, конструкції входів, тамбур-шлюзів і тамбурів, оголовки шахт, захисно-герметичні та захисні двері тощо), в тому числі при дії тиску нагнітання зсередини (тамбур-шлюзи, тамбури, вентиляційні шахти, входи, аварійні виходи тощо) та одночасним прикладанням навантаження із всіх

напрямок до зовнішніх конструкцій (зовнішні стіни, покриття, фундаменти, конструкції входів, захисно-герметичні та захисні двері, оголовки шахт тощо).

Нижче наведено визначення величини навантаження від ударної хвилі згідно ДБН [1] на захисну споруду цивільного захисту, яка знаходиться на різних відмітках відносно рівня землі (надземна, напівзаглиблена, заглиблена) – при дії на неї надмірного тиску повітряної ударної хвилі $\Delta P_{ex} = 100$ кПа.

Надземна споруда ($\Delta P_{ex} = 100$ кПа)

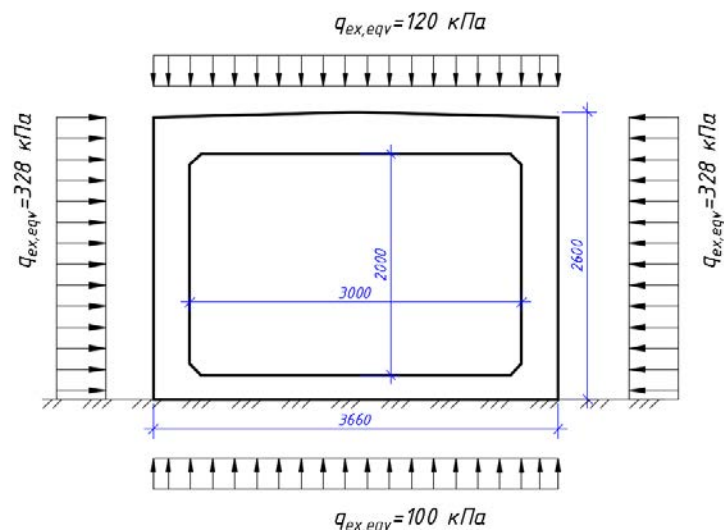


Рис. 3. Розрахункове навантаження на надземну захисну споруду.

1. Розрахункове вертикальне навантаження на покриття

$$q_{ex,eqv} = P_1 \times K_D \text{ (п. 14.1.3.1 [1])}$$

$$K_D = 1,2 \text{ – розрахункова умова ІА (табл. 14.8 [1])}$$

$$P_1 = \Delta P_{ex} \text{ (табл. 14.1 [1])}$$

$$q_{ex,eqv} = 100 \times 1,2 = 120 \text{ кПа}$$

2. Розрахунок горизонтального навантаження на стіну

$$q_{ex,eqv} = P_4 \times K_D \times K_0 \text{ (п. 14.1.3.4 [1])}$$

$$K_D = 1,2 \text{ – розрахункова умова ІА (табл. 14.8 [1])}$$

$$K_0 = 1,0 \text{ (п. 14.1.3.4)}$$

$$P_4 = 2 \times \Delta P_{ex} + 6 \times \Delta P_{ex}^2 / (\Delta P_{ex} + 720) \text{ (табл. 14.2, схема ж [1])}$$

$$P_4 = 2 \times 100 + 6 \times 100^2 / (100 + 720) = 273 \text{ кПа}$$

$$q_{ex,eqv} = 273 \times 1,2 \times 1,0 = 328 \text{ кПа}$$

3. Розрахунок вертикального навантаження на фундамент

$$q_{ex,eqv} = P_5 \times K_d \text{ (п. 14.1.3.5 [1])}$$

$$K_d = 1,2 \text{ – розрахункова умова ІА (табл. 14.11 [1])}$$

$$P_5 = \Delta P_{ex} \text{ (табл. 14.5 [1])}$$

$$q_{ex,eqv} = 100 \times 1,0 = 100 \text{ кПа}$$

Напівзаглиблена споруда ($\Delta P_{ex} = 100$ кПа)

