

УДК 624.154

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.290823.63.971

## ОСОБЛИВОСТІ УКРІПЛЕННЯ БУДІВЕЛЬ НОВІТНІМИ АРМУВАЛЬНИМИ МАТЕРІАЛАМИ

ГОРОХОВА А. Р.<sup>1\*</sup>, *асп.*,

РОТТ Н. О.<sup>2</sup>, *канд. техн. наук, доц.*,

ВЕРНЕР І. В.<sup>3</sup>, *ст. викл.*,

ДМИТРИЄВ А. В.<sup>4</sup>, *студ.*

<sup>1\*</sup>Кафедра конструювання технічної естетики і дизайну, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», пр. Д. Яворницького, 19, 49057, Дніпро, Україна, тел. +38 (099) 008-78-65, e-mail: [Horokhova.A.R@nmu.one](mailto:Horokhova.A.R@nmu.one), ORCID ID: 0000-0003-3885-6181

<sup>2</sup>Кафедра конструювання технічної естетики і дизайну, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», пр. Д. Яворницького, 19, 49057, Дніпро, Україна, тел. +38 (098) 890-24-67, e-mail: [rott.n.o@nmu.one](mailto:rott.n.o@nmu.one), ORCID ID: 0000-0002-3839-6405

<sup>3</sup> Кафедра конструювання технічної естетики і дизайну, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», пр. Д. Яворницького, 19, 49057, Дніпро, Україна, тел. +38 (097) 509-66-29, e-mail: [verner.i.v@nmu.one](mailto:verner.i.v@nmu.one), ORCID ID: 0000-0003-2427-3284

<sup>4</sup> Кафедра конструювання технічної естетики і дизайну, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», пр. Д. Яворницького, 19, 49057, Дніпро, Україна, тел. +38 (068) 554-52-98, e-mail: [dmytriev.ar.v@nmu.one](mailto:dmytriev.ar.v@nmu.one), ORCID ID: 0009-0003-6466-2206

**Анотація.** *Постановка проблеми.* Хороший фундамент забезпечує надійність і довговічність будівлі. У разі відсутності фундаментальної підстави будівля може зміщуватися, розтріскуватися і навіть нахилитися, що в результаті викликає нерівномірні навантаження на конструкцію і руйнування, тому від якісного армування залежить якість майбутньої споруди. Використання композитної арматури для укріплення будівель під час відновлення після руйнування доцільне за рахунок більшої міцності на розтяг, а також дозволяє полегшити будівництво за рахунок меншої ваги арматури порівняно зі сталевією. Хороші характеристики корозійної стійкості композитної арматури порівняно зі сталевією продовжують строк експлуатації армованих бетонних виробів (фундаментів, плит тощо). Вид, спосіб з'єднання та матеріал арматури підбираються під кожну споруду окремо, а вибір залежить від типу ґрунту, ухилу, розміру будинку, кількості поверхів. Укріплення допомагає зменшити вірогідність руйнування, а також деякі види армування допомагають усунути нерівності і тріщини на стінах під час проведення оздоблювальних робіт. Завдяки правильно підбраному матеріалу для армування можна прискорити будівництво. **Мета статті** – проаналізувати матеріали для армування будівель з урахуванням показників корозійної стійкості і міцності на розтяг. **Висновок.** Під час дослідження проведено аналіз армувальних матеріалів для укріплення фундаменту та стін будівель. Армування допомагає вибудувати правильну архітектуру споруди та укріпити важливі частини для запобігання руйнуванню. Виявлено, що арматура з композитних матеріалів має кращі характеристики ніж аналогічна сталевіє. Основні переваги: стійкість до корозії та кращі механічні характеристики. Розрахункове напруження композитної арматури за навантаження 10 кН складає 509,6 МПа, що менше допустимого – 800 МПа, а, за умови підвищення температури під час проведення експериментів на розтяг, механічні властивості композитної арматури змінюються.

