

За результатами випробувань гідравлічної завіси «Дош» встановлено ефективність очищення повітря в середньому: від пилу – 94-98%, оксиду вуглецю – 55-80%, оксидів азоту – 75-85%; спостерігається стійкий режим роботи завіси в умовах запиленості і загазованості повітря; зниження концентрації пилу і газів до нормативних значень досягається за 12-13 хв.

Висновки та напрямки подальших досліджень.

1. Провітрювання зони підземних робіт і кар'єрного простору можливо з використанням головної вентиляторної установки працюючої в режимах всмоктування і нагнітання.
2. Режими провітрювання змінюються в залежності від сезонних коливань температури, а також місця масового вибуху. Як що вибух здійснюють в кар'єрі - ГВУ працює на нагнітання повітря і навпаки, як що вибух здійснюється в шахті – ГВУ працює на всмоктування.
3. Застосування загальної схеми вентиляції "шахта-кар'єр" потребує охорони рудникової атмосфери від забруднення, утворюваного при видобувних процесах.
4. Очищення вентиляційних викидів за допомогою гідравлічних завіс дозволяє знизити вміст шкідливих домішок до нормативних величин.

Перспективи подальшого розвитку в цьому напрямку полягають у тому, що видобування залізної руди відкрито-підземним способом потребує всебічного обґрунтування технологічних параметрів комплексної розробки родовищ у тому числі і проектних рішень сумісного провітрювання кар'єрів і шахт.

Список літератури

1. Черных А. Д. Комплексная разработка рудных месторождений / А. Д. Черных. – К. : Техніка, 2005. – С. 4-23
2. Ошмянский И. Б. Рациональные способы проветривания при проектировании комплексной разработки открыто-подземного яруса. Кривой Рог. Вісник КНУ. Вип.5 (15). 2006. – С. 181 – 186.
3. А. с. 1583625 СССР, Е 21 F 1/00. Способ проветривания карьеров / А. Е. Лапшин, В. Г. Слюсаренко, И. Б. Ошмянский (СССР). № 4410992/31-03; заявл. 15.04.88; опубл. 07.08.90, Бюл. № 29.
4. Пат. на корисну модель 93859 Україна МПК Е 21 F 1/00. Спосіб провітрювання кар'єрів і шахт при комбінованій розробці родовищ / Лапшин О. Є., Лапшин О. О., Лапшина Д. О.; заявник і патентовласник Криворізький національний університет. – № у 201400735; заявл. 27.01.14; опубл. 27.10.14, Бюл. № 20
5. Фролов А. В. Основы гидрообеспыливания / А. В. Фролов, В. А. Телегин, Ю. А. Сечкарев // Безопасность жизнедеятельности. № 10, 2007. С. 95-100
6. Журавлев В. П. Моделирование и проектирование систем гидрообеспыливания / [В. П. Журавлев, В. И. Саранчук, Н. А. Страхова и др]. – К.: Наукова думка, 1990. С. 40-82.
7. Моделирование и проектирование систем гидрообеспыливания / Журавлев В. П. и др. – Киев: Наукова думка, 1990. – С. 40-82.
8. Саранчук В. И. Рекун В. И. Поздняков Г. А. Электрические поля в потоке аэрозолей. – К.: Наукова думка. 1981 – 112с.
9. Лапшин О. О. Знешкодження отруйних газів і пилу в гірничих виробках шахт / О. О. Лапшин // Проблеми охорони праці в Україні. 2002. С. 35-39.
10. Лапшин О. Э., Лапшин О. О., Лапшина Д. О. Підвищення ефективності очищення рудникового повітря в гірничих виробках шахт. – Вісник Криворізького національного університету. Збірник наук. праць. Вип. 46. 2018. С. 141-147.

Рукопис подано до редакції 03.04.2019

УДК 624.012.454

О.І. ВАЛОВОЙ, канд. техн. наук, проф., О.Ю. ЄРЬОМЕНКО,
М.О. ВАЛОВОЙ, кандидати техн. наук, доценти, Криворізький національний університет

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ФОРМИ ПОПЕРЕЧНОГО ПЕРЕРІЗУ СТИСНУТИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЇХ ПІДСИЛЕННЯ ЗОВНІШНІМ АРМУВАННЯМ КОМПОЗИТНИМИ ПОЛОТНИЩАМИ

Мета. Дослідження специфіки розподілу напружень за поперечним перерізом залізобетонних колон підсилених зовнішнім оклеюванням композитними полотнищами за умови різної форми різної поперечного перерізу.

