

УДК 699.86

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

ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ЕФЕКТИВНИХ УТЕПЛЮВАЧІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ

Мета. Впровадження енергозберігаючих технологій та обладнання можливе шляхом створення передумов для докорінного зменшення енергоємності вітчизняної продукції за рахунок впровадження нових технологій, прогресивних стандартів, сучасних систем контролю, управління та обліку на всіх етапах виробництва, транспортування та споживання енергетичних продуктів; розвиток ринкових механізмів стимулювання енергозбереження у всіх галузях економіки. Метою досліджень є аналіз існуючих видів утеплення, вибір оптимального варіанту для підвищення енергоефективності громадської будівлі.

Методи дослідження. Для підвищення енергетичної ефективності будівель застосовують: розробки проектів, що передбачають можливе більше енергозбереження в порівнянні з нормативними вимогами; підвищення рівня якості будівельно-монтажних робіт; обов'язковий контроль реальних теплозахисних характеристик будівель, що експлуатуються і реконструюються. Існуючими в даний час методами дослідження теплозахисту захисних конструкцій є: теоретичні дослідження (заміна фізичного процесу математичною моделлю) та експериментальні дослідження (вимірювання величин досліджуваного фізичного процесу). При виконанні досліджень були застосовані аналітичні методи, методи синтезу та узагальнення при виборі оптимального сучасного утеплювача для підвищення енергоефективності громадської будівлі.

Наукова новизна. Вибір найбільш оптимального і ефективного утеплювача для підвищення енергоефективності громадської будівлі. Запропоновано використання сучасних утеплювачів в розроблених вузлах громадської будівлі з дотриманням показників теплоізоляції.

Практична значимість. Призначенням теплоізоляційних матеріалів є скорочення споживання енергії. Крім того, ізоляція сприяє скороченню забруднення довкілля, викликаного збільшенням вироблення енергії для будівель і промисловості. Вибір сучасного утеплювача із подальшим впровадженням у процес проектування капітального ремонту громадської будівлі з метою підвищення енергоефективності будівлі. Оцінка ролі утеплювача у загальному підвищенні енергоефективності будівлі.

Результати. Проведені теоретичні дослідження дозволили обрати оптимальний утеплювач для підвищення енергоефективності громадської будівлі, впровадити у процес проектування та зробити оцінку ефективності утеплення.

Ключові слова: енергоефективність, сучасні утеплювачі, оптимізація вибору, оцінка ефективності утеплення.

doi:10.31721/2306-5451-2022-1-54-153-159

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Людство відкрило нову сторінку своєї історичної епохи – еру енергії, яка вплине на всі сторони життя людей. Вперше в історії людства в основі світових парадигм, тенденцій та трендів енергетичної політики розвиток людства пов'язується зі зниженням, а не підвищенням споживання енергоресурсів та переходом на відновлювану альтернативну енергетику, енергоефективні технології та енергозберігаючі будівлі.

Є всі підстави стверджувати, що основні зміни відбудуться в міських будівлях або в установлених термінах, в секторі ЖКГ – саме тут зміни, що починаються, носять революційний характер. Почалася офіційна стадія об'єднання людства під егідою ООН та перехід на принципово нову парадигму енергоефективного розвитку. 22 квітня 2016 року Україна підписала угоду ООН щодо клімату, або так званий Екологічний імператив ООН, який був прийнятий у Парижі у грудні 2015 року [1].

В Україні житлові будинки споживають до 60% виробленої енергії, що у 5-6 разів більше на м² експлуатованої площі, ніж у країнах ЄС, тому підвищення енергоефективності як існуючих так і нових будівель є актуальною задачею.

Аналіз досліджень і публікацій. Будівлі, що існують і будуються в Україні, не відповідають вимогам екологічного імперативу ООН і мають бути реформовані. При розробці нових інженерних підходів та рішень систем енергозабезпечення будівель необхідно потурбуватися не лише теплопостачанням та ефективним теплозахистом будівель, але й оснащенням їх локальними системами генерації енергії. Важливим фактором при спорудженні енергоефективних будівель є володіння достовірною інформацією щодо теплотехнічних характеристик енергозберігаючих зовнішніх конструкцій і систем тепло-, водо-, електропостачання та вентиляції в реальних умовах їх тривалої експлуатації. Побудовані будівлі дуже часто відрізняються від проекту, технології влаштування зовнішніх огорожуючих конструкцій в реальних умовах будівельного майданчика порушуються, і, в кінцевому рахунку, створюється будівля з підвищеним енергоспоживанням [2-5].

