

# КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ЗОВНІШНІХ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ

Вінницький національний технічний університет

## Анотація

Наведено передумови необхідності запровадження енергозберігаючих технологій в заходах з термомодернізації існуючих будівель. Розглянуто наявні інженерно-технічні рішення і напрацювання стосовно запровадження заходів з підвищення теплотехнічних характеристик огороджувальних конструкцій існуючих будівель житлової і громадської забудови. Вивчено наявний асортимент конструкційно-теплоізоляційних і теплоізоляційних будівельних матеріалів і їхні фізико-технічні характеристики. Обґрунтовано передумови запровадження інженерно-технічних заходів з термомодернізації огороджувальних конструкцій існуючих будівель. Представлено результати аналітичних досліджень конструктивного виконання теплоізоляційного шару огороджувальної конструкції. Розглянуто варіанти влаштування термoeфективної огороджувальної конструкції для реалізації заходів з термомодернізації об'єктів нерухомості. Запропоновано варіанти конструкції теплоізолювального покриття зовнішніх стін з прогнозованими експлуатаційними параметрами і регламентованою довговічністю експлуатаційного періоду. Підтверджено вплив товщини повітряного прошарку на величину тепловтрат з опалювального приміщення.

**Ключові слова:** енергозбереження, термомодернізація, будівельні матеріали, енергоефективність, огороджувальні конструкції.

## Abstract

Prerequisites for the need to introduce energy-saving technologies in thermal modernization of existing buildings are given. The available engineering and technical solutions and developments related to the introduction of measures to improve the thermal characteristics of the enclosing structures of existing residential and public buildings were considered. The existing assortment of structural and heat-insulating and heat-insulating building materials and their physical and technical characteristics were studied. The prerequisites for the introduction of engineering and technical measures for the thermal modernization of the enclosing structures of existing buildings are substantiated. The results of analytical studies of the structural performance of the heat-insulating layer of the enclosing structure are presented. Variants of installing a thermally efficient enclosing structure for the implementation of thermal modernization measures of real estate objects were considered. Variants of the construction of heat-insulating coating of external walls with predicted operational parameters and regulated durability of the operational period are offered. The influence of the thickness of the air layer on the amount of heat loss from the heated room has been confirmed.

**Keywords:** energy saving, thermo-modernization, building materials, energy efficiency, enclosing structures

Ключовими питаннями з розробки заходів по зниженню експлуатаційних витрат для об'єктів капітального будівництва є енергоефективність і енергозбереження. В сучасних умовах військової агресії росії до України комплексне вирішення цих проблем є важливим стратегічними питанням розвитку усіх галузей економіки. Для України проблема раціонального використання енергоресурсів існуючими об'єктами основних фондів набуває сьогодні надзвичайно важливого значення як з точки зору успішного розвивання економіки держави так і з точки зору експлуатаційної енергоефективності житлових і громадських об'єктів.

Розробку нових ефективних технологій для запровадження заходів з термомодернізації експлуатованих об'єктів житлової і громадської сфер використання з метою скорочення обсягів експлуатаційних витрат слід розглядати в комплексній системі діяльності вищенаведених головних галузей житлово-будівельного сектора економіки. Логічним є той факт, що продукція підприємств виробничої бази будівництва складає вагомий вплив на якість кінцевої продукції і на обсяги подальших експлуатаційних витрат для новостворених об'єктів основних фондів. Низька енергетична ефективність останніх в свою чергу висуває підвищені норми та вимоги до теплоізоляційних, огороджувальних та несучих будівельних конструкцій, будівельних матеріалів та виробів.