Методи дослідження. Систематизація та аналіз існуючих відомостей про напружено-деформований стан залізобетонних стиснутих елементів підсилених зовнішнім армуванням композитними полотнищами.

Наукова новизна. Виконано дослідження існуючих в відкритому доступі результатів експериментальних випробувань стиснутих залізобетонних елементів різної форми поперечного перерізу підсилених зовнішнім армуван-

ням композитними полотнищами. Порівняно з традиційними способами підсилення обойми з композитних матеріалів дозволяють значно підвищити загальну пластичність перерізу завдяки тому, що бетон при всебічному стисканні може розвивати більш високі деформації до руйнування. Встановлено, що форма поперечного перерізу істотно впливає на показники несучої здатності даних елементів після підсилення. В круглих зразках коефіцієнт підсилення є найбільшим зменшуючись зі зменшенням кутових радіусів колони. Підсилення композитними обоймами найменш ефективне в зразках, що мають гострі кути.

Практична значимість. Встановлено, що композитні полотнища є ефективним матеріалом для підсилення бетонних та залізобетонних колон шляхом зовнішнього армування. Даний вид підсилення дозволяє відновити експлуатаційні характеристики колон, а також збільшити їх несучу здатність, в залежності від форми поперечного перерізу, до 370%, підвищити жорсткість елементу в цілому.

Результати. Встановлено, що рівень несучої здатності підсиленних композитною обоймою колон круглого перерізу збільшився у 3,7 рази, а прямокутного у 1,86 рази порівняно з непідсиленними зразками відповідної форми поперечного перерізу. Вичерпання несучої здатності в прямокутних колонах підсиленних композитною обоймою відбувається за рахунок руйнування композиту в кутах, де концентрація напружень найбільша за рівня навантаження, яке, в середньому, на 200% менше ніж для колон круглого перерізу з аналогічним підсиленням. Для підвищення ефективності, даного виду підсилення потрібно, додатково, передбачати роботи по заокругленню гострих кутів колон. Мінімальні радіуси заокруглення кутів колон складають 15-25мм.

Ключові слова: залізобетонна колона, форма перерізу, підсилення, композитні полотнища, несуча здатність

doi: 10.31721/2306-5451-2019-1-48-143-148

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Порушення умов експлуатації, не дотримання строків поточних ремонтів, низькі капітальні вкладення в технічне переозброєння та капітальні ремонти будівель та споруд призводять до того, що переважна більшість існуючих конструкцій накопичили дефекти та ушкодження, які впливають на їх несучу здатність і довговічність, а в певних випадках не дають можливості експлуатувати конструкцію в майбутньому. Серед різноманіття означених конструкцій значну частину складають залізобетонні.

Подальша експлуатація будівель, які мають у своєму складі конструкції зі значними ушкодженнями можливе лише за умови їх заміни новими конструкціями або підсиленням існуючих. Загальні витрати часу на підсилення конструкцій і реконструкцію будівель, в середньому, в двічі менше, ніж на нове будівництво. При цьому капітальні вкладення значно менші а їх окупність у 1,5-2,5 рази швидше ніж при новому будівництві [1].

Специфіка залізобетонних конструкцій пов'язана з їх монолітністю і прихованістю арматури вимагає індивідуальних підходів до їх підсилення в кожному окремому випадку. Зазвичай, підсилення проводиться в умовах діючого виробництва, що обумовлює обмеженість простору і є досить складною, трудомісткою і вартісною роботою.

Традиційне підсилення залізобетонних конструкцій виконується трьома основними способами: перший спосіб - зміна конструктивної схеми; другий спосіб - зміна напружено деформованого стану конструктивного елемента; третій спосіб (найпоширеніший) - збільшення перерізу за рахунок влаштування обойм, сорочок або односторонніх і двосторонніх нарощувань перерізів конструкцій.

