

АВТОМАТИЗОВАНЕ ПРОЄКТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПРОТИРАДІАЦІЙНОГО УКРИТТЯ

COMPUTER-AIDED DESIGN OF STRUCTURAL ELEMENTS OF THE RADIATION SHELTER

Караван Б.В., доктор філософії, асистент, ORCID ID: 0000-0002-0499-7544;

Караван В.В., к.т.н., доцент, ORCID ID: 0000-0002-8261-692X

(Національний університет водного господарства та природокористування, Рівне)

Karavan B., Ph.D., assistant, ORCID ID: 0000-0002-0499-7544;

Karavan V., candidate of technical sciences, associate professor, ORCID 0000-

0002-8261-692X (The National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

Наведена методика розрахунку та конструювання залізобетонних монолітних стін та плити перекриття для протирадіаційного укриття при будівництві багатоквартирного житлового будинку з об'єктами торгово-розважальної та ринкової інфраструктури в с. Струмівка, Луцького району, Волинської області.

The article describes the goal and the list of works that were performed to achieve this goal. The article also describes the main structural solutions of the building, and provides a methodology for applying the main types of loads to the structural elements of the protective structure in accordance with current regulatory documents. The model and results of the building calculation in the MONOMAX-SAPR 2016 software package are presented. The process of computer-aided design of monolithic walls and monolithic reinforced concrete slab over the shelter in the AutoCAD 2014 software package is described and illustrated in detail. Alternative options for reinforcing monolithic walls and monolithic floor slabs over a shelter are presented. The problems in the manufacture of structures at construction sites throughout Ukraine are described. The conclusion and recommendations for improving the design processes of civil defense structures are formulated.

Ключові слова: проектування, модель, навантаження, розрахунок, результат, аналіз, конструкція, автоматизація, укриття, залізобетон, тріщина, вібрування.

Design, model, load, calculation, result, analysis, construction, automation, shelter, reinforced concrete, crack, vibration.

Вступ. Враховуючи військовий стан в Україні виникає гостра необхідність у будівництві захисних споруд не тільки оборонного призначення, а й цивільного захисту. Споруди подвійного призначення (СПП) та захисні споруди проектуються та будуються таким чином, щоб забезпечити належні умови перебування людей в укритті. Споруди подвійного призначення мають бути запроектовані таким чином, щоб одночасно задовольняти встановлені вимоги відповідно до обох функціональних призначень та мати захисні властивості сховищ, або протирадіаційних укриттів (ПРУ) [1].

Постановка мети і задач досліджень. Відповідно до чинних нормативних документів [2, 3, 4, 5] ставилось на меті провести розрахунок, моделювання та конструювання залізобетонних монолітних стін та плити перекриття протирадіаційного укриття. Для досягнення мети були поставлені задачі та здійснені наступні роботи:

- проведений аналіз та коригування конструктивної схеми будівлі відповідно до чинних нормативних документів;
- виконані необхідні розрахунки на міцність та надійність будівлі в програмному комплексі МОНОМАХ-САПР 2016;
- отримано та проаналізовано результати розрахунку моделі;
- використовуючи програмний комплекс AutoCAD 2014 виконані креслення основних елементів укриття;
- подані висновки за результатами проведення будівельних робіт та описана проблематика, опираючись на заключення компетентних осіб, пов'язаних із будівельним процесом.

Методика досліджень. Будівлю ПРУ запроектовано розмірами в осях $59,6 \times 14,4$ м, безкаркасною з монолітними залізобетонними несучими поздовжніми та поперечними стінами. Жорсткий монолітний вузол з'єднання стін та плити перекриття дозволяє вважати таке сполучення рамним. Горизонтальне та вертикальне навантаження розподіляється між плитою перекриття та вертикальними несучими стінами.

Просторова жорсткість будівлі та її стійкість забезпечується сумісною роботою монолітного залізобетонного диску перекриття та вертикальними стіновими конструктивними елементами – монолітними залізобетонними стінами.

Зовнішні несучі стіни – монолітні залізобетонні, товщиною 400 мм.

