

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

УДК 624:[699.86:620.9-049.34]

С. В. ПАСТУХОВА^{1*}, В. І. АНІН², Н. Г. МЕТЕЛЕНКО³

^{1*} Кафедра промислового та цивільного будівництва, Запорізький національний університет, пр. Соборний, 226, Запоріжжя, Україна, 69606, тел. +38(067) 366 20 22, ел. пошта susannapastukhova@gmail.com, ORCID 0000-0002-9324-3065

² Кафедра промислового та цивільного будівництва, Запорізький національний університет, пр. Соборний, 226, Запоріжжя, Україна, 69606, тел. +38(067) 366 2022, ел. пошта yurabella1@gmail.com, ORCID 0000-0003-2374-2632

³ Кафедра промислового та цивільного будівництва, Запорізький національний університет, пр. Соборний, 226, Запоріжжя, Україна, 69606, тел. +38 (067) 779 5616, ел. пошта natalia.metelenko@gmail.com, ORCID 0000-0002-6757-3124

ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ ПРИ БУДІВНИЦТВІ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ

Мета. Аналіз основних переваг інноваційних технологій енергоефективності і термoeфективності будівництва та реконструкції будівель і споруд на різних етапах будівництва. **Методика.** Разом із поширенням організаційних процесів технології і організації будівництва сучасних відомих Полягає у аналізі застосування інноваційних енергозберігаючих та термозберігаючих технологій при будівництві та реконструкції будівель та споруд. Будівництво відносяться до найбільших споживачів енергоресурсів (до 40 %). Будівництво – одна з найбільш важливих сфер економіки країни, що повинна забезпечувати необхідні умови для економії споживання електроенергії при будівництві та подальшому використанні енергозберігаючих та термозберігаючих технологій з урахуванням екологічних наслідків будівництва та кліматичних умов місця будівництва. Енергоефективність і термoeфективність стає одним із головних питань для економічного, екологічного та соціального розвитку будівництва України. **Результати.** В роботі проведено аналіз застосування інноваційних енергозберігаючих та термозберігаючих технологій при будівництві та реконструкції будівель та споруд та наданий матеріал можна використовувати викладачу будівельних технологій в практичних роботах для підготовки здобувачів освіти. **Наукова новизна.** Визначено фактори – архітектурні, проектувальні, конструктивні, матеріали, які впливають на енергоефективність та теплоефективність будівництва, та наданий матеріал можна використовувати викладачу будівельних технологій в практичних роботах для підготовки здобувачів освіти. **Практична значимість.** Теплотехнічні властивості огорожень повинні забезпечувати нормований температурно-вологісний режим у приміщенні, допустиму величину коливань температури на внутрішній поверхні при температурних змінах зовнішнього повітря. Виконання теплотехнічного розрахунку енергоефективних огорожувальних конструкцій будинків має за мету забезпечити підвищений теплозахист житлово-цивільних будинків і споруд для нового будівництва, реконструкції та капітального ремонту.

Ключові слова: енергозбереження; будівництво; реконструкція; теплоізоляція; температура навколишнього середовища; вологість

Вступ

Сучасні тенденції розвитку світових і національних інноваційних програм енергозбереження, теплозбереження та впровадження інноваційних технологій зумовлюють використання цих технологій для забезпечення їх успішної та ефективною реалізації. Україна лише на 43 % може забезпечити потреби в паливі за рахунок своїх національних ресурсів. Основна частина енерговитрат України припадає на будівельну галузь. Так, на опалення 100 м² загальної площі житлових будинків щорічно витрачається при-

близно 6...9 т умовного палива, що в 1,5...3 рази більше, ніж в інших розвинутих країнах світу. Основним резервом енергозбереження в будівництві є впровадження інноваційних технологій є термомодернізація будівель із врахуванням сучасних архітектурних і проектних рішень, конструкцій, матеріалів.

Проблема підвищення енергоефективності суспільного виробництва є сьогодні однією з головних у процесі відродження економіки України, що стримує подальший економічний розвиток, наявність постійно зростаючих втрат

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

енергоресурсів. Обсяги втрат енергоресурсів із цих причин сягають 40 % загальних обсягів спожитих енергоресурсів. Серед основних галузей матеріального виробництва будівництво та житлово-комунальне господарство є найбільш енергоспоживаючими. Щорічно на опалення в Україні витрачається біля 75 млн. т умовного палива, це практично 30 % від його загального споживання усією країною.

Однією з причин недостатнього впровадження інноваційних енергозберігаючих технологій у будівельній галузі є широкий вибір та відсутність аналізу переваг видів технологій на всіх етапах його будівництва по критеріям енергоефективності і теплоефективності та вартості проєктів будівництва і експлуатації в залежності від технологій.