В результаті аналітичних досліджень показників енергоспоживання для провідних галузей народного господарства України встановлено, що мають місце факти надмірного споживання енергетичних ресурсів об'єктами житлово-будівельного господарства, які витрачаються в основному на експлуатацію існуючого житлового фонду. Експлуатаційні витрати для об'єктів житлово-комунального господарства посідає друге місце за обсягами споживання паливно-енергетичних ресурсів в Україні. Встановлено, що в структурі розподілу сумарних потреб споживання за видами енергетичних ресурсів найбільші обсяги енергоресурсів припадають на теплову енергію – понад 130 млн. Гкал, більше 35 млрд. кВт\*год електричної енергії та 57 млн. т н.е. природного газу щорічно (рис.1) [1].

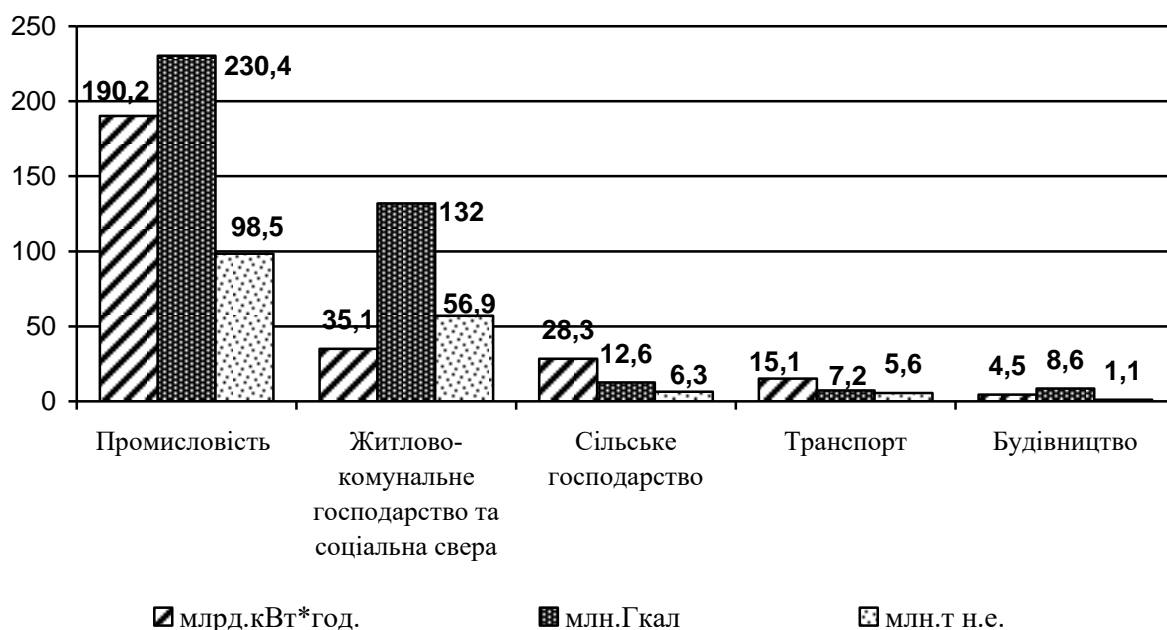


Рис.1 Узагальнені об'єми енергоспоживання провідними галузями економіки

Результати проведеного комплексного аналізу об'єктів житлової і громадської сфер засвідчують, що в сумарних обсягах енерговитрат питома вага витрат енергоресурсів на забезпечення їхніх експлуатаційних потреб сягає 60–80%. Не є новиною, що в Україні кількість об'єкти «застарілого» житлового фонду за довоєнного періоду нараховувала більше 10 млн. будинків загальною площею 1,03 млрд. м<sup>2</sup>. Так на початок 2019 року кількісний показник становив 984,833 млн. м<sup>2</sup> їх загальної площі. В загальній структурі житлових об'єктів на міські поселення приходить 63,9% загальних площ, решту відповідно становить сільські поселення [1-3].