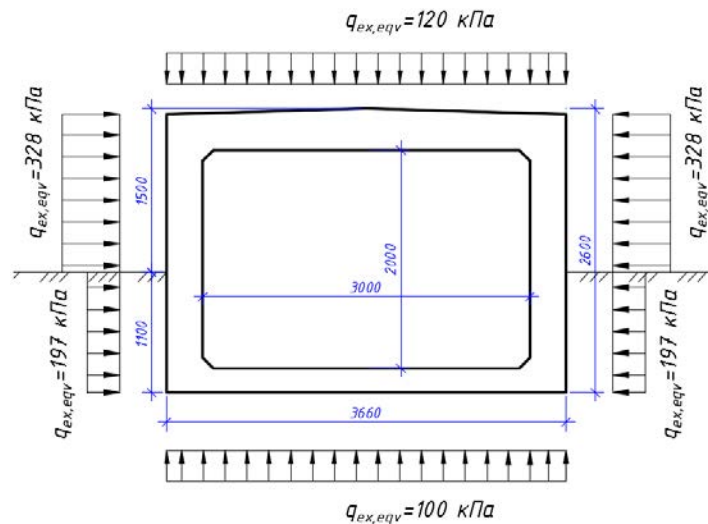


Рис. 4. Розрахункове навантаження на напівзаглиблену захисну споруду.

1. Розрахункове вертикальне навантаження на покриття

$$q_{ex,eqv} = P_1 \times K_d \text{ (п. 14.1.3.1 [1])}$$

$$K_d = 1,2 \text{ – розрахункова умова ІА (табл. 14.8 [1])}$$

$$P_1 = \Delta P_{ex} \text{ (табл. 14.1 [1])}$$

$$q_{ex,eqv} = 100 \times 1,2 = 120 \text{ кПа}$$

2. Розрахунок горизонтального навантаження на стіну

$$q_{ex,eqv} = P_4 \times K_d \times K_0 \text{ (п. 14.1.3.4 [1])}$$

$$K_d = 1,2 \text{ – розрахункова умова ІА (табл. 14.8 [1])}$$

$$K_0 = 1,0 \text{ (п. 14.1.3.4 м)}$$

надземна частина

$$P_4 = 2 \times \Delta P_{ex} + 6 \times \Delta P_{ex}^2 / (\Delta P_{ex} + 720) \text{ (табл. 14.2, схема д [1])}$$

$$P_4 = 2 \times 100 + 6 \times 100^2 / (100 + 720) = 273 \text{ кПа}$$

$$q_{ex,eqv} = 273 \times 1,2 \times 1,0 = 328 \text{ кПа}$$

підземна частина

$$P_4' = K_\sigma P_4 \text{ (табл. 14.2, схема д [1])}$$

$$P_4' = K_\sigma P_4 = 0,6 \times 273 = 164 \text{ кПа}$$

$$q_{ex,eqv} = 164 \times 1,2 \times 1,0 = 197 \text{ кПа}$$

3. Розрахунок вертикального навантаження на фундамент

$$q_{ex,eqv} = P_5 \times K_D \text{ (п. 14.1.3.5 [1])}$$

$K_D = 1,2$ – розрахункова умова ІА (табл. 14.11 [1])

$$P_5 = \Delta P_{ex} \text{ (табл. 14.5 [1])}$$

$$q_{ex,eqv} = 100 \times 1,0 = 100 \text{ кПа}$$

Заглиблена споруда ($\Delta P_{ex} = 100$ кПа)