На жаль, положення щодо впровадження нових технологій у сфері будівництва житла дуже часто лише декларуються в стратегічних документах без конкретних пропозицій.

Теорія, методологія та практика використанні інноваційних енергоефективності та теплоефективності будівництва, дозволяють із чисельних факторів з урахуванням зовнішніх кліматичних та місцевих умов визначити вибір архітектурного, проєктного, конструктивного проєкту і матеріалів.

Вітчизняний та закордонний досвід показує, що пріоритетним і результативним напрямком енергозбереження є впровадження інноваційних технологій енергоефективності та теплоефективності будівництва на всіх етапах від проєктування до будівництва.

Освоєння територій центру та заходу України (атлантико-континентальна область, рис. 1) стратегічним завданням для забезпечення розвитку національної економіки та безпеки України.



Рис. 1. Кліматичне районування України

Завдяки відкриттю та розробці в Україні запасів природних ресурсів створено великі виробничо-переробні промислові комплекси, підтримка функціонування яких і будівництво нових з розвинутою соціальною інфраструктурою забезпечить основу експортного потенціалу України.

Найбільш гостро під час вирішення завдань розвитку центральної та заходу територій України стоїть питання енергозбереження. Ресурсний розвиток північно-західних регіонів України залишається економічною базою в найближчому майбутньому. Необхідною умовою цього розвитку та успішного функціонування галузей промислової спеціалізації є прискорений розвиток виробничої бази, будівництво промислових та житлових об'єктів, які забезпечують комплексний розвиток території та потреби населення України (Ковальський, 2013; Кицкай, 2013; Бригілевич, В. (ed.), 2016).

Енергозбереження – це комплексне рішення правових, організаційних, наукових, виробничих, технічних та економічних завдань, метою яких є раціональне використання та витрачання теплоенергетичних ресурсів, що знижують марну втрату енергії.

Дефіцит основних енергоресурсів, зростання їх видобутку, а також глобальні екологічні проблеми роблять енергозбереження одним із пріоритетних завдань при розвитку територій України. Від результатів вирішення цього завдання залежить подальший економічний розвиток нашої країни та рівень життя громадян.

Для переходу від вахтових способів ведення діяльності та проживання в умовах центру та заходу України до міст постійного проживання потрібне будівництво населених пунктів, можливість якого потребує всебічного комплексного дослідження (ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010, 2011; Бригілевич, В. (ed.), 2016).

Будівництво в районах центральної та заходу кліматичної зони не можуть характеризуватися екстремальними кліматичними умовами:

- негативні середньорічні температури;
- стан ґрунтів;
- прохолодні ночі;
- сильні вітри;
- вологість.

Кабінет Міністрів продовжив на місяць опалювальний період, встановивши його в рамках 1 жовтня – 30 квітня. Про це йдеться в постанові

ві уряду № 74 від 2 березня 2015 року, повідомляє Gazeta.ua.

У документі наголошується, що опалювальний період для населення, яке використовує природний газ для опалення приміщень, продовжується з 1 жовтня до 30 квітня включно. Тривалість опалювального сезону на території центру та заходу України може доходити до 6-ти місяців на рік.

Наприклад, у Львівському промисловому районі тривалість опалювального сезону становить понад 250 днів (ДСТУ-Н Б В.3.2-3:2014, 2015; ДСТУ 9190:2022, 2023).

Центральні та західні території, за сумою середньодобових негативних температур повітря, поділяють такі кліматичні зони. Швидкість зміни середньої, а також максимальної та мінімальної температур за період 1961 – 2013 років склала $0,3^{\circ}\text{C}$ кожні десять років (рис. 2).



Рис. 2. Швидкість зміни середньої, а також максимальної та мінімальної температур за період 1961 – 2013 років склала $0,3^{\circ}\text{C}$ кожні десять років

Мета

Розгляд та аналіз енергозбереження в умовах центрального та західного районів можна розподілити за кількома найбільш важливими напрямками:

– на стадії проєктування та планування населених пунктів приймати рішення, що забезпечують під час експлуатації зниження тепловіділення від будівель;

– при будівництві використовувати ефективну теплоізоляцію стін, дахів, підлог та теплових мереж;

– застосовувати сучасні технології та конструкції вікон, що знижують тепловтрати. У системах вентиляції використовувати конструкції, що ґрунтуються на рекуперації теплових

втрат за рахунок повітрообміну в приміщеннях (ДСТУ 9190:2022, 2023).