Плита перекриття – монолітна залізобетонна, товщиною 350 мм.

Бетон для стін прийнято класу C20/25 (M350) по міцності, марок F150 та W6 відповідно по морозостійкості і водонепроникності, арматура – класу A500C та A240C.

Бетон для плити перекриття прийнято класу C25/30 (M400) по міцності та марок F50 і W6, арматура – класу A500C та A240C.

Розрахункові положення. Будівля ПРУ має клас відповідальності ССЗ за [3]. Категорія відповідальності всіх конструкцій, крім сходів, пандусів і перегородок – А за [3].

Для розрахунків по 1-й групі граничних станів коефіцієнти надійності за відповідальністю прийнято:

$\gamma_n=1,25$ – для усталених розрахункових ситуацій, $\gamma_n=1,05$ – для перехідних розрахункових ситуацій та $\gamma_n=1,05$ – для аварійних розрахункових ситуацій.

Для розрахунків по 2-й групі граничних станів коефіцієнти надійності за відповідальністю прийнято:

$\gamma_n=1,00$ – для усталених розрахункових ситуацій, $\gamma_n=0,975$ – для перехідних розрахункових ситуацій.

Зовнішні та внутрішні несучі конструкції ПРУ розраховані на особливе поєднання навантажень, що складається із постійних, змінних навантажень та статичного навантаження, еквівалентного дії динамічного навантаження. Розрахунок впливу надмірного тиску у фронті повітряної ударної хвилі на огорожуючі несучі конструкції виконані згідно [1].

Величина динамічного навантаження, прийнята у відповідності до таблиці А.2 [1], на плиту перекриття становить $\Delta P_{ex}=100$ кПа.

Вертикальне приведені навантаження P_I (кПа) на перекриття захисної споруди:

$$P_I=\Delta P_{ex}=100 \text{ кПа}; \quad (1)$$

Горизонтальне приведені навантаження на елементи зовнішніх стін:

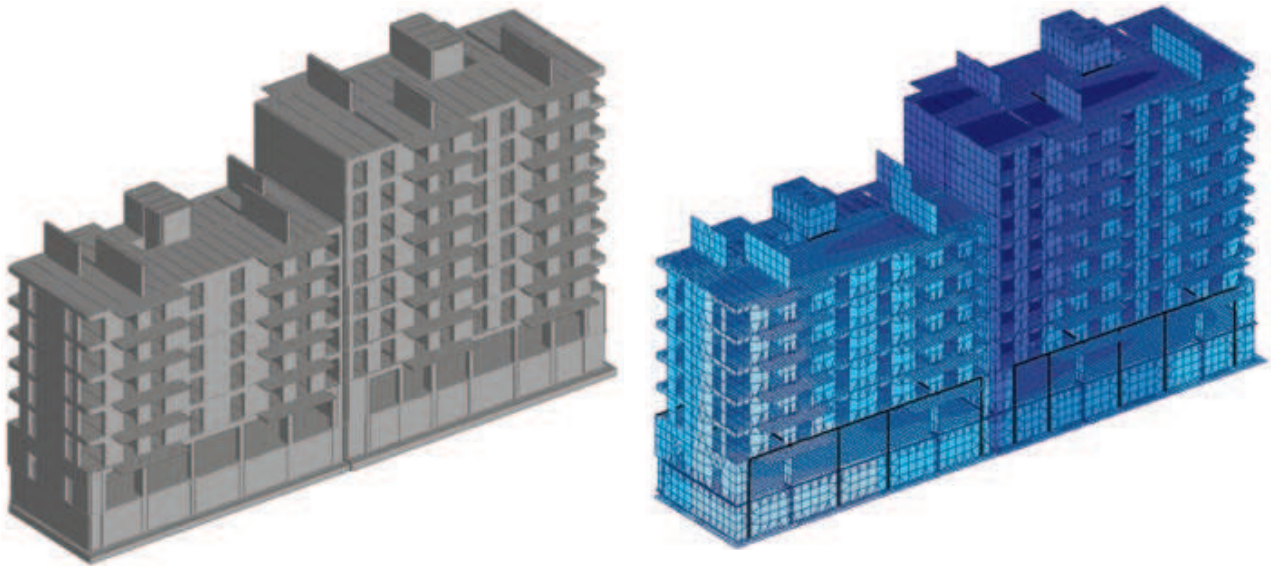
$$P_Z=K\sigma\times\Delta P_{ex}=0,5\times 100 \text{ кПа}=50 \text{ кПа}; \quad (2)$$

де, $K\sigma=0,5$ – згідно таблиці 14.3 [1].