Потреби в енергоресурсах для щорічних витрат на їхнє життєзабезпечення складають близько 70 млрд. тонн умовного палива (еквівалент енергії, що виділяється при згоранні 1 кг вугілля). Слід також відмітити, що даний показник в 2,5-3 рази перевищує рівень енергоспоживання об'єктами-аналогами розташованими в країнах Євросоюзу. Результати проведених вибіркового досліджень обсягів енерговитрат через елементи зовнішніх огорожувальних конструкцій будинків зведених за часів масової забудови в минулому столітті показали, що внаслідок невідповідності теплотехнічних характеристик будівельних матеріалів такі об'єкти щорічно втрачають більше 50% енергоресурсів [1-2].

За результатами дослідження наявного ринку нерухомості у довоєнний період було встановлено, що в структурі існуючого житлового фонду загальна кількість об'єктів, побудованих індустріальними методами в 60-і роки минулого століття за проектами перших масових серій, перевищує 25 тисяч загальною площею майже 72 млн. м<sup>2</sup>, з них 47% складають будівлі панельного типу, 50% – будівлі з цегляними стінами 3% – будинки зведені з використанням збірних крупноблочних елементів. Проблемні питання їх подальшої експлуатації з роками загострюються, як через втрати експлуатаційної надійності окремих несучих елементів будівель, так і через високі показники експлуатаційних енерговитрат [2-3].

Основним показником енергоефективності житлового будинку є витрати енергоносіїв для забезпечення нормованих параметрів мікроклімату всередині приміщень. Періодичні зміни нормованих показників енергоефективності елементів будівель, які запроваджуються на вимогу часу в будівельному законодавстві, призвели до зростання технічно-нормованих величин коефіцієнта термічного опору для зовнішніх стін до  $3.3 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ . Невідповідність вимогам сучасних теплотехнічних параметрів об'єктів «застарілої забудови», для яких термічний опір зовнішніх стін ледве досягає  $2.5 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ , потребує запровадження організаційно-технічних заходів по термомодернізації житлових об'єктів. Для таких об'єктів тепловитрати через огорожувальні конструкції будинків складають до 70% всіх загальних витрат на енергопостачання, з них основна доля втрат приходить на зовнішні стіни [3-4].

Аналізуючи структуру експлуатаційних енерговитрат, цілком очевидним є той факт, що термомодернізація зовнішніх огорожувальних конструкцій будівлі забезпечить значну економію енергетичних ресурсів і разом з тим створення нормованих параметрів мікроклімату всередині приміщень. Зовнішня теплоізоляція огорожувальних конструкцій помітно скорочує перенесення тепла з внутрішніх приміщень назовні. Температурні потоки зсередини приміщення проникають у огорожувальну конструкцію і частково гальмуються (поглинаються) в масиві. Залишкове тепло кам'яних конструкцій стіни також запобігає виникненню негативних процесів, пов'язаних з замерзанням рідин в інженерних системах внутрішнього опалення і водопроводу, які як правило розташовані впродовж зовнішніх несучих стін.

Серед регламентованих нормативами (ДБН В.2.6-33-2008 Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування, улаштування та експлуатації) вимог щодо зовнішнього утеплення стін будівель найбільш поширеними є технології «мокрого» і «вентильованого» оздоблення фасадів. Методика проектування інженерно-технічних рішень зовнішнього оздоблення передбачає обґрунтування теплотехнічних параметрів огорожувальної конструкції шляхом підбору матеріалів за теплоізолювальними властивостями і їхніх геометричних показників. При цьому враховують, що основне навантаження «енергоефективного» матеріалу, функцію опору теплопередачі приймає на себе внутрішній шар огорожувальної конструкції (стіна). Слід враховувати, що потенційна проблема, яка може виникнути при експлуатації будівлі може бути пов'язана зі значними показниками паропроникності масиву стіни, при цьому теплопровідність стіни зростає, а при заморожуванні конденсованої в порах вологи може відбуватись руйнування оздоблювального шару. На рисунку 1 наведено графічну інтерпретацію результатів визначення теплотехнічних характеристики зовнішньої огорожувальної конструкції стін з влаштуванням теплоізоляційного шару.

