

Р. О. ТИМЧЕНКО, д-р техн. наук, проф., Д. А. КРИШКО, канд. техн. наук, ст. викл.,  
В.О. САВЕНКО, канд. техн. наук, молод. наук. співроб., Б.Г. СІЯНКО, магістрант  
Криворізький національний університет

## ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ОГОРОДЖУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ

**Мета.** Розгляд різних матеріалів та структур огорожувальних конструкцій та найбільш раціональні варіанти їх застосування за допомогою впровадження новітніх технологій та конструктивних рішень на етапі проектування та експлуатації будівлі.

**Методи дослідження.** На основі попереднього аналізу вироблення технологій та конструктивних рішень для подальшого втілення у будівництві на етапі проектування. Розробка новітніх матеріалів та конструкцій у відповідності до вимог сучасних будівельних норм проектування відносно до енергоефективності огорожувальних конструкцій будівлі. Втілення конструктивних рішень коли в багатошарових стінах є конструктивний шар та шар утеплювача – це так звана теплотехнічно-неоднорідна захисна конструкція та технології коли шар утеплювача та конструктивний шар збігаються – це теплотехнічно-однорідна захисна конструкція.

**Наукова новизна.** Комбінація матеріалів та конструктивних рішень між собою для досягнення максимального енергозберігаючого ефекту. Розробка методів енергоефективної комплексної модернізації вже існуючих будівель. Пряме вирішення проблем екологічного забруднення атмосфери через скорочення споживання енергоносіїв на потреби опалення побутового сектору. Виявлено питання економічного обґрунтування вибору стінових огорожувальних конструкцій і утеплювача.

**Практична значимість.** Втілення та пряме стимулювання розвитку ринку конструктивних рішень, матеріалів та технологій енергозбереження в будівництві. Подальше використання на етапі проектування будівлі конструктивних рішень, впровадження теплозахисної модернізації огорожувальних конструкцій будівель що вже існують, все це дозволяє суттєво знизити споживання теплової енергії тим самим знизити витрату енергоносіїв, та підвищення комфортності житлових приміщень. Вирішення проблеми довговічності матеріалів через економію енергоресурсів, що використовуються в захисних конструкціях.

**Результат.** Розробка новітніх матеріалів, конструктивних рішень, заходів теплової модернізації вже існуючих будівель. Впровадження новітніх енергозберігаючих технологій найкращим чином впливає не тільки економічну складову а також і на екологічну. Багатошарові захисні конструкції забезпечують не тільки енергоефективність будівлі, а й економічну ефективність, що досягається за допомогою скороченням тепловтрат і скороченням витрат на проведення подальших капітальних ремонтів цих конструкцій.

**Ключові слова:** огорожувальні конструкції; енергоефективні конструктивні рішення; модернізація будівель, утеплювач, захисна конструкція.

doi: 10.31721/2306-5451-2022-1-55-118-123

**Проблема та її зв'язок з науковими і практичними завданнями.** В даний час відбувається інтенсивна зміна структури та матеріалів будівельних конструкцій з метою підвищення енергоефективності будівлі, а також покращення її зовнішнього вигляду та міцності. На даний момент накопичено певний досвід дослідження в галузі технологій будівництва огорожувальних конструкцій та їх монтажу, вивчено та розроблено методи енергозбереження у зведенні будівель промислового та цивільного застосування, виведено основні теплотехнічні та експлуатаційні властивості матеріалів даних конструкцій. Але, незважаючи на величезний внесок багатьох фахівців та дослідників даної галузі, проблема теплоефективності та довговічності використовуваних матеріалів, безсумнівно, залишається актуальною.

Огорожувальні конструкції є найважливішою частиною будівлі, від якої залежить отримання необхідного санітарно-гігієнічного режиму та комфортних умов у приміщеннях. Оскільки саме створення комфортного і сприятливого довкілля для людини є основним завданням будівництва в цілому, споруджувані конструкції повинні мати необхідну міцність, довговічність і теплостійкість, задовольняти загальні архітектурно-художні вимоги і, водночас, бути економічно вигідними у своїй реалізації [1].

**Аналіз досліджень і публікацій.** Великий внесок у вивчення матеріалів та структур огорожувальних конструкцій зробили такі дослідники: Перфілов В.А., Лепілов В.І., Федюк Р.С., Кобельков Г.В., Дубинський С.І., Несвітаєв Г.В., Галямічов А.В., Цветков Д.М., Римарів А.Г., Лушин К.І., Park С., Kim N.H., Olmati P., Sagasetta. J., Cormie D., Ameer S. A., Chaudhry H.N., Agha A та ін.