Методика

Інноваційний підхід до вибору впровадження інноваційних технологій енергоефективності та теплоефективності будівництва та обґрунтування вибору технології та організації робіт стали пріоритетним напрямом для розвитку будівельної галузі, якісного забезпечення будівель та споруд різного функціонального призначення. Архітектурна виразність, індивідуальність, підвищена якість, довговічність, надійність будівель та споруд, найменші затрати на енергію та тепло, матеріали найбільш високотехнологічним видом будівництва в всьому світі (Іванова, 2018).

З самого початку освоєння територій центру та заходу України (атлантико-континентальна область) промислові, житлові та адміністративні будівлі будувалися за проєктами, що не враховують наступні витрати, що виникають при обслуговуванні збудованих об'єктів, що призвело до невиправдано високих матеріальних витрат при експлуатації цих об'єктів. Виникла необхідність створення проєктів з впровадженням енергозберігаючих технологій, що знижують обсяг матеріальних вкладень при будівництві та експлуатації об'єктів. У сучасних умовах подальше освоєння та економічний розвиток центру та заходу України потребує використання нових конструктивних ідей та рішень ще на стадії проєктування об'єктів промислового та цивільного призначення. Зменшення матеріальних витрат за подальшої експлуатації цих споруд – одне з найважливіших завдань, що має бути поставлено розробки проєктної документації будівництва за умов центру та заходу України (Ковальський, 2013).

За роки освоєння та розвитку атлантико-континентальної області України накопичено великий досвід проєктування та планування міст. Наприклад, у Львівському промисловому районі для боротьби з вітром житлові квартали збудовано дуже компактно із вузькими розривами між будинками. Завдяки такому плануванню в житлових забудовах значно знизилася швидкість вітру. Рівні дахи будинків з простими фасадними профілями зменшують снігові замети на будинках. Для максимального зниження інфільтрації будівель в умовах сильних

вітрів при проектуванні на навітряну сторону виносять сходові клітини, кухні і т.д.

Разом з екстремальними кліматичними умовами будівництво промислових об'єктів та житлових будівель ускладнює наявність багаторічного промерзання та вимагає застосування сучасних технологій, починаючи із закладки фундаменту. При будівництві об'єктів в умовах багаторічного промерзання в Україні на сьогоднішній день застосовуються два варіанти зведення фундаментів: безпосередньо на ґрунті та на палях, коли для вентиляції мерзлої поверхні створюється зазор між ґрунтом та основою. Будівництво будинків на ґрунті, що постійно змінює свою структуру, пов'язане з великими труднощами. При експлуатації будівлі нагрівають мерзлий ґрунт, і він втрачає монолітність. При цьому методі закладення фундаменту необхідне застосування високоякісної теплоізоляції, що запобігає відтаванню (ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010, 2011; Арутюнян, Жамілов, & Веремій, 2023).

У зимовий період року теплові втрати з поверхні труб значно зростають, і виникає загроза їхнього замерзання. Щоб зменшити теплові втрати та ризик замерзання трубопроводів, необхідно застосовувати теплоізоляцію труб, прокладати водопроводи з тепловими супутниками, зводити проміжні котельні на водоводах. Застосування та експлуатація цих технологій потребують значних матеріальних витрат, не забезпечують повної гарантії безаварійної роботи мереж та необхідного рівня енергозбереження. Проблема комунікацій в умовах мерзлоти – ефективна теплоізоляція. На відміну від невеликих селищ, де комунікації прокладають поверху, у великих містах всі труби укладені під землею на глибині 2 м. Для того, щоб уберегти від тепла мерзлі ґрунти, труби прокладаються на відстані від будинків, що знижує небезпеку відтавання ґрунту (ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010, 2011). Для зниження тепловтрат трубопроводів при монтажі застосовують теплоізоляцію з різних матеріалів, залежно від рівня їх теплопровідності та умов їх застосування у вигляді спеціальних «шкаралуп», також використовують труби із заводською ізоляцією і при укладанні ізолюються тільки стики (табл. 1). Застосування цих методів та способів призводить до збільшення енергозбереження при експлуатації теплоцентралей.

Таблиця 1

**Порівняльна характеристика
теплоізоляційних «шкаралуп»
із різних теплоізоляційних матеріалів**

Матеріал	Щільність, (кг/м ³)	Теплопровідність, Вт/м ³	Товщина матеріалу (мм)
пінополіуретан	40...80	0,025	40
пінополімерол	15...50	0,038	40...150
мінеральна вата	20...40	0,048	100

Великі можливості успішного вирішення завдання енергозбереження на територіях України закладено у реконструкції та заміні обладнання та трубопроводів, які забезпечують тепlopостачання житлового фонду міст та селищ. В даний час тепlopостачання житлового фонду здійснюється в більшості випадків за централізованим принципом. Теплоенергетичне обладнання, що підводять тепло і воду до споживачів, трубопроводи давно виробили нормативний термін експлуатації. За даними, проведених у населених пунктах атлантико-континентальних областей експертиз, знос цього обладнання досягає 60...70 %. Відбуваються аварійні ситуації, які призводять до того, що при екстремально низьких вуличних температурах житлові споруди і, навіть цілі квартали, з тисячами людей, що проживають у них, залишаються без тепла.