В останні роки спосіб зовнішнього армування для ремонту і підсилення будівельних конструкцій, отримав подальший розвиток, завдяки новим високоефективним композиційним матеріалам на основі скляних, арамідних, базальтових чи вуглецевих волокон [2].

Зовнішнє армування передбачає приклеювання композитних матеріалів, за допомогою спеціальних епоксидних смол, до конструкції що підсилюється, і має цілу низку переваг: високу міцність при розтяганні; високий модуль пружності; стійкість практично до всіх видів агресивних середовищ - кислот, луги і розчинників; водонепроникність; забезпечує стійкість конструкцій в сейсмічно небезпечних зонах; невелику власну вагу, отже, незначне додаткове навантаження на конструкції; легкість монтажу, що не вимагає спеціального оснащення; можливість покриття фарбами, що дає можливість повністю приховати підсилення [3,4].

Залізобетонні колони є одним з розповсюджених елементів конструкцій будівель та споруд руйнування яких неминуче призведе до загального руйнування всієї будівлі. Проведені за кордоном дослідження їх підсилення зовнішнім оклеюванням композитними холстами довели ефективність даного підходу. В той же час мало дослідженим залишається питання впливу форми поперечного перерізу колон на ефективність підсилення у зазначений спосіб.

Аналіз досліджень і публікацій. Відомо [5], що композити представляють собою двокомпонентний матеріал фізико-механічні властивості якого визначаються аналогічним показниками фібри та матриці з яких він складається. Узагальнена залежність $\sigma - \epsilon$ окремих складових та самого композиту наведено на рис. 1.

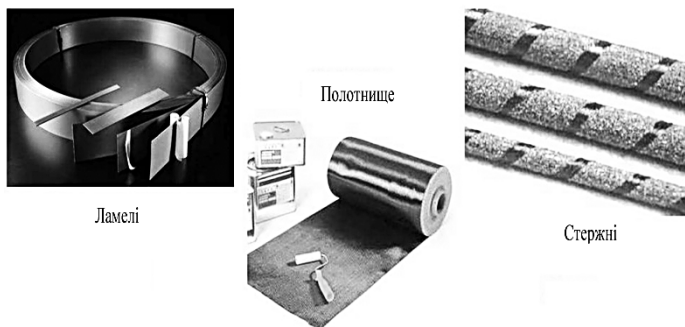
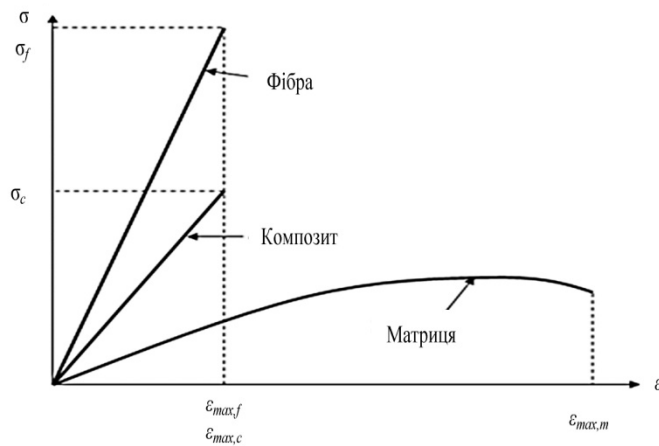


Рис. 1. Напружено-деформований стан композиту та його компонентів [5]

Композитні системи для зовнішнього армування відрізняються за сукупністю матеріалів (полотна, ламінати, сітки і типи волокон в них) технологією влаштування (системи матеріалів заводського виготовлення попередньо просочених смолою, системи мокрого способу укладання по місцю виробництва робіт, системи, що вмонтовуються в пазах і системи попереднього затвердіння) та роботою конструкцій (згинні і стиснуті) [6] (рис. 2).

Рис. 2. Композитні матеріали для підсилення конструкцій

Системи попереднього просочення (ламінати) піддаються просоченню безпосередньо на заводі і залишаються в рулонах. Смола може проходити попередню полімеризацію. Система попереднього просочення представляє собою тонкий листовий матеріал (зазвичай товщиною 0,15мм), еластичний

і помірно клейкий, зі зйомною / такою що відділяється / плівкою (силіконовим папером і т.п.), що наноситься на поверхню, для збереження системи від зовнішнього забруднення. Ламінати за допомогою адгезивів приклеюються на заздалегідь підготовлену поверхню, що підсилюється [6].