У роботах наводяться приклади будівельних норм і зводів правил, що застосовуються при

проектуванні захисних будівельних конструкцій, а також порівняльні характеристики та класифікації даних нормативних значень [2-7].

Результати розробок нових матеріалів та будівельних технологій огорожувальних конструкцій будівель та споруд наведено у роботах [8-14].

Питання теплоефективності захисних конструкцій, а також методи впровадження в них енергоресурсозберігаючих технологій розглянуті в роботах [15-24].

Однак, незважаючи на великий обсяг досліджень, присвячених даній темі, до цього часу не було розглянуто основні тенденції вдосконалення будівельних захисних конструкцій.

**Постановка задачі.** Метою дослідження є розгляд різних матеріалів та структур огорожувальних конструкцій та найбільш раціональні варіанти їх застосування.

**Викладення матеріалу і результати.** Енергоефективна будівля – це будівля, яка призначена для забезпечення значного зниження енергетичних потреб, для опалення та охолодження, включаючи хороший мікроклімат. Енергоефективність будівлі досягається за рахунок архітектури будівлі, її ретельної ізоляції, високої продуктивності контрольованої вентиляції.

Одним із найпростіших і раціональних шляхів економії енергії в будівельній сфері визнано скорочення втрат тепла через огорожувальні конструкції будівель та споруд. Одним із варіантів підвищення енергоефективності огорожувальних конструкцій є застосування ефективних утеплювачів.

Основні фактори, що впливають на ефективність:

- рівень інженерного опрацювання рішення-ідеї, розрахунки, якість проектної документації;
- відповідність доступного рівня технології виконання робіт прийнятому конструктивному рішенню, інакше кажучи, технологічні можливості реалізації проекту;
- відповідність властивостей вибраних будівельних матеріалів умовам зведення та експлуатації конструкції.

Вибір матеріалу та конструктивної схеми несучої конструкції будівлі є відповідальним інженерним завданням, оскільки від її вирішення значною мірою залежать всі інші конструктивні елементи будівлі.

Огорожувальні конструкції – конструкції, що розділяють простори всередині будівлі на окремі об'єми або захищають внутрішній об'єм будівлі від зовнішнього середовища. Основне призначення – захист (огорожу) приміщень від температурних впливів, вітру, вологи, шуму, радіації і т.п., в чому полягає їхня відмінність від несучих конструкцій, що сприймають силові навантаження; це відмінність умовно, так як часто огорожувальні та несучі функції поєднуються в одній конструкції (стіни, перегородки, плити перекриттів та покриттів та ін.).

Огорожувальні конструкції поділяють на:

- зовнішні;
- внутрішні.

Зовнішні слугують головним чином захистом від атмосферних впливів. У сучасному світі висуваються підвищені вимоги до теплоізоляційних властивостей матеріалів, що входять до складу захисних конструкцій будівель і споруд. Це необхідно для підвищення якості внутрішнього повітря, зниження витрат теплової та електричної енергії, а також поліпшення екологічної обстановки в цілому. Тому постійно проводиться робота з розробки нових технологій виробництва будівельних матеріалів та виробів із підвищеними теплофізичними характеристиками. В даний час випускається багато різних полегшених будівельних матеріалів із підвищеними теплозахисними властивостями. Однак такі вироби мають один основний недолік: значні втрати тепла через конвекцію в повітряних прошарках. Для зниження впливу на систему теплопостачання необхідна оптимізація конструкцій з точки зору енергоефективності та теплозахисту, яка здійснена тільки при використанні шаруватих захисних конструкцій із застосуванням ефективного матеріалу в якості утеплювача.

Завдання внутрішніх конструкцій – це не тільки поділ простору по зонах, але і виступати як звукоізоляція. Також стіни з цегли можуть акумулювати тепло.

На даний момент пред'являються високі вимоги до енергоефективності та теплозахисту будівель, що призвело до використання нових типів багатошарових конструкцій із застосуванням ефективних, з точки зору високих теплозахисних властивостей, але мають значно менший термін служби порівняно з конструкційними матеріалами. Крім того, за час, який матеріали знаходяться в експлуатації, фізико-механічні властивості їх значно знижуються, що призводить або

до необхідності неодноразової заміни утеплювача, або, якщо ремонт неможливий, до повної заміни захисної конструкції в процесі експлуатації протягом усього життєвого циклу цієї конструкції.

