

УДК 69.057

DOI: 10.30838/UJCEA.2312.051125.61.1191

ЛЕГКІ ШВИДКОМОНТОВАНІ КОНСТРУКЦІЇ ДЛЯ ЗВЕДЕННЯ СПОРУД ГРОМАДСЬКОГО І ПРОМИСЛОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

ГАРКУША В. С.^{1*}, канд. техн. наук, доц.,

СИМОНОВ С. І.², канд. техн. наук, доц.,

МАКСИМЮК О. І.³, маг.

^{1*} Кафедра архітектури, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», вул. Університетська, 7, 87555, Маріуполь, Україна, тел. +38 (099) 772-68-78, e-mail: harkusha_v_s@pstu.edu, ORCID ID: 0000-0002-5016-0737

² Кафедра архітектури, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», вул. Університетська, 7, 87555, Маріуполь, Україна, тел. +38 (050) 590-61-91, e-mail: arhsimonov1@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-3921-0131

³ Чернівецька обласна організація Товариства Червоного Хреста України, вул. І. Дзюби, 31, 58000, Чернівці, Україна, тел. +38 (050) 700-09-15, e-mail: maksimiyuk@ukr.net

Анотація. Постановка проблеми Було виконано аналіз конструктивних та технічних особливостей тимчасових споруд з легких швидкомонтованих конструкцій. Дослідження показали, що легкі швидкомонтовані конструкції є вигідною альтернативою капітальним спорудам промислового і громадського призначення. Легкі швидкомонтовані конструкції є багато функціональними та можуть бути використані повторно будь-якому іншому місці у разі необхідності. Серед частин, які не можна використати повторно тільки фундамент під споруду. Споруди з легких конструкцій є мобільними спорудами. Їх здатність до повторного використання дозволяє зменшити час на їх зведення та підвищити ефективність монтажних робіт. **Аналіз публікацій** Детально розглянуто питання зведення швидкомонтованих споруд в розрізі технології виконання робіт та чинників, які впливають на ефективність виконання цих робіт. **Мета статті** Обґрунтування параметрів зведення легких швидкомонтованих конструкцій як елементів промислових та громадських споруд тимчасового призначення. **Виклад матеріалу** Розглянуто конструктивні та технічні особливості споруд промислового та громадського призначення з легких швидкомонтованих конструкцій. Визначено сфери використання споруд з легких конструкцій та встановлено технологічні вимоги щодо влаштування фундаменту під тимчасові споруди. **Висновок** Легкі швидко монтовані конструкції – це альтернатива капітальним будівлям з точки зору енергоефективності, надійності експлуатації та оригінальності дизайну. Такі споруди за будівельними нормативами вважаються тимчасовими спорудами.

Ключові слова: легкі швидкомонтовані конструкції; несучі елементи; стійкість; довговічність

LIGHT QUICK-ASSEMBLED STRUCTURES FOR CONSTRUCTION FOR PUBLIC AND INDUSTRIAL PURPOSES

HARKUSHA V.S.^{1*}, Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.,

SIMONOV S.I.², Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.,

MAKSYMUK O.I.³, Master of Construction

^{1*} Department of Architecture, SHEI “Azov State Technical University”, 7, Universytetska St., Mariupol, 87555, Ukraine, tel. +38 (099) 772-68-78, e-mail: harkusha_v_s@pstu.edu, ORCID ID: 0000-0002-5016-0737

² Department of Architecture, SHEI “Azov State Technical University”, 7, Universytetska St., Mariupol, 87555, Ukraine, tel. +38 (050) 590-61-91, e-mail: arhsimonov1@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-3921-0131

³ Chernivtsi Regional Organization of the Red Cross Society of Ukraine, 31, I. Dzyuba St., Chernivtsi, 58000, Ukraine, tel. +38 (050) 700-09-15, e-mail: maksimiyuk@ukr.net