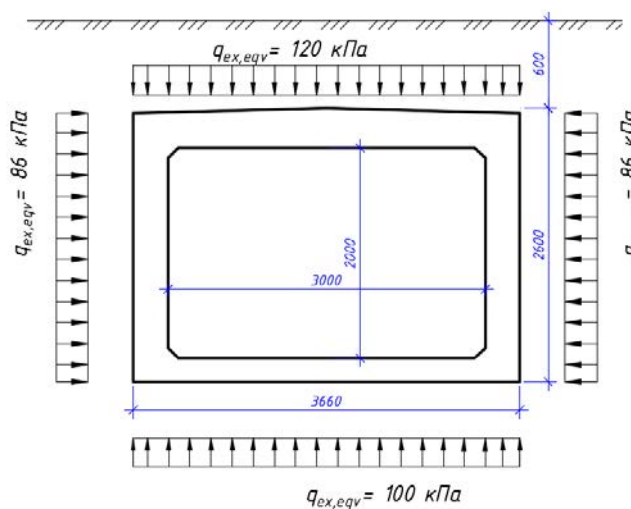


Рис. 5. Розрахункове навантаження на заглиблену захисну споруду.

1. Розрахункове вертикальне навантаження на покриття

$$q_{ex,eqv} = P_1 \times K_D \text{ (п. 14.1.3.1 [1])}$$

$K_D = 1,2$ – розрахункова умова ІА (табл. 14.8 [1])

$$P_1 = \Delta P_{ex} \text{ (табл. 14.1 [1])}$$

$$q_{ex,eqv} = 100 \times 1,2 = 120 \text{ кПа}$$

2. Розрахунок горизонтального навантаження на заглиблену стіну вище рівня ґрунтових вод

$$q_{ex,eqv} = P_2 \times K_D \times K_0 \text{ (п. 14.1.3.4 [1])}$$

$K_D = 1,2$ – розрахункова умова ІА (табл. 14.8 [1])

$$K_0 = 1,0 \text{ (п. 14.1.3.4 [1])}$$

$$P_2 = 1,2 \times K_\sigma \times \Delta P_{ex} \text{ (табл. 14.2, схема е [1])}$$

$$P_2 = 1,2 \times 0,6 \times 100 = 72 \text{ кПа}$$

$$q_{ex,eqv} = 72 \times 1,2 \times 1,0 = 86 \text{ кПа}$$

3. Розрахунок вертикального навантаження на фундамент

$$q_{ex,eqv} = P_5 \times K_d \text{ (п. 14.1.3.5 [1])}$$

$$K_d = 1,2 \text{ – розрахункова умова ІА (табл. 14.11 [1])}$$

$$P_5 = \Delta P_{ex} \text{ (табл. 14.5 [1])}$$

$$q_{ex,eqv} = 100 \times 1,0 = 100 \text{ кПа}$$

Висновки. За результатами наведених вище даних можна зробити наступні висновки щодо визначення розрахункового навантаження на різні несучі елементи в залежності від типу споруди, її місця розташування та структурних неоднорідностей будівельних конструкцій згідно ДБН В.2.2-5:20023 [1]:

1) Визначення приведеного навантаження на різні несучі елементи захисної споруди від ударної хвилі у великій мірі залежить від розташування споруди як відносно рівня землі так і відносно інших будівель (вбудована чи окремо розташована).

2) Розрахункове навантаження на різні поверхні захисної споруди може як у декілька разів (рис. 3, 4) перевищувати значення надмірного тиску повітряної ударної хвилі ΔP_{ex} так і бути дещо меншим (рис. 5).