Для того щоб знизити аварійність обладнання і зменшити кількість теплових втрат необхідно активізувати модернізацію застарілого обладнання і при заміні трубопроводів, що відслужили свій час, використовувати сучасну високоефективну теплоізоляцію.

На територіях заходу України економія енергії має починатися у процесі її генерації. За сучасними міжнародними параметрами широко поширена в Україні тепла енергетика вважається низькоефективною і до того ж вона нерідко надає згубний вплив на навколишнє середовище. Збільшення ефективності теплоенергетичного комплексу та зменшення забруднення навколишнього середовища забезпечить перехід із споживання енергії, що виробляється невідновлюваними джерелами (газ, нафта, вугілля), на широке використання альтернативних видів енергетики (вітрова, енергія океану то-

що). Одночасно необхідна розробка безвідходної технології використання нафтопродуктів, наприклад, використання попутного нафтового газу.

Результати

Одним із найефективніших способів вирішення завдань енергозбереження в районах заходу України є впровадження енергозберігаючих матеріалів, технологій та пристроїв при будівництві нових об'єктів та при капітальному ремонті вже існуючих. Для збільшення енергозберігаючих якостей промислових та житлових об'єктів у північних регіонах при їх подальшій експлуатації, на стадії їх будівництва необхідно застосовувати сучасні технології та матеріали для теплоізоляції фасадів та покрівель. Багаторічні спостереження та дослідження показали ефективність застосування навісних вентиляційних фасадних систем. Ефективність цих технологій дає можливість застосування їх у новому будівництві та для утеплення вже збудованих будівель при їхньому капітальному ремонті. Особливою перевагою даної технології є можливість їх монтажу незалежно від пори року та погодних умов, на відміну від штукатурних систем, які можна застосовувати лише за плюсових температур (ДБН В.2.6-33:2018, 2018).

Вентильовані фасадні системи мають конструкційний зазор між облицюванням та несучою стіною. Наявність вентильованого повітряного прошарку зсуває зону конденсації в зовнішній теплоізоляційний шар, сприяючи збільшенню теплоакумуючої здатності масиву стіни (рис. 3).



Рис. 3. Вентильовані фасадні системи

Значення необхідного опору паропроникненню з умови обмеження вологи зовнішньої стінової панелі у період із негативними температурами опору повітря представлено табл. 2.

Таблиця 2

Значення необхідного опору паропроникненню

Навісний фасад, що вентильовується	(нормальна зона вологості)		(волога зона вологості)	
	потрібна	фактична	потрібна	фактична
	2,62	5,34	2,08	5,36

Для промислових споруд ефективним рішенням буде застосування при будівництві стінових та покрівельних сендвіч-панелей (рис 4).

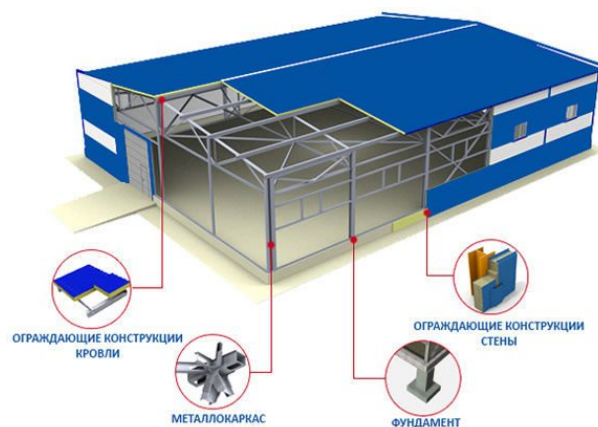
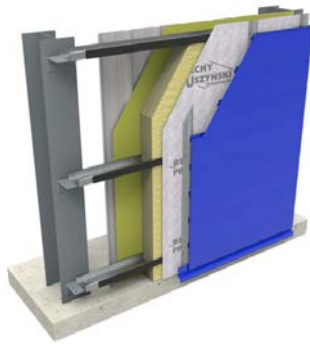


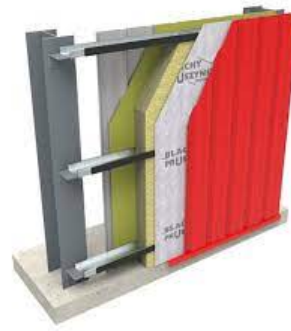
Рис. 4. Промислова споруда з сендвіч-панелей