Abstract. Statement of the problem. An analysis of the structural and technical features of temporary structures made of lightweight prefabricated structures was performed. Studies have shown that lightweight prefabricated structures are a profitable alternative to capital structures for industrial and public purposes. Lightweight prefabricated structures are multifunctional and can be reused in any other place if necessary. Among the parts that cannot be reused is only the foundation for the structure. Lightweight structures are mobile structures. Their ability to be reused allows you to reduce the time for their erection and increase the efficiency of installation work. **Publication analysis** The issue of constructing prefabricated structures is considered in detail in terms of the technology of performing the work and the factors that affect the efficiency of performing these works. **The purpose of the article.** Justification of the construction parameters

of lightweight prefabricated structures as elements of temporary industrial and public buildings. **Presentation of the material.** The structural and technical features of industrial and public buildings made of lightweight prefabricated structures are considered. The areas of use of lightweight structures are determined and technological requirements for the arrangement of foundations for temporary structures are established. **Conclusion** Lightweight, quickly assembled structures are an alternative to capital buildings in terms of energy efficiency, operational reliability, and originality of design. Such structures are considered temporary structures according to building codes.

Keywords: *lightweight quick-assembled structures; load-bearing elements; stability; durability*

Постановка проблеми. Легкі конструкції є одним із найбільш прогресивних методів будівництва, які отримали поширення у зв'язку не тільки з розвитком науки та техніки, а ще і у зв'язку з подіями, які останнім часом мають великий вплив на світ – епідемія COVID-19 та війна в Україні. Після вторгнення Російської федерації житловий фонд України суттєво зменшився. Одним із варіантів вирішення цієї проблеми є широке впровадження швидко споруджуваного житлового багатоповерхового житлового будівництва. Існує чимало різних видів швидкокомонтованих житлових будинків, один із найбільш розповсюджених з них є крупнопанельне будівництво.

Така технологія має як ряд переваг так і недоліки. Однак, зважаючи на ті складні обставини, в яких знаходиться країна, зведення швидко споруджуваних багатоповерхових будинків може бути вирішенням житлового питання для сотень тисяч громадян України, але не менш важливим є забезпечити людей тимчасовим прихистком та мобільними спорудами для тимчасового знаходження військових та всіх учасників процесів, які пов'язані з надзвичайними ситуаціями.

Найбільш цікавим прикладом таких споруд є проєкт медичного закладу, який був побудований з легких конструкцій, – це лікарня Mississauga Trillium (Канада), яка стала будинком для одного з провінційних центрів оцінки COVID-19 і потребувала збільшення своїх можливостей для потенційного припливу пацієнтів на основі прогнозів Public Health Ontario. Пружинна конструкція шириною 50 футів і довжиною 165 футів, з'єднана двома коридорами, була зведена на паркінгу сусідньому до будівлі лікарні.

Лікарня «Mississauga Trillium» завдяки тому, що була зведена тимчасова споруда з легких конструкцій отримала 90 додаткових ліжок, готових прийняти пацієнтів у разі

необхідності. Така споруда здатна витримати екстремальні вітрові і снігові навантаження. Лікарня планує не демонтувати та зберегти тимчасову споруду як частину закладу, щоб у майбутньому його можна було перепрофілювати.

Тимчасове приміщення має негативний тиск повітря, кисневі лінії, механічну систему для обігріву та охолодження та підняту сталеву підлогу на постаментах. Цей перший польовий госпіталь у м. Берлінгтон є «найбільш унікальним, тимчасовим, багаторазовим закладом» на сьогоднішній день в Онтаріо. Він оснащений негативним тиском повітря, кисневими лініями, механічною системою для обігріву та охолодження та піднятою сталевую підлогою на постаментах. Будівельникам довелося зіштовхнутися з тим, що ділянка не мала доступу до питної води, каналізаційної системи та достатньої кількості аварійного живлення. У випадку з такими тимчасовими приміщеннями зазвичай нічого такого немає.

Наразі уряд України розробляє та втілює велику кількість проєктів, які направлені на поліпшення матеріального стану та стану психологічного здоров'я людей, які постраждали від військових дій, як серед військових, так і серед цивільного населення.