**Ключові слова:** *будівництво; фундамент; арматура; композитна арматура; склоарматура; пластикова арматура; укріплення; бетон*

## FEATURES OF STRENGTHENING BUILDINGS WITH THE LATEST REINFORCING MATERIALS

HOROKHOVA A.R.<sup>1\*</sup>, *Postgrad. Stud.*,

ROTT N.O.<sup>2</sup>, *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*,

VERNER I.V.<sup>3</sup>, *Sen. Lect.*,

DMYTRIEV A.V.<sup>4</sup>, *Stud.*

<sup>1\*</sup> Engineering and Generative Design Department, Dnipro University of Technology, 19, D. Yavornytskoho Ave., Dnipro, 49057, Ukraine, tel. +38 (099) 008-78-65, e-mail: [Horokhova.A.R@nmu.one](mailto:Horokhova.A.R@nmu.one), ORCID ID: 0000-0003-3885-6181

<sup>2</sup> Engineering and Generative Desingn Department, Dnipro University of Technology, 19, D. Yavornytskoho Ave., Dnipro, 49057, Ukraine, tel. +38 (098) 890-24-67, e-mail: [rott.n.o@nmu.one](mailto:rott.n.o@nmu.one), ORCID ID: 0000-0002-3839-6405

<sup>3</sup> Engineering and Generative Desingn Department, Dnipro University of Technology, 19, D. Yavornytskoho Ave., Dnipro, 49057, Ukraine, tel. +38 (097) 509-66-29, e-mail: [verner.i.v@nmu.one](mailto:verner.i.v@nmu.one), ORCID ID: 0000-0003-2427-3284

<sup>4</sup> Engineering and Generative Desingn Department, Dnipro University of Technology, 19, D. Yavornytskoho Ave., Dnipro, 49057, Ukraine, tel.+38 (068) 554-52-98, e-mail: [dmytriiev.ar.v@nmu.one](mailto:dmytriiev.ar.v@nmu.one), ORCID ID: 0009-0003-6466-2206

**Abstract.** A good foundation ensures the reliability and durability of the building. In the absence of a fundamental base, the building can move, crack, and even bend, which as a result leads to uneven loads on the structure and destruction, therefore, the quality of the future structure depends on the quality of reinforcement. The use of composite reinforcement to strengthen buildings during restoration after destruction is advisable due to greater tensile strength, and also makes it easier to build due to less weight of reinforcement compared to steel. Good corrosion resistance characteristics of composite reinforcement in comparison with steel extend the life of reinforced concrete products (foundations, slabs, etc.). The type, method of connection and material of reinforcement is selected for each structure separately, and the choice depends on the type of soil, slope, size of the house, number of floors. Strengthening helps to reduce the likelihood of destruction, as well as some types of reinforcement help to eliminate irregularities and cracks on the walls during finishing work. Thanks to the correctly selected material for reinforcement, it is possible to accelerate construction. **Purpose.** Analyze materials for building reinforcement taking into account corrosion resistance and tensile strength. **Conclusion.** During the study, an analysis of reinforcing materials was carried out to strengthen the foundation and walls of buildings. Reinforcement helps to build the correct architecture of the structure and strengthen important parts to prevent destruction. It was found that reinforcement of composite materials has better characteristics than similar steel. Basic advantages: corrosion resistance and better mechanical characteristics. The design stress of the composite reinforcement under 10 kN load is 509.6 MPa which is less than the permissible – 800 MPa, and at elevated temperatures of tensile experiments the mechanical properties of the composite reinforcement change.

**Keywords:** *construction; foundation; fittings; composite reinforcement; glass reinforcement; plastic reinforcement; strengthening; concrete*

**Постановка проблеми.** Розглянуто різні варіанти укріплення будівель армувальними матеріалами. Актуальність даного питання зумовлена агресією рф і великою кількістю зруйнованих будинків і будівель на території України. Зменшення маси армованої бетонної конструкції має практичне значення у зведенні багатопверхових будинків. Також актуальним залишається питання корозійної стійкості арматури з підвищеними показниками міцності на розтяг.

В умовах війни в Україні відновлення та відбудова будинків буде найбільш актуальною справою у наступні 5–10 років. Пошук нових варіантів укріплення будинків актуальний вже зараз. Будівництво будь-якої споруди передбачає суворе дотримання правил та норм. Більшість цих правил стосується стійкості не тільки всього будинку та його окремих частин.

Наразі існує багато технологій, які можуть підвищити міцність окремих елементів конструкції. Один із способів посилення будівельних конструкцій полягає в удосконаленні фундаменту, на якому базуються стіни. Фундамент виступає як

основа будівлі, його функція обмежена у прийнятті та передачі навантаження від будівлі до фундаменту, на якому вона споруджується. Один із найпопулярніших типів фундаментів – бетонний, але він має обмежену пластичність і за впливу навантаження може почати тріскатися.