Сендвіч-панелі мають оптимальне поєднання показників співвідношення теплотехнічних характеристик із витратами на їх виробництво та якістю виконання. Конструкція та склад сендвіч-панелей дозволяє оптимально розподілити декоративну, теплозахисну, гідропароізоляційну та конструкційну функції між різними матеріалами (Ковальський, 2013; ДБН В.2.6-33:2018, 2018). Крім того, завдяки можливості їх всесезонного монтажу та порівняно малій вазі конструкцій, доставка цих будівельних матеріалів у райони заходу України вимагає набагато менше матеріальних витрат, ніж традиційних будівельних матеріалів. Використання як утеплювач кам'яної вати при виробництві сендвіч-панелей дозволило багаторазово збільшити енергозберігаючі якості цих будівельних матеріалів.

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА



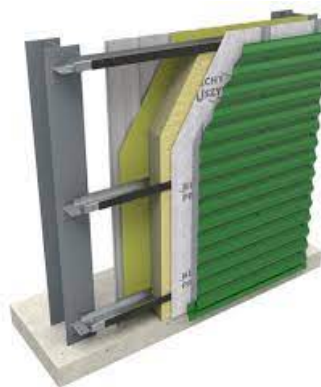
а) монтаж горизонтально розташованих фасадних панелей в якості облицювання збірною сэндвич-панелі



б) монтаж вертикально розташованого профнастилу як облицювання збірної сэндвич-панелі



в) монтаж фасадних касетонів як облицювання збірної сэндвич-панелі



г) монтаж горизонтально розташованого профнастилу в якості облицювання збірною сэндвич-панелі



д) сэндвич-панель на основі внутрішньої стінової касети

Рис. 5. Збірні сэндвич-панелі із застосуванням стінової касети ВСК

Багаторічний досвід використання даних матеріалів та технологій у будівництві населених пунктів на західній Україні показав, що багат шарові панелі з ефективним теплоізоляційним матеріалом – це найкращий метод для збільшення енергозберігаючого ефекту при будівництві будівель. Щоб забезпечити необхідну величину енергозбереження, необхідно при виготовленні даних будівельних матеріалів для стін, дахів та підлог застосовувати теплоізоляцію з коефіцієнтом теплопровідності не вище, ніж $0,04 \dots 0,07 \text{ Вт/(м}^2\text{-К)}$ (Ратушняк, 2010).

Для подальшого збільшення енергозберігаючих якостей даних будівельних матеріалів при їх виготовленні необхідно використовувати сучасні теплоізоляційні матеріали з покращеними фізико-механічними властивостями, які збільшать термін експлуатації та призведуть до зниження витрат на їх обслуговування та утриман-

ня. Тому, в даний час порівняно з попереднім періодом підвищуються вимоги до теплоізоляційних матеріалів, що застосовуються при будівництві в умовах заходу України за показниками теплопровідності, пожежної безпеки, міцності при механічному впливі тощо.

Порівняння основних характеристик фізико-механічних властивостей сучасних теплоізоляційних матеріалів (Закон, 2017; ДБН В.2.6-33:2018, 2018) у порівнянні з раніше використаними матеріалами наведено в табл. 3. Експлуатаційні та енергозберігаючі якості будівель визначаються не тільки якістю обробки, фізико-механічних властивостей теплоізоляційних матеріалів, їх розмірами, конструкціями тощо. Важливим фактором є рівень їхньої захищеності від зовнішніх несприятливих впливів, таких як перепади температур, тривалий вплив негативних температур та атмосферні опади. Тому,

при будівництві об'єктів на західній Україні особлива увага має приділятися теплозахисним властивостям огорожувальних конструкцій.

Таблиця 3

Порівняльна характеристика основних фізико-механічних теплоізоляційних властивостей

Фізико-механічні властивості	Технічні умови	Одиниця виміру	Сучасні матеріали	Раніше використовувані матеріали
густина		кг/м ³	90...100	75...125
горючість		ступінь	НГ	НГ(Г1)
теплопровідність	λ10	Вт/(мК)	0,037	0,049
	λ25		0,039	0,072
	λА		0,044	-
	λБ		0,047	-
стисність, не більше		%	2	12
межа міцності при розтягуванні, не менше		кПа	8	-