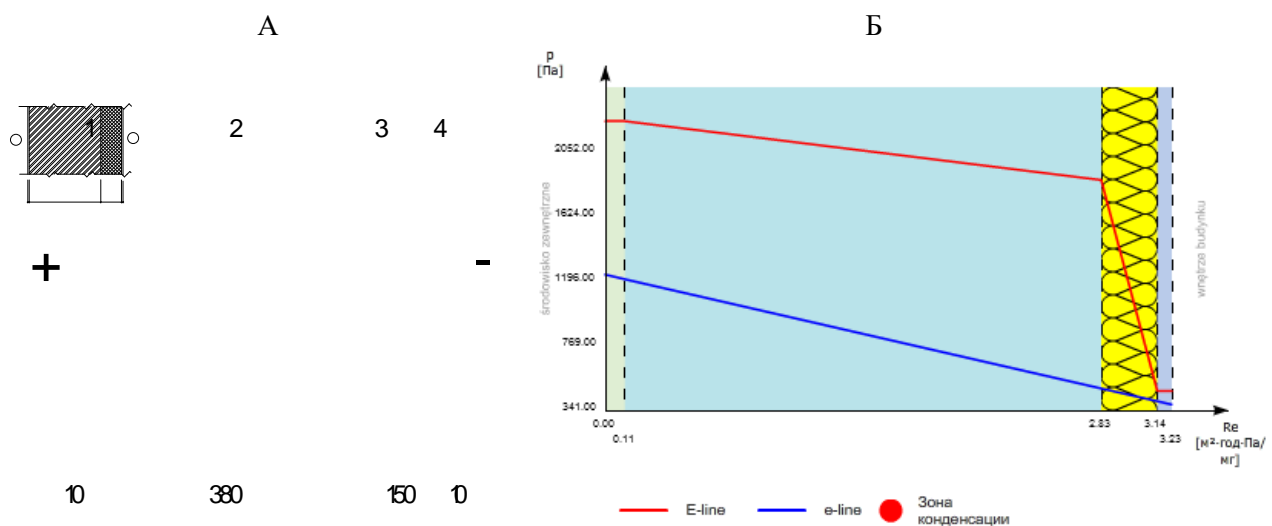


Рисунок 1. – Схематичне зображення конструкції зовнішньої стіни (А) і графічна інтерпретація результатів теплотехнічного розрахунку (Б): 1 – внутрішній оздоблювальний шар штукатурки; 2. – стіна з керамічної повнотілої цегли; 3 – утеплювач з мінеральної вати; 4 – шар зовнішнього оздоблення.

Необхідність широкого використання процесів трансформації Вітчизняного будівельного законодавства з метою імплементації законодавчо-нормативної бази і постійним наближенням до сучасних стандартів Євросоюзу приводять до того, що будівлі які були теплодернізовані до 2022 року, знову ж таки можуть не відповідати вимогам сучасних будівельних норм. Аналітичними дослідженнями встановлено, що переважна більшість проектів термосанації зовнішніх огорожувальних конструкцій виконані із застосуванням технології «мокрый фасад» в якій передбачається, що теплоізоляційний матеріал приклеюється до стіни та закріплюється і дюбель-грибком, після чого клейовий розчин закріплюється армувальною полімерною сіткою. Запровадження заходів з трансформації теплотехнічних параметрів огорожувальних конструкцій для таких будинків до вимог сучасних стандартів зовнішніх огорожувальних конструкцій являється неможливою без запровадження додаткових інженерно-технічних заходів

Протягом періоду розвитку будівельних технологій в 21 столітті на Українському будівельному ринку з'явилися десятки асортиментів теплоізоляційних будівельних матеріалів, що в сою чергу спричинило значний прорив будівництві для зведення енергозберігаючих огорожувальних конструкцій будівель. Нестримний розвиток нових технологій на підприємствах виробничої бази будівництва забезпечив появу сучасних теплоізоляційних матеріалів які порівняно з «застарілими аналогами» стали більш ефективними, екологічно безпечними і різноманітними. Отримані різновиди теплоізоляційних і конструкційнотеплоізоляційних матеріалів відповідають конкретним проектно-технологічним завданням будівництва – можливості будівництва висотних будівель, зменшення товщини огорожувальних конструкцій, зниження маси конструктивних елементів, зменшення питомої ваги будівельних матеріалів в сумі загально будівельних витрат, а відповідно і скорочення експлуатаційних витрат завдяки економії паливно-енергетичних ресурсів.