Горизонтальне навантаження на ділянки зовнішніх стін захисних споруд у місцях розташування входів і на перші захисні-герметичні двері прийнято:

$$P=K_v\times\Delta P_{ex}=2,3\times 100=230 \text{ кПа} \quad (3)$$

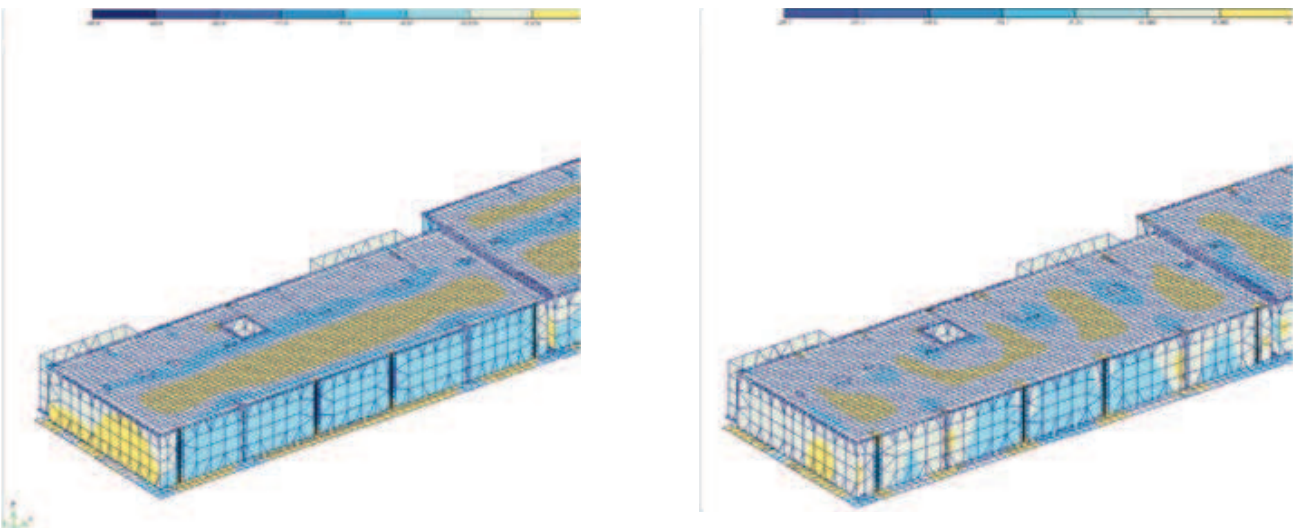
Результати досліджень. Результати розрахунку в програмному комплексі МОНОМАХ-САПР 2016 дали змогу проаналізувати значення зусиль та переміщень в конструкціях, що проєктуються (див. рис. 1, 2).



а)

б)

Рис. 1. Модель будівлі в програмному комплексі МОНОМАХ-САПР 2016: а) загальний вигляд каркасу, б) епюра переміщень по Z, м