Завдяки науковим дослідженням, на зміну традиційним будівельним матеріалам прийшли ефективні теплоізоляційні матеріали (в основному, мінеральна та скляна вата, екструдований та блоковий пінополістирол), довговічність яких в умовах експлуатації у більшості кліматичних районів країни ставить під сумнів. Цей висновок ґрунтується в основному на багаторічній практиці використання теплоізоляційних матеріалів в енергетиці (теплоізоляція трубопроводів гарячої води).

Проблеми довговічності матеріалів, що використовуються в захисних конструкціях так сильно актуальні в даний час в основному через економію енергоресурсів. Справа в тому, що враховуючи економічні наслідки застосування різних матеріалів в захисних конструкціях прийнято вважати тільки експлуатаційні витрати. І в такому випадку, безумовно, чим вищий рівень теплозахисту захисних конструкцій, тим експлуатаційні витрати нижчі. Проте, слід зазначити, що нині немає методик розрахунку амортизаційних витрат за проведення вимушених ремонтів фасадів будинків із різними типами стінових конструкцій. А це чималі витрати.

Припустимо, що кожні 20-30 років потрібно проводити повноцінний ремонт несучих конструкцій (стіл), демонтаж і подальший за ним вторинний монтаж фасадних будівель, то збережені в результаті кошти, найімовірніше будуть використані для організації робіт з реконструкції огорожувальних споруд. А роботи, по суті, закладають не що інше, як витрати енергії: на виготовлення нових матеріалів, на експорт їх до об'єкта, підтримання робочого стану будівельної техніки і т.д. Якщо взяти до уваги бажаність подальшої переробки полімерної сировини, яка виступала як утеплювач, що містить токсичні для екологічної обстановки речовини, то менша витрата енергії від використання енергоефективних, але не довготривалих матеріалів може прийти в негативне значення, тобто стати збитковою. На даний момент самі виробники не в змозі назвати достовірну відповідь на питання, яким чином і в яке місце можна безпечно експлуатувати продукцію їх виробництва та як дорого це їм обійдеться.

Таким чином, термін служби будівельних матеріалів, що використовуються в багат шарових захисних конструкціях повинен забезпечувати не тільки енергоефективність будівлі, а й економічну ефективність, що досягається за допомогою скороченням тепловтрат і скороченням витрат на проведення подальших капітальних ремонтів цих конструкцій.

До традиційних методів підвищення енергоефективності відноситься утеплення зовнішніх захисних конструкцій. Щоб зменшити втрати, необхідно використовувати сучасні теплоізоляційні матеріали. Наприклад, піноскло має високі показники теплоізоляції, міцне, водостійке, не горить і не боїться перепадів температур.

Легкі пористі матеріали дають можливість зберегти тепло та зменшити енергетичні витрати.

Іншим способом зменшення теплових втрат є збільшення теплоізолюючої здатності вікна. Як відомо, через вікна будівлі можуть втрачати до 40% тепла, тому необхідно застосовувати сучасні вікна з тришаровим склінням та наносити тепловідбивне покриття.

Вибір розміру та форми будівлі або споруди також може сприяти енергозбереженню. При збільшенні ширини будівлі, загальна площа захисних конструкцій зменшується. Таким чином, знижуються втрати тепла через огорожувальні конструкції та питомі будівельні витрати.

У виборі форми потрібно віддавати перевагу будівлі з мінімальною кількістю зовнішніх кутів для того, щоб знизити тепловіддачу.

До способів підвищення енергоефективності відноситься застосування вентиляованих фасадів. Мінімізація втрат тепла відбувається за рахунок видалення надмірної вологи при природній циркуляції повітря у зазорі між зовнішньою обшивкою та вологозахисною мембраною.

Економічний аналіз поточної ситуації на ринку теплоізоляційних матеріалів та вартості робіт зі зведення огорожувальних конструкцій з їх використанням показує, що при довговічності матеріалів та конструкцій менше 50 років витрати на ремонт багат шарових захисних конструкцій (демонтаж стінової конструкції, утилізація утеплювача та подальша його заміна, зворотний монтаж кріплень та фасадних елементів) перевищують очікувану економію коштів від зниження витрат на опалення під час експлуатації.

Також варто відзначити, що виробники будівельних матеріалів не несуть відповідальності

за встановлений ними термін служби будівельних матеріалів, а будівельники, у свою чергу, несуть відповідальність протягом досить короткого періоду часу з моменту введення будівлі в експлуатацію (не більше 5 років). Це означає, що всі витрати, пов'язані з капітальним ремонтом зовнішніх захисних конструкцій лягають у повному обсязі на власників будівлі та/або державу.