Фасадні системи комплексного утеплення з опорядженням панелями з вентиляльованим прошарком значно легше забезпечуватимуть вирішування питання зміни товщини раніше влаштованого утеплювача. Технологія «вентилюваний фасад» передбачає, що між теплоізоляційним матеріалом та зовнішнім облицюванням системи передбачається повітряний прошарок товщиною 20...50 мм. який надійно захищає теплоізоляційну систему від проникнення водяних парів і за рахунок цього остання завжди підтримується в сухому стані. Такий варіант багат шарового покриття фасаду в цілому не зазнає руйнівних впливів зовнішніх атмосферних факторів.

Враховуючи результати дослідження можливих варіантів термомодернізації огорожувальних конструкцій будівель, зокрема зовнішніх стін слід відмітити також, що одним з можливих раціональних шляхів проектування теплозахисного покриття зовнішніх стін будівлі є влаштування вентиляльованого фасаду. Фізикотехнічні процеси повітрообміну стверджують, що залишки підігрітого зсередини повітря разом з водяними парами будуть тимчасово знаходитись у замкнутому об'ємі повітряному прошарку і при сезонних змінах температур і охолодження масиву стіни вони можуть знову переміститись в конструкцію. Ймовірним є твердження, що конденсаційні процеси повітряної вологи не будуть відбуватись в повітряному прошарку через належну теплоізоляцію ззовні. Вивчення і аналітичні дослідження методики проектування елементів вентиляльованого фасаду для реалізації заходів по термомодернізації існуючих об'єктів нерухомості передбачали порівняння теплотехнічних показників традиційного «мокрого» оздоблення і показників для вентиляльованого фасаду. За основу проектування було прийнято конструкцію зовнішньої стіни, яка б задовільнила нормованим вимогам термічного опору –  $4.0 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ .

Проведені розрахунково-аналітичні дослідження показують, що за результатами теплотехнічного розрахунку в умовах забудови для II кліматичного району розрахункове значення показника термічного опору конструкції зовнішньої стіни становить  $R=4,27 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ , що відповідає нормованим вимогам  $4.0 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ . З метою встановлення впливу геометричних параметрів повітряного прошарку на теплотехнічні показники конструкції було прийнято за основу конструкції зовнішніх стін наведену на рис. 1 з відповідними конструктивними характеристиками шарів. Дослідження впливу повітряних включень на зміну фізикотехнічних параметрів конструкції зовнішньої стіни проводились для різних товщин прошарку повітря. Так товщина прошарку між поверхнею стіни і внутрішньою поверхнею утеплювача варіювалась в межах від 20мм до 100 мм з кроком 20 мм. Моделювання прийнятих меж товщин повітряних прошарків пояснюється можливими технологічними рішеннями конструктивного виконання оздоблювально-ізолювального покриття і прогнозованими експлуатаційними параметрами забезпечення експлуатаційної надійності огорожувальної конструкції. Розрахунок теплотехнічних параметрів огорожувальної конструкції виконувались в програмному комплексі «ROCKPROJECT».

методика адаптована до вимог ДБН В.2.6.-31-2016 «Теплова ізоляція будівель», результати розрахунку наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Результати розрахунку теплотехнічних властивостей варіантів зовнішньої огорожувальної конструкції несучої стіни.