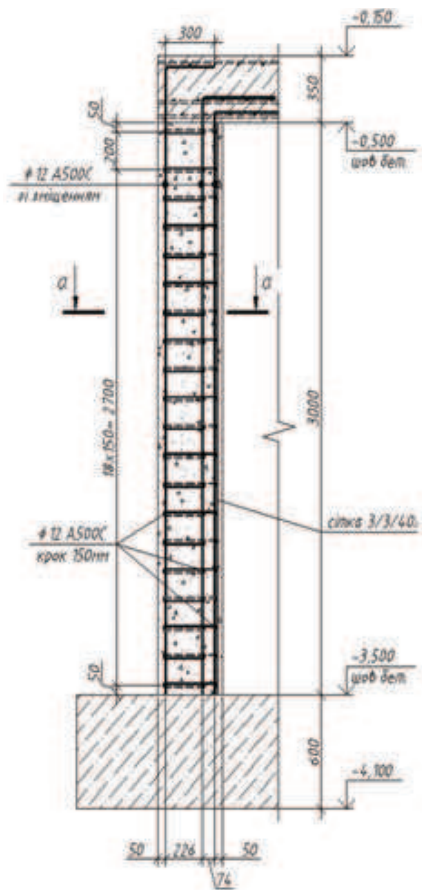


а)

б)

Рис. 2. Епюра напружень блок-секції БС1: а) по M_y , тс×м, б) по M_x , тс×м

Згідно таблиці 14.13 [1] мінімальна товщина одношарової конструкції на пробиття (проникнення), відповідно до прийнятого нами класу бетону С20/25, становить 350 мм. Дотримуючись п.14.2.3.5 та п.14.2.3.6 [1] було прийнято армування стін трьома сітками діаметром 12 мм зі зміщенням на 1/3 кроку чарунки. Зменшення товщини монолітних стін передбачало встановлення по всій площі протискільної сітки 3/3/40/40 Вр-1. (рис. 3).



a-a



Рис. 3. Фрагмент армування монолітних стін укриття
 Беручи до уваги п.14.2.3.6 [1] виконувалось конструювання плити
 перекриття над укриттям (рис. 4).

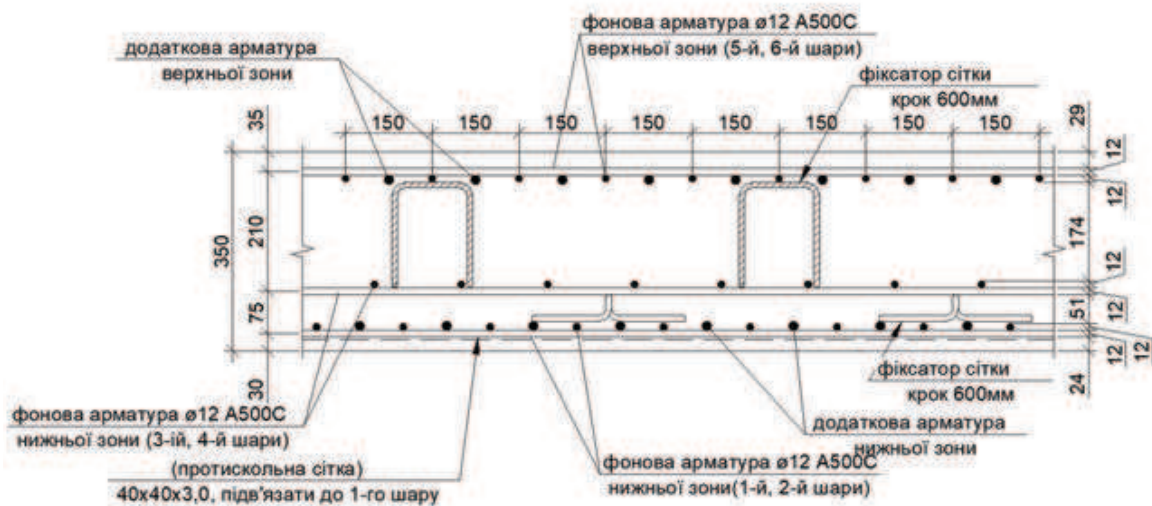


Рис. 4. Фрагмент армування монолітної плити перекриття

Висновки та рекомендації. В процесі будівництва протирадіаційного укриття блок-секції БС1 масово виникали проблеми із процесом ущільнення бетонної суміші монолітних стін. Надалі неодноразово стикались із випадками утворення тріщин на всю висоту стін (рис. 5). Експертний звіт підтвердив факт утворення тріщин в монолітних стінах внаслідок неякісного

утрамбування бетонної суміші, що в свою чергу викликано вимушеним згущенням арматурних сіток в стінах згідно п.14.2.3.6 [1].