Системи мокрого способу укладання (полотна) виготовляються з волокон, які йдуть в одному або декількох напрямках, в формі полотнищ або тканин, і просочуються смолою на місці проведення робіт при установці на конструкцію [6].

Системи попереднього твердіння, вироблені методом пултрузії або пошарового формування, які мають різноманітні форми і безпосередньо приклеюються до елемента конструкції, що підлягає підсиленню [6].

Технічно і технологічно підсилення за допомогою зовнішнього обгортання композитами ефективніше традиційних способів підсилення за допомогою, наприклад, сталевих обойм. Для забезпечення сумісної роботи сталевих обойми з конструкцією, що підсилюється потрібно включити елементи обойми в роботу, що досягається шляхом створення в обоймі зусиль попереднього напруження. Обойми з композитних полотнищ включаються в роботу з конструкцією підсилення через клейовий шар безпосередньо під час монтажу. При використанні таких обойм збільшується загальна пластичність перерізу за рахунок здатності розвивати при стисканні більш високу деформацію до руйнування. Вони можуть відстрочити викривлення сталевих поздовжньої арматури, що працює на стиск, і посилити місце напускного з'єднання сталевих поздовжньої арматури. Зазвичай обойми з композитних полотнищ також використовуються для підвищення сейсмостійкості колон, опор мостів і т.п. Композитні матеріали можуть застосовуватися на зовнішніх поверхнях для відновлення втраченої несучої здатності колон в разі втрати частини перерізу арматури чи внаслідок її корозії або для підвищення несучої здатності в разі збільшення діючих навантажень [7].

Зовнішнє армування стиснутих конструкцій (колон, простінків) здійснюються шляхом влаштування обойм з полотен навколо перерізу елементів. Для утворення обойм, з напрямком

армуючи волокон перпендикулярно осі конструкції, що підсилюється, полотна встановлюються по всій висоті конструкції (рис. 3).

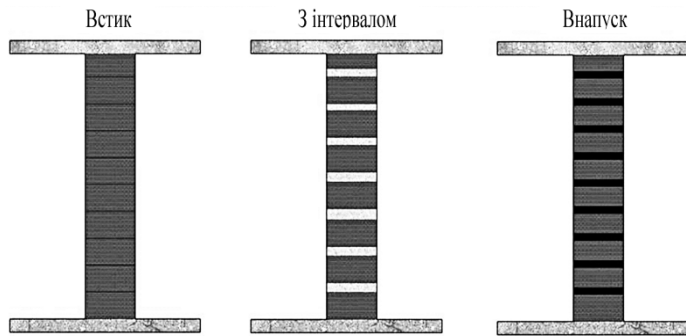


Рис. 3. Варіанти улаштування обойм колон

У разі круглих колон обойми з полотен створюються шляхом їх використання безперервно по всій довжині колони (рис. 3), у вигляді окремих обручів, що влаштовуються через певні проміжки (рис. 3), або шляхом спіральної навивки композиційного матеріалу (рис. 3) [7].

За кордоном було проведено значну кількість експериментальних ви-

пробувань з визначення напружено-деформованого стану стиснутих конструкцій підсилених зовнішнім обгортанням композитним полотнищами. Аналіз тих робіт, які є в відкритому доступі, дозволяє вказувати на те, що форма поперечного перерізу створює значний вплив на ефективність даного виду підсилення. Загалом розглядуваний вид підсилення набув широкого розповсюдження, як в нашій країні, так і за кордоном. При цьому підсилюють колони будь-якого перерізу [7, 8].

Автори робіт [8, 9] зазначають, що створення обойми з композитного матеріалу навколо перерізу колони дозволяє, за рахунок бокового обмеження, збільшити несучу здатність та деформативність конструкції (рис. 4). Обмеження поперечних деформацій стиснутого бетону призводить до того, що він починає зазнавати об'ємного напруженого стану. Теоретично, бетон в такому стані може витримувати нескінченно великі напруження, а на практиці міцність такого елемента буде обмежена міцністю композиту обойми чи клейової суміші. При використанні обойм збільшується загальна пластичність перерізу внаслідок здатності розвивати при стисканні більш високі деформації до руйнування (рис. 4).