При цьому слід додати, що вимоги до терміну служби захисних конструкцій потрібно суворо дотримуватися щодо житлових будівель. Що стосується будівництва великих торгових центрів, складів, автосалонів і критих автомобільних стоянок, виробничих цехів і приміщень, і подібних до них будівель і споруд, то для них термін служби в 50 років і вище зазвичай не є економічною умовою їх зведення та експлуатації, тому перераховані вище вимоги до забезпечення мінімально допустимого терміну служби матеріалів, що використовуються як утеплювач, та конструкцій, що включають такі матеріали, для перерахованих вище будівель можуть бути необов'язковими.

Таким чином, можна виділити основні проблеми:

відносно короткий термін служби матеріалів, що використовуються як утеплювач у багатошарових огорожувальних конструкціях;

економічна нерентабельність довгострокової експлуатації будівель з багатошаровими конструкціями, що захищають.

Одним із рішень проблеми малого терміну служби матеріалів, що використовуються як утеплювач у багатошарових захисних конструкціях є використання легких бетонів низької теплопровідності як шару теплоізоляції, що забезпечують як високий опір теплопередачі, так і однаковий термін служби з конструкційними матеріалами. Особливу увагу треба приділяти якості застосовуваних в конструкціях теплоізолюючих матеріалів і якості монтажних робіт при їх зведенні.

Досить складним виявляється і питання економічного обґрунтування вибору стінових огорожувальних конструкцій і утеплювача. Тому причиною є висока вартість теплоізоляційних матеріалів. Тому період окупності коштів на додаткове утеплення стінових захисних конструкцій часто перевищує прогнозований термін служби самих матеріалів.

Це показує, що на сьогоднішній день не можна повністю відмовлятися від використання у будівництві традиційних будівельних матеріалів. Принаймні, доки сучасні багатошарові системи утеплення фасадів не підтвердять на практиці свою користь у питанні забезпечення необхідного терміну служби (експлуатаційного терміну служби).

Надалі з метою поетапного зниження теплових втрат будівель та споруд необхідно поступово (наприклад, раз на шість років), у міру впровадження енергозберігаючих заходів та аналізу результатів їх спроможності в реальних умовах експлуатації, знижувати нормовані показники питомої витрати теплової енергії.

Такими способами можна вирішити дані проблеми. Згодом накопичиться певний досвід експлуатації будівель з високим рівнем теплозахисту захисних конструкцій. Стане ясно, які огорожувальні конструкції та в яких кліматичних регіонах застосовувати дійсно ефективно та економічно обґрунтовано, а від яких слід відмовитись.

**Висновки та напрямок подальших досліджень.** Незважаючи на технічний прогрес і високий рівень технологій, залишаються гострими проблеми недовговічності матеріалів, що використовуються в огорожувальних конструкціях та економічної нерентабельності останніх у довгостроковій перспективі. Для огорожувальних конструкцій, що мають у своїй структурі шар утеплювача, пропонується використовувати легкі бетони низької теплопровідності як заповнювач цього шару. Він зможе забезпечити рівною мірою хорошу теплоізоляцію та тривалий термін служби, який можна порівняти з іншими конструкційними матеріалами. Особливу увагу варто приділити якості бетону, що застосовується, і монтажним роботам, щоб продовжити термін служби конструкції і виключити необхідність швидкого ремонту.

Досить складним є економічне питання. Через короткий термін служби матеріалів, що використовуються як утеплювач, необхідний ремонт фасадів, який включає демонтаж огорожувальних конструкцій, заміну утеплювача і зворотний монтаж. Ремонт огорожувальних конструкцій відбувається, як правило, вже після закінчення терміну гарантійного обслуговування будівлі. Це означає, що всі витрати лягають на власника будівлі. Як показує практика, витрати на ремонт конструкцій практично завжди перевищують суму, що заощаджується при використанні найбільш енергоефективних матеріалів. Також варто врахувати, що ціна енергоефектив-

них матеріалів є досить високою. З цього випливає, що на даний момент не можна повністю перейти на енергоефективні матеріали, зважаючи на великі витрати на їх придбання та подальше обслуговування таких конструкцій. Також підвищенню енергоефективності будівлі може допомогти поступове зниження показників питомої витрати теплової енергії у міру впровадження енергозберігаючих заходів. Таким чином, в даний час неможливо повністю перейти до використання енергоефективних матеріалів в захисних конструкціях різних структур. Але в міру накопичення досвіду та розвитку технологій можна поступово підвищувати енергоефективність будівель.