Високі швидкості вітрів потребують спеціального захисту конструкцій, що захищають від продувності. Необхідний розрахунок розподілу температур по товщі конструкцій, що захищають, особливо на внутрішній поверхні, з урахуванням повітропроникності. Для створення безперервного теплового контуру будівлі необхідно підібрати товщину утеплювача для всіх конструкцій, що відповідає даній умові:

$$R_o^{np} \geq R_o^{norm}.$$

Це дозволить не допустити виникнення «містків холоду», що викликають точкове охолодження поверхонь, внаслідок якого можливе утворення конденсату. Перспективним напрямом збільшення енергозбереження при експлуатації будівель є теплоізоляція світлопровідних конструкцій. Відносно висока собівартість палива та електроенергії в умовах заходу економічно рентабельним застосування нових техно-

логій активного теплозахисту будівель з використанням вакуумної теплоізоляції та можливість отримання додаткової енергії від сонячних променів. Ці технології дозволяють знизити втрати енергії у будинках до 25 %. Теплозахисні характеристики вікон також є важливим фактором енергозберігаючих якостей будівель та споруд. Загальні тепловтрати через світлопрозорі огорожувальні конструкції можна порівняти з тепловтратами через стіни, незважаючи на те, що площа вікон у загальній структурі теплового контуру будівлі набагато менша за площу стін. Тепловіддача віконних блоків повинна відповідати наступній умові:

$$R_{o,np} \geq R_{o,norm}.$$

Для західних територій цій вимоги можуть відповідати віконні конструкції з п'ятьма і більше камерами профілю, що мають низькоемісійне скло, камери якого заповнені аргоном. Крім цього при будівництві для зниження втрат теплових будівлях і спорудах, доцільно встановлювати віконні блоки меншої квадратури. Так як тривалість світлового дня в районах у зимовий період, дуже мала, на освітленість будівель це особливо не вплине, а зменшення втрати тепла, за оцінками фахівців, призведе до зниження матеріальних витрат до півтора рази (ДСТУ 9190:2022, 2023). При усуненні умов, що призводять до небажаного рівня інфільтрації, створюється досить герметична теплозахисна оболонка будівлі, при якій функціонування природної вентиляції, що відбувається за рахунок перепаду рівня тиску всередині і зовні приміщення, неможливо. Тому, при проектуванні та будівництві промислових та житлових об'єктів необхідно передбачити встановлення механічної припливно-витяжної вентиляції. Одним із різновидів примусової вентиляції є система з рекуперацією тепловитяжного повітря, яка дозволяє значно знизити енерговитрати на опалення (ДСТУ-Н Б В.3.2-3:2014, 2015).

Принцип дії рекуператора заснований на використанні тепла повітря, що викидається для підігріву подається, шляхом примусової механічної подачі і витяжки з приміщення повітря. Теплообмін відбувається в теплообмінних касетах без змішування потоків вхідного повітря, що подається (рис. 6).

Висновки

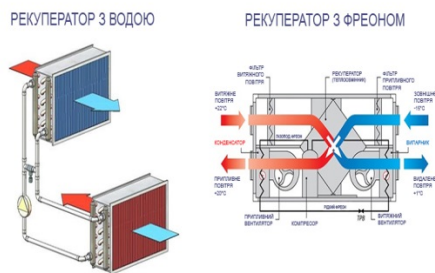


Рис. 6. Принцип дії вентиляції із рекуперацією тепла

Наукова новизна та практична значимість

Аналіз отриманої інформації показав, що надійність енергозбереження в екстремальних умовах північних територій є одним із ключових питань, вирішення якого дозволить значно покращити якість життя населення та підвищити життєздатність цих регіонів. Основними проблемами для західних територій є знос енергетичного обладнання, тривалий період опалювального сезону, ізольована система енергопостачання, низька здатність ґрунтів, що несе, дорога доставка палива. Необхідною умовою для підвищення надійності енергопостачання є прийняття рішень націлених на ефективне енергозбереження на стадії проектування об'єктів та впровадження енергозберігаючих матеріалів, застосування та експлуатація технологій для зменшення теплових втрат та зниження експлуатаційних ризиків. Забезпечення регіонів кваліфікованими інженерними та робочими кадрами. Висновок на якісно новий технологічний рівень виробництва енергії на рахунок модернізації енергетичного обладнання. Збільшення обсягів використання місцевих енергоресурсів та відновлюваних джерел енергії для ефективного використання ресурсів та зменшення забруднення навколишнього середовища.