Хороший фундамент забезпечує надійність і довговічність будівлі. Без належної фундаментальної бази споруда може зсунутись, почати тріскатися та навіть нахилитися, що в остаточному підсумку викличе нерівномірні навантаження на конструкцію та пошкодження. Тому якість майбутньої споруди суттєво залежить від якісного армування.

**Мета статті** – проаналізувати матеріали для армування будівель з урахуванням показників корозійної стійкості і міцності на розтяг.

Кожен вид укріплення будинків та матеріали для армування допомагають поліпшити будівництво.

*Стрічковий фундамент.* Нескладний спосіб, широко використовуваний у будівництві одноповерхових житлових будинків із каменю, цегли, блоків,

керамзиту або шлакобетону. Стрічковий фундамент являє собою конструкцію з бетону, посилену арматурою, що йде по периметру будинку і під кожною несною стіною (рис. 1).



Рис. 1. Зовнішній вигляд стрічкового фундаменту

Завдяки стрічковому фундаменту будинок можна обладнати цокольним поверхом, підвалом, підземним гаражем або льохом, не знижуючи несучої здатності стін і міцності будинку [1].

**Плитковий фундамент.** На відміну від стрічкового, під фундаментом лежить суцільна плита. Такого рішення вимагають просадкові нестабільні ґрунти й сипучість ґрунту. Плити також вимагають обов'язкового армування, щоб бетон міг забезпечувати достатню міцність. Вони можуть бути монолітними або збірними. Плитковий фундамент максимально розподіляє вагу будівлі по всій площі. Для укріплення плиткового фундаменту застосовують арматуру великого діаметра як для вертикальних, так і горизонтальних стрижнів. Це зумовлено тим, що плитковий фундамент володіє значною площею і може розподіляти напруження в будь-яких напрямках, а також може піддаватися крученню.

**Стовпчастий фундамент.** Стовпчастий фундамент заглиблюється у ґрунт і стає стаціонарною підставою для великих каркасних або багатоповерхових будинків. Вважається найдешевшим, тому що знижує витрату на матеріали. Підставою будинку під стовпцями служить нижня об'язка. Неармовані бетонні палі забезпечують

порівняно малу несучу здатність, тому придатні тільки для легких конструкцій. Комбіновані стовпці з бетону і металу та армований бетон годяться для важких будівель на нестабільних ґрунтах. Важливий детальний аналіз ґрунтів перед вибором типу фундаменту.

Армування призначене для запобігання руйнування фундаменту за впливу різних сил. Принцип його полягає в розташуванні арматури усередині бетонного фундаменту. Матеріал, з якого виконується арматура, більш стійкий до розтягу, ніж бетон. Найчастіше для цього використовується метал. Армування стрічкового фундаменту проводиться за допомогою сіток. Вони можуть бути в'язані або зварні. Також промисловість випускає готові сітки, які укладаються в два шари.

Обов'язково армують фундамент поблизу поверхні, оскільки це та область, де виникає найбільший розтяг. Прути для армування можуть розташовуватися вздовж та поперечно, для матеріалів, з яких вони виготовляються, важлива стійкість до згинання і хороше зчеплення з цементом або бетоном.

Під легкі споруди використовують тонку арматуру від 10 мм, тоді як для великого одноповерхового або двоповерхового кам'яного будинку краще вибирати арматуру 18 мм. Багатоповерхові або важкі каркасні будинки потребують більш надійного армування: діаметр прута може досягати 40 мм. Для армування паль вибирають арматуру не менше 12–16 мм у діаметрі. Зчеплення з бетоном або цементом забезпечується за допомогою рифлення по всій поверхні прута. Рифлена арматура краща для жорстких конструкцій, в той час як гладка підходить для поперечних навантажень стрічкового або плитного фундаменту [2].

**Армування стін.** Один із методів підвищення міцності стіни – це армування, що суттєво продовжує термін експлуатації конструкції, зміцнюючи її. Крім підсилення, армування може виконувати й інші функції. Воно застосовується для вирівнювання

нерівностей та тріщин на стінах під час проведення декоративних робіт (рис. 2).