Список використаних джерел

1. ДБН В.2.2-5:2023 «Захисні споруди цивільного захисту». – К.: Міністерство розвитку громад, територій та інфраструктури України, 2023. – 112 с. – чинний з 01.11.2013.
2. ДСТУ 9195:2022 «Швидкоспоруджувані захисні споруди цивільного захисту модульного типу. Основні положення». – К.: ДП «УкрНДНЦ», 2023. – 12 с. – чинний з 01.03.2013.
3. Бирбраер А.Н. Экстремальные воздействия на сооружения / А.Н. Бирбраер, А.Ю. Роледер. – СПб.: Из-во Политехн. Ун-та, 2009. – 594 с.
4. Попов Н.Н., Расторгуев Б.С. Вопросы расчета и конструирования специальных сооружений. – М.: Стройиздат, 1980. – 190 с.
5. Аварии и катастрофы. Предупреждения и ликвидация последствий. Учебное пособие в 6 книгах. Книга 1. / В.А. Котляревский, К.Е. Кочетков, А.А. Носач, А.В. Забегаев и др. – М.: Издательство АСВ, 1995. – 320 с.
6. Аварии и катастрофы. Предупреждения и ликвидация последствий. Уч. пособ. в 6 книгах. Книга 2. / В.А. Котляревский, А.В. Виноградов, С.В. Еремин, В.М. Кожевников, А.А. Костин, А.И. Костин, С.Ю. Ревенко. – М.: Издательство АСВ, 1996. – 384 с.
7. Захисні споруди цивільного захисту: конспект лекцій для студентів денної та заочної форм навчання першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 263 – Цивільна безпека щодо освітніх програм «Цивільний захист», «Охорона праці», «Аудит та консалтингова діяльність у галузі охорони праці» / В.В. Барбашин, В.О. Росоха, О.С. Скрипник, П.А. Білим; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О.М. Бекетова. – Харків: ХНУМГ імені О.М. Бекетова, 2021. – 71 с.
8. Стеблюк М.І. Цивільна оборона та цивільний захист: навч. посіб. для вузів / М. І. Стеблюк. – Київ: Знання, 2013. – 487 с.

9. Захист населення і територій від надзвичайних ситуацій: у 8 т. Т. 6.: Захисні споруди цивільного захисту (цивільної оборони) / За заг. ред. В.В. Могильниченка. – Київ: КІМ, 2010. – 560 с.
10. Хворост М.В. Оцінка обстановки у надзвичайних ситуаціях: навч. посібник / М.В. Хворост, М.М. Луценко; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О.М. Бекетова. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 133 с.
11. Shyshanov M.O., Maliuha V.G., Koval V.V., Mirnenko V.I., Fil V.M., Hannenko S.O., Duzhyi R.V. Influence of air shock wave on buildings and structures. – Опір матеріалів і теорія споруд/*Strength of Materials and Theory of Structures*, №105, 2020. – P. 179-191.
12. Kotsiuruba V.I., Datsenko I.P., Dachkovsky V.O., Polyulyak V.M, Cherevko R.M., Ivashchuk O.A., Furman I.I. Influence of air shock wave on shelter – Опір матеріалів і теорія споруд/*Strength of Materials and Theory of Structures*, №105, 2020. – P.133-144.
13. Будівельні конструкції та їх поведінка в умовах надзвичайних ситуацій: Навчальний посібник / О.В. Васильченко, Ю.В. Квітковський, О.В. Миргород, О.А. Стельмах. – Харків: ХНАДУ, 2015. – 488 с.
14. Васильченко О.В., Квітковський Ю.В., Луценко Ю.В., Миргород О.В. Безпека експлуатації будівель і споруд та їх поведінка в умовах надзвичайних ситуацій: Навчальний посібник. – Харків: НУЦЗУ, 2010. – 372 с.
15. Чуб І.П., Матухно В.В. Прогнозування наслідків надзвичайної ситуації з вибухом хмари газоповітряної суміші. / Проблеми надзвичайних ситуацій. Збірка наукових праць. Випуск 23, 2016. Харків – С. 186-191.
16. Квітковський Ю.В. Визначення параметрів ударної хвилі, що утворюється під час вибуху газоповітряної суміші / Проблеми надзвичайних ситуацій. Збірка наукових праць. Випуск 4, 2006. – Харків – С. 120-124.