Товщина повітряного прошарку, мм	20	40	60	80	100
Показник термічного опору, м <sup>2</sup> ·К/Вт	4.635	4.932	5.324	5.624	5.835
Відносний показник зменшення тепловтрат порівняно з базовим варіантом, %	8.5	15.5	22.4	31.5	36.6

Аналізуючи отримані результати розрахунково-аналітичних досліджень можна стверджувати, що влаштування повітряного прошарку в теплоізолювальному покритті конструкції зовнішньої стіни забезпечить зменшення тепловтрат в приміщенні. Крім того приймаючи до уваги, що з зовнішньої сторони по відношенню до повітропроникності від «+» до «-», поверхня утеплювача герметична, можна стверджувати про наявність «нульових» температури прошарку в зовнішнє середовище. Наявність повітряного прошарку сприятиме акумулюванню теплової енергії в структурі масиву огорожувальної конструкції, що в свою чергу забезпечить дотримання нормованих параметрів мікроклімату в приміщеннях будівлі без зайвих тепловтрат через огорожувальні конструкції.

Інженерно-технічні рішення з влаштування повітряного прошарку у системі «вентильований фасад» суттєво впливає на довговічність експлуатації конструкцій стін. Наявність через перепадів тиску в обмежувальному просторі працює за принципом дії витяжної системи, внаслідок чого з утеплювача буде мігрувати надлишкова внутрішня волога. Наявність вентильованого повітряного прошарку сприятиме зниженню тепловтрат приміщення так як він по суті виконує роль демпферного температурного екрану.

#### Висновки

Обґрунтовано необхідність розробки і впровадження нових інженерно-технологічних заходів для реалізації держаної політики у сферах термомодернізації існуючих об'єктів нерухомості. Виконано моделювання і запропоновано варіанти раціональних організаційно-технічних рішень влаштування зовнішніх огорожувальних конструкцій стін з дотриманням нормованих експлуатаційно-технічних параметрів. В результаті проведених розрахунково-аналітичних досліджень підтверджено ефективність використання в технології термомодернізації конструкцій з вентильованими фасадами. Результати проведеного аналізу теплотехнічних розрахунків варіантів конструкцій вентильованого фасаду відображають позитивні тенденції підвищення теплоізолювальних в процесі варіювання товщини повітряного прошарку в конструкції ізолювально-захисного покриття.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Смерека С.Б. Оцінка сучасного стану ЖКГ та обґрунтування можливості залучення та використання інвестиційних проектів у галузі / С. Б. Смерека // Формування ринкових відносин в Україні. – 2008. – №10(89). – С. 65-70.
2. «Енергозбереження у житловому фонді: проблеми, практика, перспективи». Довідник. // Упорядники НДІ проєктреконструкція, Deutsche Energie-Agentur GmbH и Instituts Wohnen und Umwelt. –2006. – 138 с.
3. Національний план дій з енергоефективності на період до 2020 року. / Схвалено Кабінетом Міністрів України // Розпорядження КМУ від 25 листопада 2015 р. № 1228-р. – 72 с.
4. Сердюк В.Р., Енергозбереження в будівництві – вимоги сьогодення / В. Р. Сердюк, С. Ю. Франишина // Вісник ВПІ. – 2009. – №4. – С. 17-21.

**Бондаренко Володимир Сергійович** – студент групи БМ-22м, Факультету будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця. Email: [volodimirbondarenko497@gmail.com](mailto:volodimirbondarenko497@gmail.com).

**Христич Олександр Володимирович** – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця. Email: [dockhristich@i.ua](mailto:dockhristich@i.ua). ORCID: 0000-0003-0166-547X

**Bondarenko Volodymyr**, a student faculty building heating and gas supply, VNTU s. Vinnytsya. Email: [volodimirbondarenko497@gmail.com](mailto:volodimirbondarenko497@gmail.com).

**Khrystych Oleksandr**, associate professor, associate professor of department MBPC the Vinnytsya national technical university, s. Vinnytsya. Email: [dockhristich@i.ua](mailto:dockhristich@i.ua).