Багато аспектів питань, що стосуються енергоефективності будівель та їх конструкцій, висвітлено у роботах вчених. Фокіна К.Ф., Васильєва Б.Р., Богословського В.Н., Хлевчука В.Р., Самаріна О.Д., Ливчака В.І., Ільїнського В.М., Франчука А.У., Ушкова В.Ф., Табунщикова Ю.А., Гагаріна В.Г., Бодрова В.І., Бодрова М.В., Іванова В.В., Купріянова В.Н., Лобова О.І., Ананьєва А.І., Дацюк Т.А., Берегового А.М., Монастирєва П.В., Витчікова Ю.С., Грімтіліна А.М., Тауріт В.Р., Уляшевой В.М. та закордонних авторів: Бекмана У., Зоколя С.В., Андерсона Б., Клейна С. [6-24].

Постановка задачі. Метою досліджень є аналіз існуючих видів утеплення, вибір оптимального варіанту для підвищення енергоефективності громадської будівлі.

Викладення матеріалу та результати. У вирішенні проблем енергозбереження, а також для підвищення комфортності приміщень важливу роль відіграє утеплення огорожуючих конструкцій будівель: зовнішніх стін, перекриттів, покриттів, фасадів, підвалів, фундаментів і т.д. [7, 8].

Методи оцінки ефективності застосування енергозберігаючих рішень приведено на рис. 1.

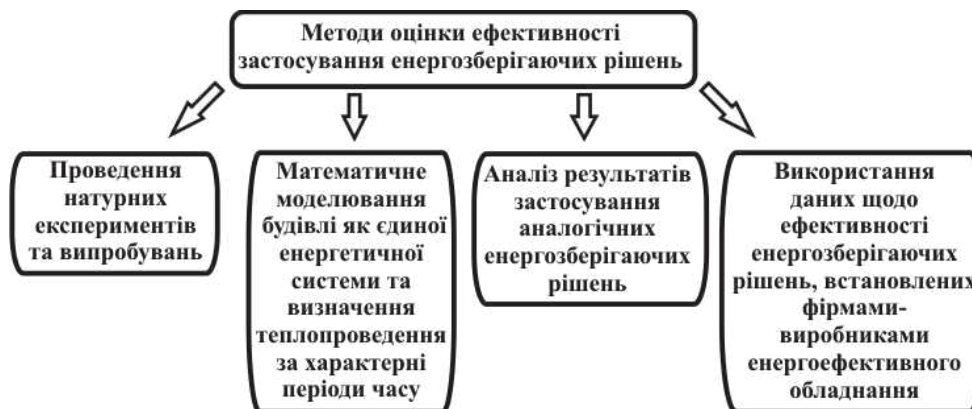


Рис. 1. Методи оцінки ефективності застосування енергозберігаючих рішень

При виборі утеплювача слід враховувати, що на довговічність та стабільність теплофізичних та фізико-механічних властивостей теплоізоляційних матеріалів, що входять до конструкції огорожі, істотно впливають багато експлуатаційних факторів [9, 10]:

знакозмінний фактор (зима-літо);

температурно-вологісний режим «роботи» конструкцій та можливість капілярного та дифузійного зволоження теплоізоляційного матеріалу;

вплив вітрових та снігових навантажень;

механічні навантаження від ходіння людей, переміщення транспорту та механізмів по верхній покрівлі будівель.

Існує велика різноманітність теплоізоляційних матеріалів, які класифікуються за видом основної сировини, форми та зовнішнього вигляду, структури, щільності, жорсткості, теплопровідності, загоряння та призначення.

Нові норми значно підвищили вимоги до величини термічного опору зовнішніх стін, покриттів та перекриттів, відповідно до яких нове будівництво, модернізація та капітальний ремонт будівель не можуть здійснюватись без застосування ефективних теплоізоляційних матеріалів.

Одним з найефективніших утеплювачів у будівництві є повітря, тому енергоефективність будівельних матеріалів багато в чому визначається відсотковим ставленням обсягу пор, заповнених повітрям, до обсягу скелета каркаса, що утворює ці пори. При цьому є пряма залежність між теплопровідністю матеріалу, питомою вагою та його характеристиками міцності. Також повітря може бути самостійним шаром утеплення у багатошарових стінах та таким чином забезпечувати теплоізоляцію. Паропроникністю називається здатність будівельного матеріалу проводити деяку кількість водяної пари через себе за одиницю часу. При проектуванні енергоефективного будинку слід пам'ятати, що зовнішні елементи будівлі повинні бути паропроникними, при цьому паропроникність матеріалів повинна зростати у напрямку зсередини будівлі.