Ph.D, Associate Professor **Skoruk Leonid**,
Doctor of science, Professor **Zhuravskiyi Oleksandr**,
Kyiv National University of Construction and Architecture

DETERMINATION OF THE AMOUNT OF LOAD ON PROTECTIVE STRUCTURES OF CIVIL DEFENSE AGAINST THE INFLUENCE OF A SHOCK WAVE ACCORDING TO DBN V.2.2-5:2023

The main types of explosions and their differences between each other are considered, as well as the difference in excess pressure in the air shock wave is shown. The definition of the calculated load on various load-bearing elements depending on the type of building, its location and structural inhomogeneities of building structures according to DBN B.2.2-5:20023 [1] is given.

One of the extreme effects, the danger of which must be taken into account when designing protective structures of civil protection, is an external explosion, which can be caused by both man-made and military factors. The explosion generates a whole complex of loads and impacts.

The pressure at the front of the air shock wave, as well as the duration of the compression and rarefaction phases, depend on the amount of explosives and the distance to the center of the explosion or cloud boundary. In general, a detonation

explosion is characterized by the possibility of significant pressure on the front of the air shock wave and the short duration of the action (tenths and even hundredths of a second).

The air shock wave, when interacting with the structure, affects its above-ground and underground parts. This process is complex: at the beginning of the interaction process, the air shock wave affects the external structures of the above-ground part of the building and the surface of the soil in front of the building, causing a compression wave in it, which, in turn, affects the front outer face of the underground part. Further, the air shock wave, passing through the structural inhomogeneities of building structures in the form of window and door openings, affects the internal load-bearing and non-load-bearing structures of the building, as well as the covering of the underground part. At the same time, compression waves in the soil affect the side and rear walls of the underground part.

Keywords: excessive pressure; air blast; protective structure.

REFERENCES

1. DBN V.2.2-5:2023 «Zakhysni sporudy tsyvilnoho zakhystu». – K.: Ministerstvo rozvytku hromad, terytorii ta infrastruktury Ukrainy, 2023. – 112 s. – chynnyi z 01.11.2013. {in Ukrainian}
2. DSTU 9195:2022 «Shvydkosporudzhuvani zakhysni sporudy tsyvilnoho zakhystu modulnoho typu. Osnovni polozhennia». – K.: DP «UkrNDNTs», 2023. – 12 s. – chynnyi z 01.03.2013.3. Byrbraer A.N. Ekstremalne vozdeistvyia na sooruzhenia / A.N. Byrbraer, A.Iu. Roleder. – SPb.: Yz-vo Polytekhn. Un-ta, 2009. – 594 s. {in Ukrainian}
3. Byrbraer A.N. Ekstremalne vozdeistvyia na sooruzhenia / A.N. Byrbraer, A.Iu. Roleder. – SPb.: Yz-vo Polytekhn. Un-ta, 2009. – 594 s. {in Russian}
4. Popov N.N., Rastorhiev B.S. Vyprosy rascheta y konstruyrovaniia spetsyalnykh sooruzhenii. – M.: Stroiyzdat, 1980. – 190 s. {in Russian}
5. Avaryy y katastrofy. Preduprezhdeniia y lykvydatsiia posledstviy. Uchebnoe posoby v 6 knykh. Knyha 1. / V.A. Kotliarevskiy, K.E. Kochetkov, A.A. Nosach, A.V. Zabehaev y dr. – M.: Yzdatelstvo ASV, 1995. – 320 s. {in Russian}
6. Avaryy y katastrofy. Preduprezhdeniia y lykvydatsiia posledstviy. Uchebnoe posoby v 6 knykh. Knyha 2. / V.A. Kotliarevskiy, A.V. Vynogradov, S.V. Eremyn, V.M. Kozhevnykov, A.A. Kostyn, A.Y. Kostyn, S.Iu. Revenko. – M.: Yzdatelstvo ASV, 1996. – 384 s. {in Russian}
7. Zakhysni sporudy tsyvilnoho zakhystu: konspekt lektsii dlia studentiv dennoi ta zaochnoi form navchannia pershoho (bakalavrskoho) rivnia vyshchoi osvity za spetsialnistiu 263 – Tsyvilna bezpeka shchodo osvity proham «Tsyvilnyi