Яскравим прикладом такого проєкту є державна програма “Титани UA” (Дніпропетровська область). Ідея спрямована на виховання культури толерантного ставлення до ветеранів після їх повернення до цивільного життя.

Проєкт представляє історії оборонців, які показують можливість подолати всі виклики та довести, що життя триває. Учасниками проєкту стали воїни, які отримали бойовий досвід і поранення різного ступеня тяжкості. Попри це, вони не здалися та досягли значних успіхів у кар'єрі, спорті й творчості.

За принципом «рівний рівному» ці ветерани є провідниками на шляху реінтеграції в цивільне життя після війни і звичайно, що такі державні проєкти передбачають влаштування інфраструктури для лікування та реабілітації тих, хто постраждав внаслідок воєнних дій в Україні, тому досвід Канади може стати для нас гідним прикладом.

Аналіз публікацій. Масивні будівельні рішення завжди асоціювалися з кращими тепловими характеристиками та краще відповідали різним критеріям продуктивності та будівельних норм. Проте системи полегшеної конструкції мають потенціал для досягнення очевидних переваг у порівнянні з традиційною важкою конструкцією [1].

Питанням сучасного стану та перспектив застосування багатоповерхових будинків, які швидко зводяться, в умовах України займалися такі вчені та фахівці як В. О. Плоский, Г. В. Гетун, М. В. Тимофєєв, В. І. Запривода [2], П. Є. Григоровський, А. П. Григоровський, О. В. Мурсьова, А. Н. Броневицький [3].

Серед іноземних науковців слід виділити Б. Дьорінг, М. Кюхнхен, О. Вассарт, С. Харпер, П. Бегуїн, С. Хербін, А. Сеппюнен, М. Лавсон, Є. Яндзьо, Ф. Шеублін, В. Бейкенс [4] та ін.

В роботах вітчизняних та зарубіжних авторів достатньо уваги приділяється питанням зведення швидкоспоруджуваних будинків в розрізі технології виконання робіт та чинників, які впливають на ефективність виконання цих робіт.

Мета статті – обґрунтування параметрів зведення легких швидкокомонтованих конструкцій як елементів промислових та громадських споруд тимчасового призначення. В роботі на базі досвіду, отриманого в області зведення споруд з легких швидкокомонтованих конструкцій вказані основні принципи їх виготовлення, а також особливості конструкції, які дозволяють забезпечити несучу здатність таких споруд.

Виклад матеріалу. Дослідження були виконані згідно з діючими нормативними документами, які регламентують процес виготовлення легких швидкокомонтованих конструкцій і технічні характеристики

готових споруд. Проведено аналіз світового досвіду використання споруд, які зведені із легких швидкокомонтованих конструкцій.

Використання легких швидкокомонтованих конструкцій є достатньою умовою для отримання тимчасових споруд промислового або громадського призначення, які є стійкими до дії навколишнього середовища та навантажень різного характеру дії (стиск, розтяг, дія вітру та опадів).

Будівлі «Sprung», які можуть витримувати ураганні вітри та великі снігові навантаження, вони були встановлені в «двох полярно протилежних найгірших кліматичних умовах у світі». Польові лікарні мають клас енергоспоживання до R-30 і можуть працювати протягом кількох місяців, року чи довше.

Існує досвід будівництва двох польових госпіталів у Канаді. Обидва польові госпіталі мають площу понад 8000 квадратних футів у будівлі розміром 50 на 165 футів. Після розбирання приблизно 90 відсотків їхніх конструкцій придатні для повторного використання. З таких конструкцій зводять арени, басейни і пішохідні тунелі. Також за цією технологією було завершено будівництво трьох центрів відпочинку для бездомних у Торонто. На рисунку 1 зображено польовий госпіталь для боротьби з кризою COVID-19.

Переваги легких конструкцій:

1. Миттєва доставка інвентарю – завершити проєкти можна за набагато коротший термін, ніж звичайне будівництво, це рішення швидкого реагування.