В іншому випадку можливе утворення точки роси в холодній зоні та накопичення вологи в огорожувальній конструкції з подальшим погіршенням її теплоізоляційних властивостей та утворенням цвіль та грибка. Точка роси - це значення температури, до якої повинен охолонитися повітря, щоб пар, що міститься в ньому, почав конденсуватися в росу. Необхідно уникати утворення точки роси або максимально переносити точку роси до зовнішніх шарів огорожувальної конструкції та забезпечувати вентиляцію цих зволжених зовнішніх шарів.

Розглянемо такі види утеплювачів та їх переваги:

- мінеральна вата та вироби з неї;
- базальтове волокно (мати, плити, стрічки);
- утеплювачі зі скловолокна (скловата, ISOVER);
- піноскло (комірчасте скло);
- екструдований пінополістирол («ПІНОПЛЕКС»);
- поропласти;
- комірчасті (ніздрюваті) бетони.

Базальтова мінеральна плита (кам'яна вата) складається із штучних мінеральних волокон і може бути використана для утеплення практично всіх конструкцій: стін, покрівель, перекриттів, покриттів та перегородок.

За рахунок наявності порожнеч між волокнами кам'яної вати забезпечується її висока теплоізолююча здатність та звукоізоляція. В даний час є одним із найбільш затребуваних теплоізоляційних матеріалів у країнах Європи. Як сировину для виготовлення мінеральних плит використовуються гірські породи (базальт, діабаз, вапняк, доломіт, глина та ін.).

Переваги плит із базальтового волокна: низька гігроскопічність; гарна паропроникність; стійкість до гниття та біостійкість; не піддаються хімічним впливам; нетоксичні; не піддаються швидкому старінню; екологічно чисті; пожежобезпечні, вогнестійкі та негорючі; хороша теплова та звукова ізоляція.

ISOVER – теплоізоляційний матеріал із скловолокна. Матеріал відрізняється високими якісними характеристиками, що відповідають світовому рівню, та займає міцне місце на вітчизняному ринку будівельних матеріалів. Обсяг його застосування у країні становить понад 15% загального обсягу споживаних теплоізоляційних матеріалів, зокрема понад 40% загального обсягу теплоізоляційних виробів зі скловолокна.

Мати та плити мають гофровану структуру з переважно вертикальною орієнтацією волокон, що надає їм високої міцності на стиснення. При цьому мати набувають анізотропних властивостей, а саме гнучкість у поздовжньому напрямку і міцність на стиск, що забезпечує високу експлуатаційну надійність.

Піноскло (газоскло) є універсальним теплоізоляційним матеріалом, який складається з спіненої скломаси і має повну паронепроникність і водонепроникність. Даний матеріал нерозчинний у воді і не схильний до дії кислот і органічних розчинників, є міцним, вологостійким, довговічним (термін служби не менше 70 років), екологічним, морозостійким. Переваги піноскла: дуже міцний матеріал; водостійкий; вогнетривкий; морозостійкий; легкий при механічній обробці, навіть можна вбивати цвяхи; термін його служби практично необмежений; його «не люблять» гризуни; воно біологічно стійке та хімічно нейтральне.

Пінополістирол (спінений полістирол) проводиться шляхом спінювання полістиролу, поміщеного в блок-форму. Водопоглинання цього матеріалу при тривалому перебуванні в контакті з водою зростає до 5%, що негативно позначається на морозостійкості матеріалу та погіршує його теплотехнічні характеристики. Область застосування: плити зі спіненого полістиролу застосовуються як внутрішні теплоізоляції (наприклад, у тришарових панелях).

Цей матеріал не рекомендується застосовувати для утеплення приміщень зсередини, а також при влаштуванні вентиляційних фасадів, оскільки це пожежонебезпечний будівельний матеріал, що вимагає наявності у своєму складі антипіренових добавок. Крім того, при нагріванні та природному старінні цей матеріал може виділяти леткі сполуки, небезпечні для здоров'я людини.

Застосування даного матеріалу при утепленні фундаменту також має суттєві обмеження і можливе лише в тому випадку, коли відсутня загроза підтоплення фундаменту підземними водами. Низька міцність при короткочасному стисканні та тривалому стискаючому навантаженні не дозволяє застосовувати цей матеріал для утеплення фундаменту зовні, оскільки в цьому випадку пінополістерол відчуватиме на собі бічне тиск ґрунту. Переваги полістирольних пінопластів: міцність; високі теплоізолюючі властивості; низьке водопоглинання; недорогий; зручний у роботі; практично не має нижньої температурної межі застосування.