Рис. 2. Армування стін сіткою

Арматура приймає на себе деформаційні навантаження. Визначення доцільності та методів підсилення стін слід проводити індивідуально для кожного конкретного об'єкта. Посилення кладки стін може включати використання різних типів арматури. Конфігурація арматури залежить від напрямку передбачуваних навантажень. Наприклад, для поздовжніх навантажень використовується поперечна арматура, відома як горизонтальне армування.

Цей підхід застосовується в ситуаціях, коли передбачається значне осідання фундаменту (наприклад, у разі використання важких матеріалів або на нестійкому ґрунті). Якщо очікуються значні поперечні навантаження, використовується вертикальна арматура, яка захищає стіни від руйнування через високу рухливість ґрунту.

Існує кілька варіантів армування стін із використанням сталевих елементів:

1. Сталеві стрижні поміщаються в несний шар кладки і їх закріплюють дротом або зварюванням навхрест.

2. Використання готових сталевих конструкцій (зварних або збірних) як арматуру – така конструкція має вищу надійність.

3. Застосування спеціальних сталевих сіток як арматурного матеріалу. Армування кладки стін також залежить від матеріалу для зведення стін.

Армування стін з газобетону або керамзитобетону виконується за допомогою сітки або окремими стрижнями,

які укладаються в підготовлені канали (рис. 3).



Рис. 3. Армування стін із газобетону

Газобетон як будівельний матеріал має невисокий коефіцієнт опору розтягу, тому зниження температури або вологості викликають то набухання, то усадку матеріалу. Через це з'являються тріщини у стіні. Армування стін із газобетону дозволяє уникнути таких наслідків. Навантаження, яке виникає в області прорізів, спричинює стягувальні деформації по кутах одночасно розтягувальні в області прорізів.

Крім традиційних сталевих сіток для армування використовуються композитні сітки. Вартість таких видів арматури може бути високою, але вони вирішують дві основні проблеми, властиві сталевій сітці: корозію металу від дії розчину та виникнення так званих «містків холоду» через збільшену теплопровідність сітки, що може погіршити ефективність теплоізоляції будівлі. Через ці обмеження армування стін сталевую сіткою переважно використовується для внутрішніх перегородок із великими блоками.

Армування стін з газосилікатних блоків. Часто для будівництва використовують газосилікатні блоки. Матеріал обирають завдяки його низькій теплопровідності, невеликій вазі, легкості обробки та зручності монтажу. Як і в разі зі стінами з інших матеріалів, для стін із газосилікатних блоків необхідно армувати певні області: шви після першого ряду, кожен четвертий ряд, стіни великої протяжності, стіни, які піддаються значному постійному натягу, зони над вікнами та під балконами.



*Армування стін з керамзитобетонних блоків.* Керамзитобетонні блоки мають високу вологостійкість та теплоізоляційні властивості. Для підвищення міцності конструкції та запобігання тріщинам часто використовують армування стін із керамзитобетонних блоків. Зазвичай це виконується за допомогою сіток, які укладають у першому та середніх рядах.

У випадку армування стіни з піноблоків, зазвичай використовується тонка арматура та зварна сітка (рис. 4).



Рис. 4. Армування стін із піноблоків

Піноблоки – високоміцний матеріал, який має відмінні теплоізоляційні властивості. Армування цього матеріалу проводиться для зменшення ризику утворення тріщин та підвищення стійкості стіни. Для армування стін із піноблоків можна використовувати металеву, пластикову сітку, а також арматурні прутки.

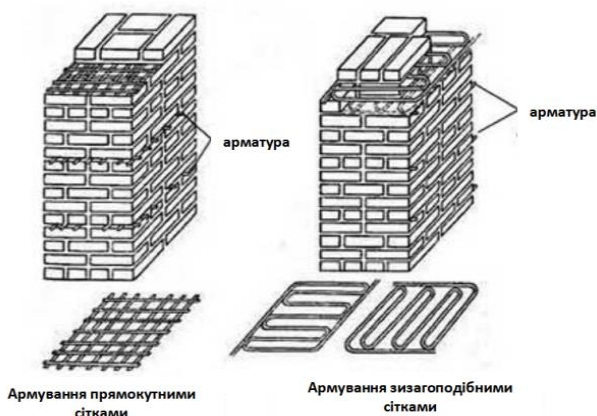


Рис. 5. Армування стін із цегли

*Армування цегляної кладки стін* передбачає використання сталевих сіток або окремих стрижнів, які запобігають

деформації, руйнуванню матеріалу. Стрижні складаються в сітку, крок комірок від 3 до 12 мм, які зварюються або зв'язуються дротом (рис. 5).