2. Обмежені вимоги до фундаменту – з обмеженими вимогами до фундаменту розташування можна будувати у місцях, де неможливо побудувати звичайні споруди, включно з існуючим асфальтом, порожніми ділянками, навіть відкритими просторами, надаючи більше можливостей для густонаселених районів.

3. Швидкий графік будівництва дозволяє суттєво скоротити витрати та терміни будівництва в порівнянні зі звичайною конструкцією.

4. Чудова ефективна система ізоляції дозволяє заощадити витрати на експлуатацію та електроенергію – герметична

огорожувальна оболонка будівлі та повністю піднята система ізоляції зі скловолокна.



Рис. 1. Польовий госпіталь для боротьби з кризою COVID-19

Ресорні конструкції:

1. Пружинні конструкції можна демонтувати, змінювати конфігурацію, повторно зводити або переміщувати для будь-якої кількості застосувань, що забезпечує цінність таких споруд і пом'якшує фінансові ризики.

2. Крім укриття в будь-яку погоду, пружинні конструкції створюють світлу та просторну висоту, продуктивність та енергоефективне середовище.

Термін: доставка та будівництво – 17 днів для пружинної конструкції. Загальний термін виконання екстер'єру та інтер'єру – 22 дні.

Характеристики легких конструкцій:

1. Ширина конструкцій від 9 до 61 метрів без жодних внутрішніх опорних колон при необмеженій довжині.

2. Можливість складання, розбирання, переміщення на інші площі, легка зміна конфігурації.

3. Основний несучий елемент – двотаврова алюмінієва балка (рис. 2).

4. Модульна конфігурація з дизайну дозволяє додавати секції для збільшення обсягу займаної площі по довжині.

5. У разі прийнятних ґрунтових умов, відпадає необхідність у наявності фундаменту при монтажі конструкцій із шириною до 40 метрів.

6. Товщина 20...22 см утеплювального пакету з скловолокна забезпечує коефіцієнт теплового опору як у капітальній будови (рис. 3).



Рис. 2. Двотаврова алюмінієва балка

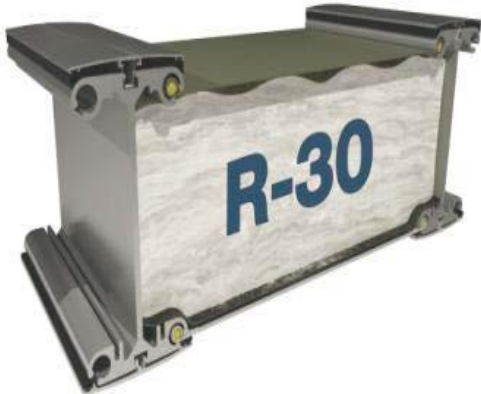


Рис. 3. Утеплювальний пакет

7. Легкі конструкції підходять під найсуворіші кліматичні умови.



Рис. 4. Архітектурна мембрана на основі ПВХ

Кольорова гама зовнішньої архітектурної мембрани будівлі (рис. 4) може бути обрана під поєднання фірмових кольорів, а також з будь-якого кольору. Внутрішня архітектурна мембрана будівлі з легких конструкцій пропонується в білому виконанні, оскільки це найбільш прийнятне рішення з точки зору світлового рішення.

Основний елемент каркаса – стрілчаста двошарнірна арка, що забезпечує жорсткість будівлі у поперечному напрямку. Її конструкція є однопрогоною без внутрішніх (поперечних) розпірок. Гілки арки виготовлені з прокатного двотавра складного перерізу.

Матеріал всіх конструктивних елементів – алюмінієвий сплав марки 6351 (аналог – АТ 35). Крок несучих арок у поздовжньому напрямку – 3,05 м. З площини арки розкріплені розпорки та підварки, які розташовані по півколу по торцях споруди.