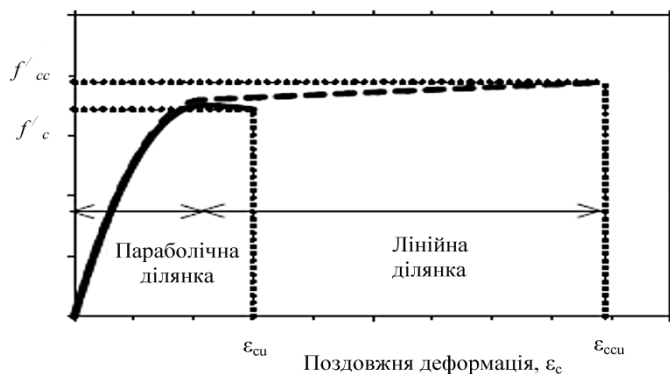


Рис. 4. Типовий напружено-деформ. стан стиснутого бетону та бетону підсил. зовнішнім армуванням композитною обоймою [9]:

- - бетон не обмежений обой-
- - - - бетон обмежений обой-

Постановка задачі. Метою дослідження є визначення впливу форми поперечного перерізу стиснутих залізобетонних елементів на їх несучу здатність за умови підсилення зовнішнім оклеюванням композитними полотнищами. Для цього виконано аналіз та узагальнення існуючих ек-

спериментальних відомостей [9...15] про роботу таких конструкцій.

Викладення матеріалу та результати. Існуючі результати досліджень [12...15] вказують на те, що найбільшого ефекту від обтиску можна досягти в колонах круглого перерізу. В такому перерізі бетон зазнає рівномірного всебічного стискання на відміну від прямокутних (квадратних) перерізів (рис. 5).

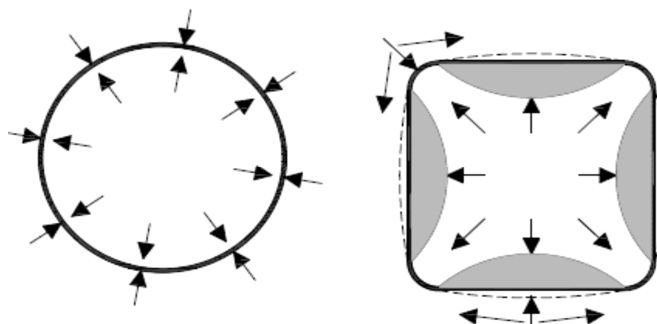


Рис. 5. Розподіл напружень в колонах прямокутного та круглого перерізів підсилених зовнішнім армув. композитною обоймою [14]:

- - обойма з композиту;
- - ділянка бетону, що не підсилюється;
- - ділянка бетону, що підсилюється

В квадратних і прямокутних колонах на кутах розвиваються значні місцеві напруження, оскільки дані виступи є концентраторами напружень. Останнє

приводить до не рівномірного розподілу напружень за бетоном перерізу (рис. 6), виникненню значних напружень в місцях різкої зміни форми перерізу і руйнування обойми з композиту при напруженнях в бетоні набагато менших ніж для колон круглої форми [12, 14, 15].

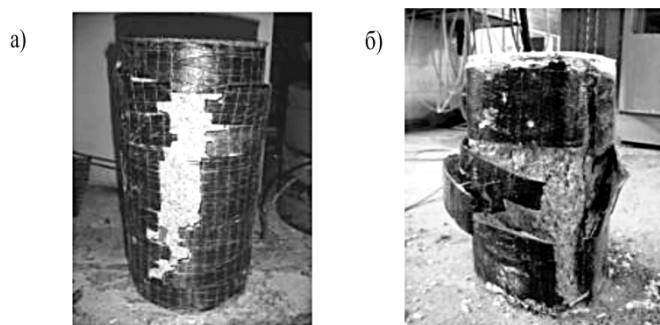


Рис. 6. Розрив обойми з композитного полотна для колон круглої (а) та прямокутної форми (б) [15]

В табл. 1 наведено експериментальні дані досліджень з визначення руйнівного навантаження для колон різного перерізу, як підсиленних зовнішнім армуванням обоймою, так і без нього [15].