Зміцнення арматурою – надійний спосіб, як можна посилити цегляну стіну, що має велику довжину і піддається постійним навантаженням. В області перекриття, безпосередньо під системою кроків для зміцнення конструкції треба створити армований обв'язний пояс. Якщо плануються елементи з майбутнім підвищеним навантаженням, їх також потрібно відразу посилити.

*Армування кутів стіни.* Основна мета при армуванні кутів – правильно з'єднати сусідні елементи арматури на сусідніх стінах або в кутових блоках. Для цього можна використовувати спеціальні готові пластини стандартного розміру, наприклад, пластини розміром  $0,5 \times 0,5$  м з товщиною 1,5 мм, які згинаються під прямим кутом. У разі одночасного горизонтального і вертикального армування кути можуть бути зміцнені П-подібними хомутами, які надійно з'єднують кінці горизонтальної арматури і запобігають появі вертикальних тріщин. Такий метод армування кутів стін часто використовують, наприклад, у зведенні монолітних стін [3].

Таким чином, для зміцнення конструкції будівлі, продовження терміну її служби та запобігання утворенню тріщин необхідно виконати армування стін, незалежно від матеріалу, з якого вони зведені.

Армування відіграє важливу роль у будівництві, і для цього використовуються сталеві прутки, сітки і пластини. Проте в Україні на сьогоднішній день використання сталевих арматур стало проблематичним. Через воєнні події виробництво сталі скоротилося, тоді як руйнування будівель значно зросло. Щоденні обстріли завдають шкоди будівлям та житловим будинкам, а можливість виготовлення нових матеріалів для будівництва та підсилення обмежені.

Сталь – дуже міцний і надійний матеріал, а її властивості залежать від процесу виробництва. Вона залишається стійкою навіть під великими

навантаженнями і не деформується. Використання сталі в роботі досить просте, і вона легко набуває потрібної форми та необхідної сили.

Композитна арматура, виготовлена на основі волокон із додаванням різних композитних матеріалів та смол, заслуговує окремого бачення. Хоча пластик на перший погляд може здатися недостатньо міцним, спеціальні добавки роблять його міцнішим за сталь. Композитна арматура може бути гідною альтернативою сталі. Отже, використання склоарматури для армування споруд може бути розумним виходом із складної ситуації, що склалася наразі.

Види композитної арматури:

*Склопластикова* – складається зі смоли та скловолокна. Вважається найпоширенішою арматурою після сталеві.

*Склоармована* – виготовляється зі скловолокна та термопластичного полімеру, незначно відрізняється від склопластикової арматури.

*Базальтопластикова* – виготовляється на основі волокон базальту та смоли. Має насичений чорний колір. Така арматура стійка до агресивного хімічного середовища. Також вона міцніша за більшість інших. Її застосовують для окремих видів складного промислового будівництва, оскільки вона в разі дорожча.

*Вуглепластикова* – виготовляється із волокон вуглецю, що забезпечують матеріалу високу пружність.[4]

У таблиці наведено основні характеристики композитної та сталеві арматури.

Таблиця

Характеристики композитної та сталеві арматури

Технічні особливості	Композитна арматура (склоарматура)	Сталеві арматура
Матеріал	Скловолокно, смоли	Сталь 35ГС, 25Г2С
Довжина	Будь-яка	6–12 м
Екологічність	+	+
Довговічність	Не менше 80 років	За нормами експлуатації
Електропровідність	–	+
Теплопровідність	–	+
Густина т/м <sup>3</sup>	1,9	7
Міцність на розтягнення	$\sigma_B = 800$ МПа	$\sigma_B = 360$ МПа
Пружність	11 000–65 000	200 000
Стійкість до корозії	+	–

Композитна сітка має схожу структуру з сталеві, проте вона у 6 разів легша і має вищу міцність на розрив. Крім того, вона відрізняється екологічністю, гнучкістю та стійкістю до агресивного зовнішнього середовища. Композитна арматура – діелектрик і забезпечує захист від «містків холоду», за рахунок теплопровідності цієї сітки – нижчої, ніж у сталевих аналогів. Крім того, цей варіант славиться високою несною здатністю, тривалим терміном служби (до 100 років) та простим монтажем [5].