Описаний випадок є, нажаль, розповсюдженим явищем на будівельних майданчиках по всій Україні. Також був запропонований альтернативний варіант армування монолітних стін із симетричною прив'язкою арматурних сіток (див. рис. 6), який також не дав бажаних результатів.

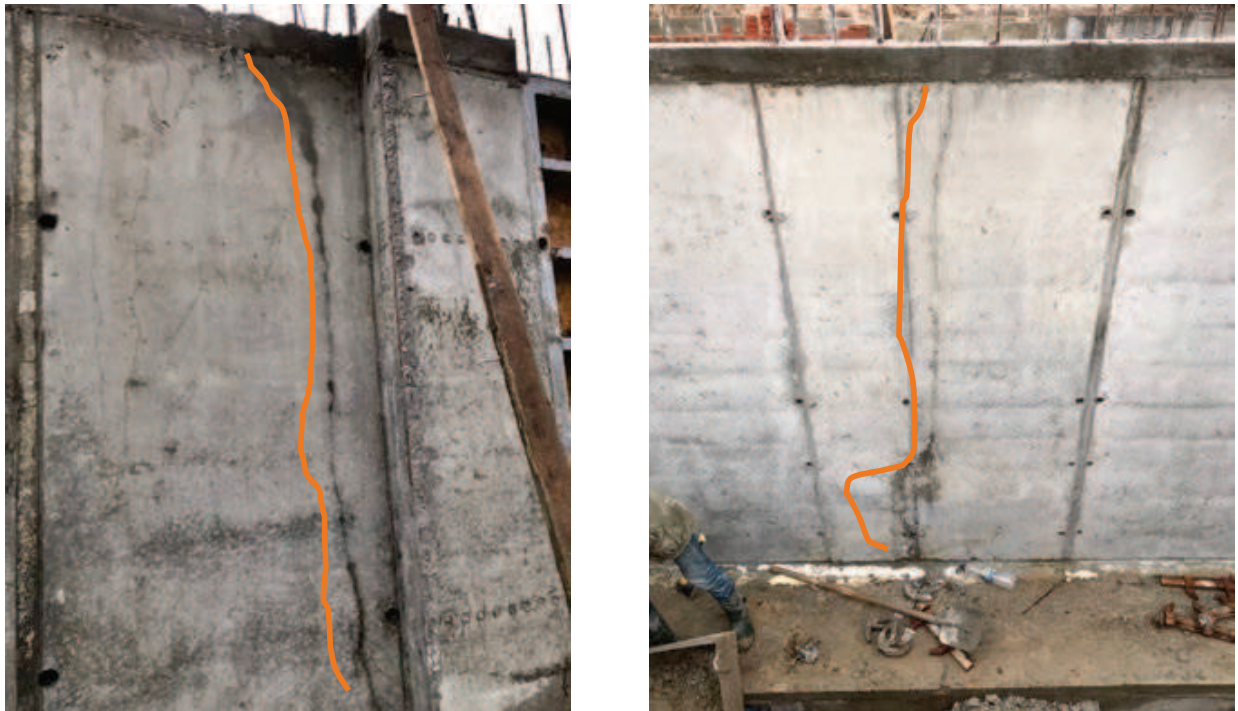


Рис. 5. Місця утворення тріщин в монолітних стінах укриття

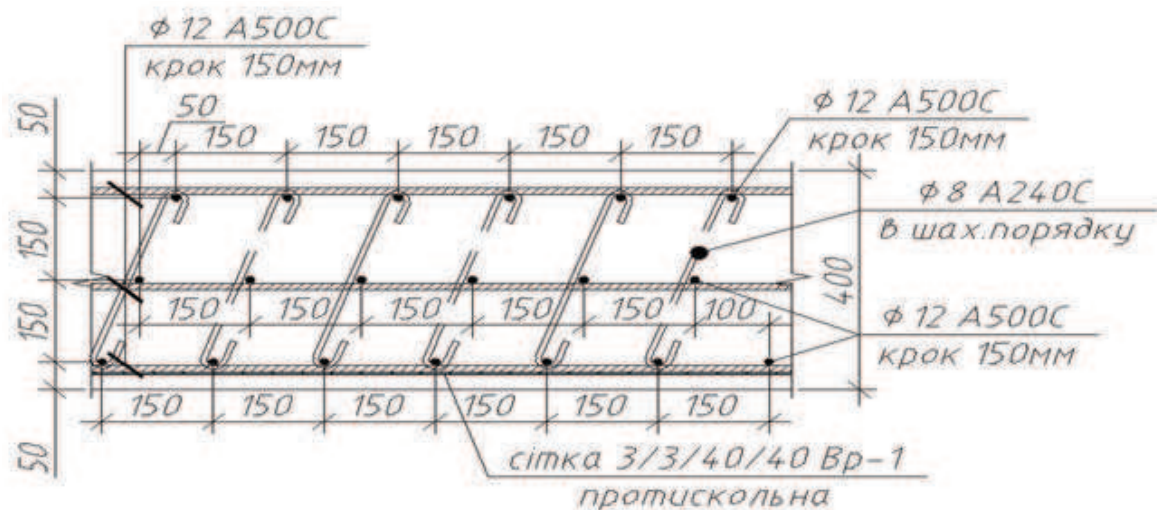


Рис. 6. Запропонований варіант армування монолітних стін укриття

Наразі проблема ущільнення бетону через вимушене згушення арматурних сіток залишається відкритою. Варіантом вирішення проблеми може бути внесення змін до чинних норм проєктування захисних споруд цивільного захисту.

1. ДБН В.2.2-5:2023. Захисні споруди цивільного захисту. [Чинний від 01.11.2023]. Вид. офіц. Київ: Міністерство розвитку громад, територій та інфраструктури України, 2023. 123 с.

DBN V.2.2-5:2023. Zakhysni sporudy tsyvilnoho zakhystu. [Chynnyi vid 01.11.2023]. Vyd. ofits. Kyiv: Ministerstvo rozvytku hromad, terytorii ta infrastruktury Ukrainy, 2023. 123 s.

2. ДБН В.1.2-2:2006 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проєктування. [Чинний від 01.01.2007]. Вид. офіц. Київ: Мінбуд України, 2006. 75 с.