Екструдований пінополістирол виробляють із гранульованого полістиролу методом екструзії. Екструдований пінополістирол має низькі значення водопоглинання (не більше 0,4–0,5 %) та високу морозостійкість (витримує понад 1000 циклів заморожування-відтавання), біостійкість. Переваги екструдованого пінополістиролу: міцніше пінопласту; найнижчий показник водопоглинання; довговічність, що не руйнується під дією сонця, атмосферних опадів; низька теплопровідність; інертність (не входить у реакцію з більшістю речовин); нетоксичний. Недоліки екструдованого пінополістиролу: висока вартість, відсутність паропроникності у разі виникнення пожежі тліє з виділенням токсичних речовин. Цей матеріал слід захищати від впливу органічних розчинників (наприклад, бензину, гасу), високих температур, а також не рекомендується довго зберігати під сонячними променями [18].

Поліпшення теплозахисних властивостей стінових захисних конструкцій полягає у збільшенні їх опору теплопередачі. Ця мета досягається утепленням стін теплоізоляційними матеріалами. Розміщення теплозахисту із зовнішнього боку будівлі має ряд переваг:

- створення теплової оболонки, що запобігає виникненню містків холоду;
 - відсутність необхідності влаштування теплоізоляційного шару;
 - можливість захисту стиків від протікання;
 - покращення архітектурно-мистецького вигляду будівлі;
 - можливість виправлення дефектів стіни;
 - розміщення стінового матеріалу, що добре акумулює тепло, у зоні позитивних температур.
- Підвищується тепла інерція огорожі, покращуються її теплозахисні властивості;
- не зменшується внутрішня площа приміщення;
 - відсутність незручностей, пов'язаних з влаштуванням теплоізоляції в місцях розміщення опалювальних приладів та в межах товщини підлоги.

При проектуванні термоізоляційної оболонки необхідно враховувати явища, пов'язані з рухом водяної пари. Багатошарові стіни слід конструювати так, щоб шар з великим дифузним опором знаходився ближче до внутрішньої теплової поверхні стіни. У цьому випадку пара може випаровуватись зі стіни в тій же кількості, в якій потрапляє туди, не конденсуючись усередині огорожі. Якщо неможливо розмістити зовнішні шари огорожі таким чином, щоб їх опір був меншим або дорівнював опору ізоляційного шару, виникає необхідність у застосуванні пароізоляції.

При здійсненні проекту з утеплення будинку визначають 4 види ефективності: екологічну, інвестиційну, економічну та соціальну. Найточнішу оцінку можна дати лише економічній стороні проекту, як іншим тільки попередню.

Головною метою економічної ефективності є рівень задоволення людей. При прийнятті рішення щодо фінансування енергозберігаючих проектів головним показником є кількісний економічний ефект. Ефект соціальної сторони буде виражений у збільшенні комфорту житла за рахунок зменшення використання ресурсів, можливості контролю внутрішньокліматичних параметрів, використання енергоефективного обладнання і як результат зростання тривалості

життя. Екоефективність досягатиметься зменшенням ресурсоспоживання, можливістю використання відновлюваних енергоджерел та вторинної сировини, зменшенням шкідливих викидів в атмосферу.

Призначенням теплоізоляційних матеріалів є скорочення споживання енергії. Крім того, ізоляція сприяє скороченню забруднення довкілля, викликаного збільшенням вироблення енергії для будівель і промисловості.

Річ у тому, що парниковий ефект частково обумовлюється збільшенням змісту в повітрі двоокису вуглецю (CO_2), який викидається в атмосферу при спалюванні викопного палива. Чим більше ми опалюємо приміщення, тим більше в атмосферу викидається CO_2 . Функція теплоізоляції – скорочення споживання енергії.

Теплоізоляція радикально знижує необхідність опалювання приміщень і цим сприяє пониженню вмісту двоокису вуглецю в атмосфері. Численні дослідження показали, що в країнах Європи викиди CO_2 могли б бути скорочені на 50%, якби в усіх опалювальних будівлях дотримувалися національні норми по теплоізоляції.

Було запропоновано нові конструктивні рішення з ефективними утеплювачами ISOVER (рис. 1, 2) при проектуванні об'єкту «Розважальний комплекс на 80 місць», розташованого на території паркової зони м. Кривий Ріг, вздовж проїзної частини вулиці Черняхівського.