Порівнюючи склоарматуру та сталеві, важливо відмітити, що застосування склоарматури дозволяє створити більш високоякісну та довговічну конструкцію для фундаменту та стін. Склоарматура має численні переваги. Вона міцніша на розрив

приблизно у 3,5 раза. Оскільки бетон – це лужне середовище, потрібен матеріал, що не буде ржавіти, арматура зі скловолокна саме така. Ще однією позитивною якістю вважається те, що вона не проводить електроенергію та тепло і є екологічним будівельним матеріалом. Це знижує появу тріщин у фундаменті та стінах, адже вони з'являються через різницю коефіцієнтів теплового розширення між бетоном і металом.

Проведено експеримент із руйнуванням композитної арматури на основі пластику для порівняння з даними сталеві арматури. Для цього обрано композитну арматуру на основі пластику діаметром 5 мм і довжиною 12,5 см. Виконано чотири експерименти з різним навантаженням (від 100 до 1 000 кг),

щоб виявити, скільки витримає композитна арматура.

Під час першого експерименту прикладено навантаження 100 кг. Арматура витримала, не було ніяких змін.

Під час другого експерименту прикладено навантаження 200 кг. Арматура також витримала без змін.

У третьому експерименті прикладено 400 кг навантаження, і арматура також витримала його.

Четвертий експеримент виконано з навантаженням 1 000 кг. Спочатку арматура витримувала таке навантаження без змін. Проте на відмітці 825 кг арматура зруйнувалась у лещатах (рис. 6, а, б).



Рис. 6. Руйнування композитної арматури: а – з одного боку; б – з іншого боку

Видно, що з одного боку арматура зруйнувалась досить сильно і є навіть вирвані волокна. Руйнування відбулося рівно по лінії зачеплення в лещатах.

З іншого боку критичного руйнування не відбулося, але у місці зачеплення арматура трохи прим'ялась та розшарувалась.

Це свідчить що таке навантаження не критичне для арматури такого діаметра. Руйнування в лещатах спричинене якраз

малим діаметром арматури і для кращого експерименту слід робити спеціальні зачепи.

За даними відкритих джерел, композитна арматура діаметром 5 мм є аналогом сталевій діаметром 7 мм. Це дає змогу полегшити виріб, зробити його дешевшим, при цьому не втрачаючи властивостей і якості продукту.

Інженерний розрахунок дає такі дані:

Розрахункове напруження в арматурі дорівнює:

$$\sigma = \frac{F}{S} = \frac{10\text{кН}}{\pi \cdot 2,5^2\text{мм}} = \frac{10\text{кН}}{19,625\text{мм}^2} = 509,6 \text{ МПа.} \quad (1)$$

Допустиме напруження на розтяг у арматурі дорівнює 800 МПа, розрахункове – 509,6 МПа. Це означає, що арматура витримує навантаження на розтяг.

Експеримент проводився за кімнатної температури. За підвищених температур композитна арматура має інші характеристики руйнування.

Граничне навантаження зразків залишалось в основному незмінним за впливу температур нижче 200 °С. Однак за температур від 200 до 300 °С кінцеве навантаження на композити FRP значно збільшилося з 731,01 до 1 650,97 Н, це означає, що композити FRP зазнали процесу зміцнення. Причина цього явища полягає в тому, що матриця, скріплена волокнистою смолою, змінювалася зі збільшенням температури за впливу температур нижче 200 °С.

Механічні властивості дещо підвищуються, особливо за температури впливу від 200 до 300 °С. Примітно, що граничне навантаження значно зменшилося з 1 650,97 до 252,24 Н за впливу температури 350 °С. Це можна пояснити тим фактом, що смоляна матриця перейшла у стан гуми зі стану скла, у якому температура переходу  $T_g$  становила майже 300 °С [6].

### Висновки

У процесі виконання дослідження проведено аналіз армувальних матеріалів для укріплення фундаменту та стін будівель. Використання арматурних матеріалів сприяє

створенню коректної архітектурної конструкції будівлі та зміцненню ключових елементів із забезпеченням запобігання руйнуванню.

Виявлено, що арматура з композитних матеріалів має кращі характеристики, ніж аналогічна сталева.

Основні переваги: стійкість до корозії та кращі механічні характеристики.