DBN V.1.2-2:2006 Systema zabezpechennia nadiinosti ta bezpeky budivelnykh ob'ektiv. Navantazhennia i vplyvy. Normy proektuvannia. [Chynnyi vid 01.01.2007]. Vyd. ofits. Kyiv: Minbud Ukrainy, 2006. 75 s.

3. ДБН В.1.2-14:2018 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель та споруд. [Чинний від 01.01.2019]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2018. 30 с.

DBN V.1.2-14:2018 Systema zabezpechennia nadiinosti ta bezpeky budivelnykh ob'ektiv. Zahalni pryntsyvy zabezpechennia nadiinosti ta konstruktyvnoi bezpeky budivel ta sporud. [Chynnyi vid 01.01.2019]. Vyd. ofits. Kyiv: Minrehion Ukrainy, 2018. 30 s.

4. ДБН В.2.6-98:2009 Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. [Чинний від 01.07.2011]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2011. 71 с.

DBN V.2.6-98:2009 Betonni ta zalizobetonni konstruktsii. Osnovni polozhennia. [Chynnyi vid 01.07.2011]. Vyd. ofits. Kyiv: Minrehion Ukrainy, 2011. 71 s.

5. ДСТУ Б В.2.6-156:2010 Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проєктування. [Чинний від 01.06.2011]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. 118 с.

DSTU B V.2.6-156:2010 Konstruktsii budynkiv i sporud. Betonni ta zalizobetonni konstruktsii z vazhkoho betonu. Pravyla proektuvannia. [Chynnyi vid 01.06.2011]. Vyd. ofits. Kyiv: Minrehionbud Ukrainy, 2011. 118 s.