Досягнення ефективного енергозбереження при освоєнні та розвитку західних територій України має величезне значення і є довгостроковою програмою, в основі якої лежать інноваційні проекти раціонального та ефективного використання енергоресурсів, впровадження нових технологій та матеріалів у будівництві, модернізація застарілого обладнання. Крім того, в цій програмі потрібно визначити супутні принципи та механізми дії, необхідні для досягнення поставлених цілей та вирішення конкретних завдань, такі як:

- забезпечення швидкого зростання виробництва, шляхом впровадження досягнень науки та нових технологій;
- розвиток та підтримка діючих територіально-виробничих комплексів та створення нових;
- розвиток нових та підтримка існуючих транспортних систем, що обслуговують основні вантажоперевезення на території;
- диференційований підхід до планування розвитку західних територій, виходячи з особливостей транспортної забезпеченості та природно-кліматичних умов;
- необхідний соціально-економічний розвиток західних територій.

Слід зазначити також, що при будівництві будівель та споруд на західних територіях України виникають такі найбільш характерні проблеми.

1. Проблеми пошуків ґрунтові умови зони мають широко неоднорідний склад і вимагають докладних гео-, кріо- та гідрогеологічних досліджень. Зміна температурного стану, а також вітрових, снігових навантажень вносить суттєві коригування у прогноз стану багаторічномерзлої товщі.

2. Проблеми проектування та будівництва відсутні достовірні багаторічні відомості про ефективність прийомів заморожування або підтримання у замороженому стані ґрунтів під будинками. Непридатні для експлуатації в умовах заходу зони будівельні суміші та матеріали.

3. Проблеми експлуатації непостійне дотримання необхідної експлуатації є основою для додаткових факторів зміни ґрунтових умов у межах забудови. Комбінування існуючих рішень проблем теплоефективності окремо для

кожного конкретного майданчика є найбільш вдалим способом проведення будівництва та реконструкції будівель та споруд в умовах заходу зони. На сьогоднішній день на територіях заходу України населення, що проживає, має адаптований до життя і роботу в екстремальних умовах потенціал, необхідну кваліфікацію інженерно-технічних і трудових кадрів. Щоб запобігти впливу населення та залучити нові інвестиції для подальшого освоєння багатих природними копалинами та енергетичними ресурсами територій, необхідно створювати комфортні умови проживання. При цьому слід запобігти негативним екологічним наслідкам впливу на тендітну природу заходу зони проводити ретельні попередні дослідження.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Арутюнян, І. А., Жамілов, О. Д., & Веремій, Г. Є. (2023). Енергоефективна політика в цивільному будівництві: можливості та перспективи застосування. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*, 23, 17-27.
- Бригілевич, В. (ed.) (2016). *Термомодернізація житлового фонду: організаційний, юридичний, соціальний, фінансовий і технічний аспекти*. Львів: ФОП П'ятаков Ю. О.
- ДБН В.2.6-33:2018 (2018). *Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до*

- проекткування*. Київ: Мінрегіонбуд України.
- ДСТУ 9190:2022 (2023). *Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання під час опалення, охолодження, вентиляції, освітлення та гарячого водопостачання*. Київ: Мінрегіонбуд України.
- ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 (2011). *Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія*. Київ: Мінрегіонбуд України.
- ДСТУ-Н Б В.3.2-3:2014 (2015). *Настанова з виконання термомодернізації житлових будинків*. Київ: Мінрегіон України.
- Закон (2017). *Про енергетичну ефективність будівель*. Закон України від 22.06.2017 р. № 2118-VIII. *Голос України*, 134, 18.
- Іванова, Л. С. (2018). Енергоефективні інновації у будівництві. *Сучасні проблеми архітектури та містобудування*, 52, 302-306.
- Кицькай, Л. І. (2013). Енергоефективність в Україні: аналіз, проблеми та шляхи підвищення. *Інноваційна економіка*, 3(41), 32-37.
- Ковальський, В. П. (2013). Енергозбереження при реконструкції житлової секції застарілої серії. *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві*, 2, 116-118.
- Ратушняк, О. Г. (2010). *Управління змістом інноваційних проектів термомодернізації будівель*. Вінниця: ВНТУ.

S. V. PASTUKHOVA^{1*}, V. I. ANIN², N. G. METELENKO³

^{1*} Department of Industrial and Civil Engineering, Zaporizhzhia National University, 226 Soborny Ave., Zaporizhzhia, Ukraine, 69606, tel. +38(067) 366 20 22, e-mail susannapastukhova@gmail.com, ORCID 0000-0002-9324-3065

² Department of Industrial and Civil Engineering, Zaporizhzhia National University, 226 Soborny Ave., Zaporizhzhia, Ukraine, 69606, tel. +38(067) 366 20 22, yurabella1@gmail.com, ORCID 0000-0003-2374-2632

³ Department of Industrial and Civil Engineering, Zaporizhzhia National University, 226 Soborny Ave., Zaporizhzhia, Ukraine, 69606, tel. +38 (067) 779 56 16, e-mail natalia.metelenko@gmail.com, ORCID 0000-0002-6757-3124