По внутрішнім і зовнішнім граням гілок арки спеціально передбачені пази алюмінієвого профілю, які встановлюються і напружуються в архітектурні мембрани. Архітектурна мембрана є тришаровою полімерною плівкою. Простір між зовнішньою та внутрішньою архітектурними мембранами заповнюється теплоізоляційним пакетом, що складається зі скловолокна.

У піку будівлі розташовується «друге світло – природний ліхтар» у вигляді напівпрозорої мембрани, яка дозволяє пропускати додаткове сонячне світло вдень і є енергоефективною опцією будівлі, яка зменшує витрати на використання електроенергії.

Висновок

Збірно-розбірні конструкції (споруди) з натяжною покрівлею «Sprung» мають багато функціональне призначення. Завдяки використанню утеплювача з ефективними характеристиками, що розташовується по всій поверхні мембрани (натяжної покрівлі), конструкція являє собою альтернативу капітальній будові і є екологічно чистою та енергозберігаючою технологією.

Конструкція «Sprung» – це альтернатива капітальним будівлям з енергоефективності, надійності експлуатації та оригінальності дизайну. При цьому за будівельними нормативами вони є тимчасовою спорудою.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Roque E., Oliveira R., Almeida R. M., Vicente R. D. & Figueiredo A. Lightweight and prefabricated construction as a path to energy efficient buildings: thermal design and execution challenges. *International Journal of Environment and Sustainable Development*. 2020. DOI: 10.1504/IJESD.2020.105465
2. Плоский В. О., Гетун Г. В., Тимофеев М. В., Запривода В. І. Енергоефективний панельний житловий будинок. Архітектура будівель та споруд : навч. посіб. під заг. ред. Г. В. Гетун. Київ : Вид-во Ліра, 2017. 190 с.
3. Григоровський П. Є. та інші. Аналіз світового досвіду та сучасних технічних рішень будівництва швидко споруджуваних житлових будинків. *Нові технології в будівництві*. 2022. Т. 41. С. 10–20. URL: <https://doi.org/10.32782/2664-0406.2022.41.2>
4. Döring B., Kuhnhenne M., Vassart O., Harper C., Beguin P., Herbin S., Seppänen A., Lawson M., Yandzio E., Scheublin F., Bakens W. Integrated pre-fabricated steel technologies for the multi-storey sector. Luxembourg : Office for Official Publications of the European Communities, 2009. 149 p. URL: <https://eur-lex.europa.eu/>

REFERENCES

1. Roque E., Oliveira R., Almeida R.M., Vicente R.D. and Figueiredo A. Lightweight and prefabricated construction as a path to energy efficient buildings: thermal design and execution challenges. *International Journal of Environment and Sustainable Development*. 2020. DOI: 10.1504/IJESD.2020.105465
2. Ploskyi V.O., Getun G.V., Tymofeiev M.V. and Zapruvoda V.I. *Enerhoefektyvnyy panel'nyy zhytlovyy budynok. Arkhitektura budivel' ta sporud : navch. posib. pid zah. red. H.V. Hetun* [Energy effective paneled residential house. Houses and construction architecture : tutorial, ed. Getun G.V.]. Kyiv : Lira-K Publ., 2017, 190 p. (in Ukrainian).
3. Grigorovsky P.E. et al. *Analiz svitovoho dosvidu ta suchasnykh tekhnichnykh rishen' budivnytstva shvydko sporudzhuvanykh zhytlovykh budynkiv* [Analysis of world experience and modern technical solutions for the construction of quickly constructed residential buildings]. *Novi tekhnolohiyi v budivnytstvi* [New Technologies in Construction]. 2022, vol. 41, pp. 10–20. (in Ukrainian).
4. Döring B., Kuhnhenne M., Vassart O., Harper C., Beguin P., Herbin S., Seppänen A., Lawson M., Yandzio E., Scheublin F. and Bakens W. Integrated pre-fabricated steel technologies for the multi-storey sector. Luxembourg : Office for Official Publications of the European Communities, 2009, 149 p. URL: <https://eur-lex.europa.eu/>

Надійшла до редакції: 12.09.2025.