Розрахункове напруження композитної арматури за навантаження 10 кН складає 509,6 МПа що менше допустимого – 800 МПа, а, за підвищення температури під час експериментів на розтяг механічні властивості композитної арматури змінюються.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Армвання фундаменту для будинку та дачі. URL: <https://vbud.in.ua/armuvannya-fundamentu/>
2. Види фундаменту для приватного будинку з арматури. URL: <https://stalservis.ua/novyny/item/vidi-fundamentu-dlya-privatnogo-budinku-z-armaturi>
3. Армвання кладки стін: мета, сутність, види, технологія. URL: <https://vbud.in.ua/armuvannya-kladki-stin-meta-sutnist-vidi-tehnologiya/>
4. Яку арматуру краще обрати композитну або сталеву? URL: <https://rebar.com.ua/uk/jaku-armaturu-krashhe-vibrati-kompozitnu-abo-stalevu/>
5. Армвання кладки з газобетону. URL: <https://trivita.ua/ua/blog/armuvannya-kladki-z-gazobetonu-a-79>
6. Chuntao Zhang, Yanyan Li, Junjie Wu. Mechanical Properties of Fiber-Reinforced Polymer (FRP) Composites at Elevated Temperatures. *Buildings*. 2023. Vol. 13 (1). P. 67. URL: <https://doi.org/10.3390/buildings13010067>
7. ДСТУ 37-60:2019. Прокат армований для залізобетонних конструкцій. Загальні технічні умови. Національний стандарт України. Наказ ДП «УкрНДНЦ» від 07 березня 2019 р. № 45 з 2019-08-01.
8. ДСТУ 9065:2021. Арматура композитна для армування бетонних конструкцій. Загальні технічні умови. Національний стандарт України. Наказ ДП «УкрНДНЦ» від 28 січня 2021 р. № 20 з 2021-05-01.

## REFERENCES

1. *Armuvannya fundamentu dlya budynku ta dachi* [Reinforcement of the foundation for the house and cottage]. URL: <https://vbud.in.ua/armuvannya-fundamentu/> (in Ukrainian)
2. *Vydy fundamentu dlya pryvatnoho budynku z armatury* [Types of foundations for a private house made of reinforcement]. URL: <https://stalservis.ua/novyny/item/vidi-fundamentu-dlya-privatnogo-budinku-z-armaturi> (in Ukrainian)
3. *Armuvannya kladky stin: meta, sutnist', vydy, tekhnolohiya* [Reinforcement of masonry walls: purpose, essence, types, technology]. URL: <https://vbud.in.ua/armuvannya-kladki-stin-meta-sutnist-vidi-tehnologiya/> (in Ukrainian)
4. *Yaku armaturu krashche obraty kompozytnu abo stalevu?* [Which armature is better to choose, composite or steel?] URL: <https://rebar.com.ua/uk/jaku-armaturu-krashhe-vibrati-kompozitnu-abo-stalevu/> (in Ukrainian)
5. *Armuvannya kladky z hazobetonu* [Reinforcement of masonry from aerated concrete]. URL: <https://trivita.ua/ua/blog/armuvannya-kladki-z-gazobetonu-a-79> (in Ukrainian)
6. Chuntao Zhang, Yanyan Li and Junjie Wu. Mechanical Properties of Fiber-Reinforced Polymer (FRP) Composites at Elevated Temperatures. *Buildings*. 2023, vol. 13 (1), p. 67. URL: <https://doi.org/10.3390/buildings13010067>.
7. *DSTU 37-60:2019. Prokat armovanyy dlya zalizobetonnykh konstruktsiy. Zahal'ni tekhnichni umovy* [DSTU 37-60:2019. Reinforced rolled steel for reinforced concrete structures. General technical conditions]. National Standard of Ukraine. Order of SE "UkrNDNC" dated March 7, 2019, no. 45, dated August 1, 2019. (in Ukrainian)
8. *DSTU 9065:2021. Armatura kompozytna dlya armuvannya betonnykh konstruktsiy. Zahal'ni tekhnichni umovy* [DSTU 9065:2021. Composite reinforcement for reinforcing concrete structures. General technical conditions]. National Standard of Ukraine. Order of SE "UkrNDNC" dated January 28, 2021, no. 20, dated 05-01-2021. (in Ukrainian)

Надійшла до редакції: 16.06.2023.