ENERGY SAVING TECHNOLOGIES IN THE CONSTRUCTION OF BUILDINGS AND STRUCTURES IN THE TERRITORY OF UKRAINE

Purpose. Analysis of the main advantages of innovative technologies of energy efficiency and thermal efficiency of construction and reconstruction of buildings and structures at various stages of construction. **Methodology.** Along with the spread of organizational processes of technology and construction organization of modern well-known. Construction is one of the largest consumers of energy resources (up to 40%). Construction is one of the most important areas of the country's economy, which must provide the necessary conditions for saving electricity consumption during construction and the further use of energy-saving and heat-saving technologies, taking into account the environmental consequences of construction and the climatic conditions of the construction site. Energy efficiency and thermal efficiency is becoming one of the main issues for the economic, ecological and social devel-

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

opment of construction in Ukraine. **Findings.** The paper analyzes the use of innovative energy-saving and heat-saving technologies in the construction and reconstruction of buildings and structures, and the material provided can be used by the teacher of construction technologies in practical work for training students. **Originality.** The factors – architectural, design, construction, materials, which affect the energy efficiency and thermal efficiency of the construction – have been determined, and the provided material can be used by the teacher of construction technologies in practical work for the training of students. **Practical value.** The thermal properties of the enclosures must ensure a standardized temperature and humidity regime in the room, the permissible value of temperature fluctuations on the inner surface with temperature changes of the outside air. The purpose of carrying out thermal engineering calculation of energy-efficient enclosing structures of buildings is to ensure increased thermal protection of residential buildings and structures for new construction, reconstruction and major repairs.

Keywords: energy saving; construction; reconstruction; thermal insulation; ambient temperature, humidity

REFERENCES

- Arutiunian, I. A., Zhamilov, O. D., & Veremii, H. Ye. (2023). Enerhoefektyvna polityka v tsyvilnomu budivnytstvi: mozhyvosti ta perspektyvy zastosuvannia. *Mosty ta tuneli: teoriia, doslidzhennia, praktyka*, 23, 17-27. (in Ukrainian)
- Bryhilevych, V. (ed.) (2016). *Termomodernizatsiia zhytlovoho fondu: orhanizatsiinyi, yurydychnyi, sotsialnyi, finansovyi i tekhnichnyi aspekty*. Lviv: FOP Piatakov Yu. O. (in Ukrainian)
- DBN V.2.6-33:2018 (2018). *Konstruktsii zovnishnikh stin iz fasadnoiu teploizolatsiieiu. Vymohy do proiektuvannia*. Kyiv: Minrehionbud Ukrainy. (in Ukrainian)
- DSTU 9190:2022 (2023). *Enerhetychna efektyvnist budivel. Metod rozrakhunku enerhospozhyvannia pid chas opalennia, okholodzhennia, ventyliatsii, osviltennia ta hariachoho vodopostachannia*. Kyiv: Minrehionbud Ukrainy. (in Ukrainian)
- DSTU-N B V.1.1-27:2010 (2011). *Zakhyst vid nebezpechnykh heolohichnykh protsesiv, shkidlyvykh ekspluatatsiinykh vplyviv, vid pozhezh. Budivelna klimatolohiia*. Kyiv: Minrehionbud Ukrainy. (in Ukrainian)
- DSTU-N B V.3.2-3:2014 (2015). *Nastanova z vykonannia termomodernizatsii zhytlovykh budynkiv*. Kyiv: Minrehion Ukrainy. (in Ukrainian)
- Zakon (2017). *Pro enerhetychnu efektyvnist budivel*. Zakon Ukrainy vid 22.06.2017 r. # 2118-VIII. Holos Ukrainy, 134, 18. (in Ukrainian)
- Ivanova, L. S. (2018). Enerhoefektyvni innovatsii u budivnytstvi. *Suchasni problemy arkhitektury ta mistobuduvannia*, 52, 302-306. (in Ukrainian)
- Kytskai, L. I. (2013). Enerhoefektyvnist v Ukraini: analiz, problemy ta shliakhy pidvyschennia. *Innovatsiina ekonomika*, 3(41), 32-37. (in Ukrainian)
- Kovalskyi, V. P. (2013). Enerhozberezhennia pry rekonstruktzii zhytlovoi sektsii zastariloi serii. *Suchasni tekhnolohii, materialy i konstruktzii v budivnytstvi*, 2, 116-118. (in Ukrainian)
- Ratushniak, O. H. (2010). *Upravlinnia zmistom innovatsiinykh proektiv termomodernizatsii budivel*. Vinnytsia: VNTU. (in Ukrainian)

Надійшла до редколегії 06.11.2023.

Прийнята до друку 27.11.2023.