Аналіз таблиці 1 вказує на те, що в круглих колонах підсиленних обоймою з композитного полотна руйнівне навантаження збільшилося, в середньому, у 3.7 рази. Порівняння тих же показників для квадратних колон показує приріст міцності у 1.86 рази. Таким чином концентрація напружень, яка виникає в кутах прямокутних перерізах зменшує ефект від підсилення на 200% порівняно з колонами круглого перерізу [15].

Таблиця 1

Показники міцності колон підсиленних зовнішнім армуванням композитами [15]

Вид перерізу	Тип зовнішнього підсилення	Геометричні розміри, мм	Середнє руйнівне зусилля за серіями, кН
Круглий	-	h =750; Ø150	491
Круглий	Склопластикове полотнище	h =750; Ø150	1838
Квадратний	-	h =750; bxd=150x150	760
Квадратний	Склопластикове полотнище	h =750; bxd=150x150	1416

Зважаючи на сказане, у разі підсилення прямокутних або квадратних колон, в залежності від типу застосовуваних полотен, їх кути повинні бути заокруглені радіусами 15-25 мм. Підсилення зовнішніми обоймами прямокутних колон менш ефективно, ніж круглих, оскільки концентрація напружень локалізується в кутах конструкції і основна товщина оболонки повинна бути більшою між кутами для обмеження бокового розширення і виключення неприпустимого вигину колони [13-15].

Висновки та напрямки подальших досліджень. Проведений огляд існуючих відомостей, щодо впливу форми перерізу стиснутих елементів на їх напружено-деформований стан дозволяє зробити наступні висновки:

1. Композитні полотна - ефективний матеріал для підсилення бетонних колон. Використання їх в якості зовнішнього армування (обойми) дозволяє збільшити як міцність, так і жорсткість.

2. Ефективність підсилення композитом залежить від форми зразка. В круглих зразках коефіцієнт ефективності є найвищим.

3. Кутовий радіус перерізу колони і властивості композитного полотна безпосередньо впливають на ефективність підсилення. Підсилення обгортанням (улаштування обойми) найменш ефективно в зразках, що мають гострі кути.

4. Руйнування прямокутних зразків, підсиленних композитною обоймою, відбувається в кутах, де концентрації напружень найбільші.

Список літератури

- Hollaway L. C., 2003. "The evolution of and the way forward for advanced polymer composites in the civil infrastructure". *Construction and Building Materials* 17, 365-378.
- Qu W., Zhang X., Huang H., 2009. "Flexural behavior of concrete beams reinforced with hybrid (GFRP and Steel) bars". *Journal of Composites for Construction* ASCE, 13(5), 350-359.
- Berg A. C., Bank L. C., Oliva M. G., Russell J. S., 2006. "Construction and cost analysis of an FRP reinforced concrete bridge deck". *Construction and Building Materials* 20, 515-526.
- Qu W., Zhang X., Huang H., 2009. "Flexural behavior of concrete beams reinforced with hybrid (GFRP and Steel) bars". *Journal of Composites for Construction* ASCE, 13(5), 350-359.
- Валовой О.І., Єрмоєнко О.Ю., Валовой М.О. Характеристики міцності та жорсткості балок армованих базальтовою арматурою // Вісник Криворізького національного університету : зб. наук. пр. / Кривий Піг: КНУ, 2017. – Випуск 44. с. 142-146.