### *Список літератури*

1. Енергетична стратегія України на період до 2030 року. Схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 1071, – К., 2013. – 166 с.
2. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Будівельна кліматологія. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 127 с.
3. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель. – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства, 2017. – 37 с.
4. ДБН В.2.6-33:2018. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування, улаштування.– К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства, 2018. – 37 с.
5. EN 13779:2007. Ventilation for non-residential buildings. Performance requirements for ventilation and room-conditioning systems. – CEN. – European Committee for Standardization. – 2008. – 76 p.
6. Посібник з муніципального енергетичного менеджменту / Є. М. Іншеков, Є. Є. Нікітін, М. В. Тарновский, А. В. Чернявський. – К.: 2014. – 247 с.
7. Барзилович Д. В., Фаренюк Г. Г. Розвиток системи нормативних документів України із забезпечення енергозбереження та енергоефективності будівель // Будівельні конструкції. – 2013. – Вип. 77. – С. 3-9.
8. Агєєва Т. П. Методичні основи оцінки енергозбереження та прогнозування енергоспоживання в сфері житлового та комунально-побутового обслуговування населення України: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук. – 2002. – 20 с.
9. Вольнський Б. Н. Конструктивные решения энергосберегающих зданий // Энергосбережение. – 2001. – № 3. – С. 67.
10. Гагарин В. Г. К обоснованию повышения теплозащиты ограждающих конструкций зданий // Журнал Стройпрофиль. – 2010. – № 1. – С. 21-23.
11. Алоян Р. М., Федосов С. В., Опарина Л. А. Энергоэффективные здания – состояние, проблемы и пути решения. – Иваново: ПресСто, 2016. – 276 с.
12. Афанасьева, А. В. Проектирование наружных стен зданий с учетом энергосбережения. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – 2002. – 148 с.
13. Дмитриев А. Н. Энергосберегающие ограждающие конструкции гражданских зданий с эффективными утеплителями. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. – 2001. – 374 с.
14. Гончарова М. А. Производство строительных материалов (Экологические аспекты). – Липецк :Издво ЛГТУ, 2017. – 80 с.
15. Малявина Е. Г. Строительная теплофизика: учебное пособие – М.: МГСУ, 2011. – 152 с.
16. Гагарин В. Г., Козлов В. В. Теоретические предпосылки расчета приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций // Строительные материалы – 2010. – № 12 – С. 4-12.
17. Протасевич А. М., Калинин Л. С. Использование эффективных теплоизоляционных материалов при капитальном ремонте и реконструкции жилых зданий // Строительные материалы. – 2000. – № 8. – С. 10-13.
18. Попова Т. А. Экструдированный пенополистирол отечественного производства // Строительные материалы. – 1999. – № 2. – С. 29.
19. Тімченко Р. О., Крішко Д. А., Плужник А. В. Термомодернизация зданий / // Містобудування та територіальне планування. – 2019. – Вип. 69. – С. 470-475.
20. Тімченко Р. А., Крішко Д. А., Буренкова А. В. Использование современных технологий энергосбережения в малоэтажной застройке городов // Містобудування та територіальне планування – 2015. – Вип. 55 – С. 443-447.
21. Тімченко Р. А., Крішко Д. А., Плужник А. В. Энергетическая независимость зданий // Містобудування та територіальне планування – 2017. – Вип. 63 – С. 373-378.
22. Тімченко Р. А., Крішко Д. А., Буренкова А. В. Принципы формирования архитектурных решений энергоэффективных жилых зданий // Сталый розвиток промисловості та суспільства: Матеріали міжнародної науково-технічної конференції (22-25 травня 2015 р.). – Кривий Ріг: КНУ, 2015. – С. 122-123.
23. Тімченко Р. О., Крішко Д. А., Плужник А. В. Використання передових технологій і матеріалів для реконструкції житлової забудови // Актуальні питання проблеми створення та експлуатації технічних систем – 2017: Матеріали Міжвузівської науково-практичної конференції молодих вчених та студентів (21 квітня 2017 р.). – Кривий Ріг: КНУ, 2017. – С. 104-107.
24. Тімченко Р. О., Крішко Д. А., Плужник А. В. Автономні будівлі у міському будівництві // Розвиток промисловості та суспільства: Матеріали міжнародної науково-технічної конференції (24-26 травня 2017 р.). – Кривий Ріг: КНУ, 2017. – С. 183