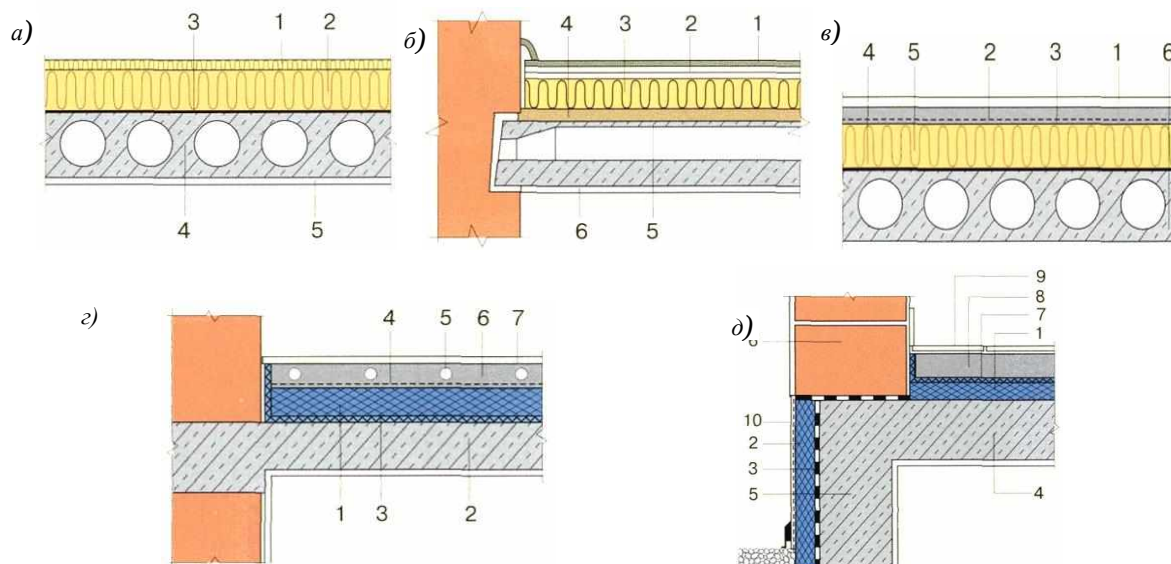


Рис. 2. Конструкції вузлів по перекриттю: *а* – горищне перекриття (1 – скловатна плита RKL – 30 мм; 2 – скловатна плита KL – 125 мм; 3 – поліетиленова плівка; 4 – залізобетонна плита; 5 – штукатурка); *б* – міжповерхове перекриття з безшовною підлогою (1 – покриття підлоги; 2 – дерев'яно-стружкова плита – 2 шари; 3 – скловатна жорстка плита – FLO – 40 мм; 4 – піщана засипка із зв'язкою; 5 – залізобетонна пустотна плита; 6 – вапняно-цементна штукатурка); *в* – перекриття над проїздом (1 – покриття підлоги; 2 – стягування; 3 – арматурна сітка; 4 – поліетиленова плівка; 5 – скловатні плити OL-YK, OL-K – 150 мм; 6 – залізобетонна плита); *г* – міжповерхове перекриття з обігрівом підлоги (1 – екструдований пінополістирол Floomate; 2 – залізобетонна плита; 3 – екструдований пінополістирол Styrofoam; 4 – поліетиленова плівка; 5 – ogrівальні труби; 6 – стягування; 7 – покриття підлоги); *д* – перекриття над холодним підвалом (1 – екструдований пінополістирол Floomate; 2 – екструдований пінополістирол Styrofoam; 3 – гідроізоляція; 4 – залізобетонна плита; 5 – стіна підвального приміщення; 6 – стіна зовнішня; 7 – екструдований пінополістирол Styrofoam; 8 – стягування; 9 – покриття підлоги; 10 – обробка цоколя)

Виявлено, що можна отримати від'ємні значення лінійних коефіцієнтів теплопередачі за рахунок додаткового утеплення вузлів. Підвищення теплотахисних властивостей вузлів буде сприяти підвищенню рівня енергоефективності за рахунок зменшення теплопередачі, збільшенню приведенного опору теплопередачі та зростанню мінімальної температури на внутрішніх поверхнях.

Висновки та напрямки подальших досліджень. Напрямами впровадження енергозберігаючих технологій є: оцінка технічних рішень огорожувальних конструкцій; теплотехнічні характеристики будівель; показники енергоефективності будівель; показники енергопаспортизації будівель; показники сертифікації будівель; термомодернізація та енергоаудит в будівельному секторі; вимоги щодо мікроклімату в приміщеннях. В результаті проведених досліджень

було розглянуто сучасні утеплювачі та запроєктовано конструктивні вузли перекриття з використанням утеплювача ISOVER в громадській будівлі.

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. Тарновський, 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. **Волынский 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.** Термомодернізація 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 // Сталій 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.