6. **Al Chami G.**, 2006. "Creep behavior of CFRP strengthened concrete columns and beams". *PhD Thesis* Department of Civil Engineering, University of Sherbrooke, Canada.
7. ACI440.2R-08, 2008. "Guide for the design and construction of externally bonded FRP systems for strengthening concrete structures". *ACI Committee 440*, American Concrete Institute Farmington Hills, Michigan.
8. **Kaminski M., Trapko T.** 2006. Experimental behaviour of reinforced concrete column models strengthened by CFRP materials, *Journal of Civil Engineering and Management* 12(2): 109–115.
9. Thériault, M., Neale, K.W. (2000). Design equations for axially loaded reinforced concrete columns strengthened with fibre reinforced polymer wraps. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 2(7): 1011-1020.
10. **Kaminski M., Trapko T.** 2006. Experimental behaviour of reinforced concrete column models strengthened by CFRP materials, *Journal of Civil Engineering and Management* 12(2): 109–115.
11. **Bulavs F., Radinsh I., Tirans N.** 2005. Improvement of capacity in bending by the use of FRP layers on RC beams, *Journal of Civil Engineering and Management* 11(3): 169–174.
12. **Matthys S., Toutanji H., Taerwe L.** Stress-strain behavior of large-scale circular columns confined with FRP composites. *J. Struct. Eng.* 2006, 132, 123–133.
13. **Ozbakkaloglu T.** Axial compressive behavior of square and rectangular high-strength concrete-filled FRP tubes. *J. Compos. Constr.* 2013, 17, 151–161.
14. **Wang Z., Wang D., Smith S., Lu D.** CFRP-confined square RC columns. I: Experimental investigation. *J. Compos. Constr.* 2012, 16, 150–160.
15. **Baris Erdil**, 2012. "Behavior of cfrp confined concrete specimens under temperature cycles and sustained loads". *PhD Thesis* Department of Civil Engineering, The graduate school of natural and applied sciences of middle east technical university, Turkey.

Рукопис подано до редакції 10.04.2019

УДК 620.92:[658.26:351.824.11]

О.В. ЗАМИЦЬКИЙ, д-р техн. наук, проф., А.А. КАЛІНІЧЕНКО, асистент
Криворізький національний університет

ПРИНЦИПИ ЗАСТОСУВАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ НА ОБ'ЄКТАХ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ КОМУНАЛЬНОГО ГОСПОДАРСТВА ТА ВИРОБНИЦТВА

Мета. Сучасна енергетика в основному базується на невідновлювальних джерелах енергії, які мають обмежені запаси. Тому вони не можуть гарантувати стійкий розвиток світової енергетики на тривалу перспективу, а їх використання – один з головних факторів, який негативно впливає на навколишнє середовище. Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії є одним із важливих критеріїв сталого розвитку світової спільноти. Адже їх використання є екологічно безпечним для навколишнього середовища. Здійснюється пошук нових і вдосконалення існуючих технологій застосування альтернативних джерел енергії, виведення їх до економічно ефективного рівня та розширення сфер їх використання. Тому мета запропонованої наукової статті полягає у розробці системного підходу до обґрунтування доцільності застосування комбінацій нетрадиційних джерел енергії в схемах теплопостачання комунального господарства та виробництва.

Методи. У науковій роботі розглянуті такі методи: теоретичні дослідження роботи компонентів схем теплопостачання комунальних об'єктів на основі нетрадиційних джерел енергії в заданих кліматичних умовах; аналітичні методи, за допомогою яких проведено аналіз шляхів використання нетрадиційних джерел; методи математичної статистики для оброблення даних.

Наукова новизна наукової праці полягає в обґрунтуванні та вирішенні науково-технічної задачі підвищення оцінки доцільності застосування комбінацій нетрадиційних джерел енергії в схемах теплопостачання об'єктів із врахуванням кліматичних умов місцевості.

Практична значимість. Дане наукове дослідження присвячено виявленню найбільш раціональних комбінацій методів використання альтернативних джерел, що в свою чергу дозволяє поліпшити існуючі технології, виведення їх до економічно ефективного рівня та розширення сфер використання.

Результати. У даній науковій праці запропоновано новий системний підхід до оцінювання доцільності застосування різних комбінацій нетрадиційних джерел енергії в схемах енергопостачання комунального господарства та виробництва із врахуванням кліматичних умов місцевості.

Ключові слова: нетрадиційні, джерела, енергія, ефективність, комунальне господарство, відновлювальні, альтернативні, енергетика.

doi: 10.31721/2306-5451-2019-1-48-148-154

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Сучасна енергетика потребує кардинальних змін, адже традиційні джерела енергії є вичерпними і їх використання