zakhyst», «Okhorona pratsi», «Audyт ta konsal'tynhova diialnist u haluzi okhorony pratsi» / V.V. Barbashyn, V.O. Rosokha, O.S. Skrypnyk, P.A. Bilym; Kharkiv. nats. un-t misk. hosp-va im. O.M. Beketova. – Kharkiv: KhNUMH imeni O.M. Beketova, 2021. – 71 s. {in Ukrainian}

8. Stebliuk M.I. Tsyvilna oborona ta tsyvilnyi zakhyst: navch. posib. dlia vuziv / M.I. Stebliuk. – Kyiv: Znannia, 2013. – 487 s. {in Ukrainian}

9. Zakhyst naselennia i terytorii vid nadzvychainykh sytuatsii: u 8 t. T. 6.: Zakhysni sporudy tsyvilnoho zakhystu (tsyvilnoi oborony) / Za zah. red. V.V. Mohylnychenka. – Kyiv: KIM, 2010. – 560 s. {in Ukrainian}

10. Khvorost M. V. Otsinka obstanovky u nadzvychainykh sytuatsiiakh: navch. posibnyk / M.V. Khvorost, M.M. Lutsenko ; Kharkiv. nats. un-t misk. hosp-va im. O.M. Beketova. – Kharkiv: KhNUMH im. O.M. Beketova, 2018. – 133 s. {in Ukrainian}

11. Shyshanov M.O., Maliuha V.G., Koval V.V., Mirnenko V.I., Fil V.M., Hannenko S.O., Duzhyi R.V. Influence of air shock wave on buildings and structures. – Opir materialiv i teoriia sporud/Strength of Materials and Theory of Structures, №105, 2020. – P. 179-191. {in English}

12. Kotsiuruba V.I., Datsenko I.P., Dachkovsky V.O., Polyulyak V.M., Cherevko R.M., Ivashchuk O.A., Furman I.I. Influence of air shock wave on shelter – Opir materialiv i teoriia sporud/Strength of Materials and Theory of Structures, №105, 2020. – P.133-144. {in English}

13. Budivelni konstruktsii ta yikh povedinka v umovakh nadzvychainykh sytuatsii: Navchalnyi posibnyk / O.V. Vasylchenko, Yu.V. Kvitkovskyi, O.V. Myrhorod, O.A. Stelmakh. – Kharkiv: KhNADU, 2015. – 488 s. {in Ukrainian}

14. Vasylchenko O.V., Kvitkovskyi Yu.V., Lutsenko Yu.V., Myrhorod O.V. Bezpeka ekspluatatsii budivel i sporud ta yikh povedinka v umovakh nadzvychainykh sytuatsii: Navchalnyi posibnyk. – Kharkiv: NUTsZU, 2010. – 372 s. {in Ukrainian}

15. Chub I.P., Matukhno V.V. Prohnozuvannia naslidkiv nadzvychainoi sytuatsii z vybukhom khmary hazopovitrianoi sumishi. / Problemy nadzvychainykh sytuatsii. Zbirka naukovykh prats. Vypusk 23, 2016. Kharkiv – S. 186-191. {in Ukrainian}

16. Kvitkovskyi Yu.V. Vyznachennia parametriv udarnoi khvyli, shcho utvoriuietsia pid chas vybukhu hazopovitrianoi sumishi / Problemy nadzvychainykh sytuatsii. Zbirka naukovykh prats. Vypusk 4, 2006. – Kharkiv – S. 120-124. {in Ukrainian}