

**Гетун Галина В'ячеславівна**

Доктор технічних наук, професор кафедри архітектурних конструкцій, [orcid.org/0000-0002-3317-3456](https://orcid.org/0000-0002-3317-3456)  
Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

**Кошева Вікторія Олександрівна**

Асистент кафедри архітектурних конструкцій, [orcid.org/0000-0001-9548-9999](https://orcid.org/0000-0001-9548-9999)  
Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

**Гамоцький Роман Олегович**

Магістр ПЦБ, [orcid.org/0000-0002-5469-8606](https://orcid.org/0000-0002-5469-8606)  
Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

**Гончаренко Артем Вадимович**

Магістр ФІСЕ, [orcid.org/0000-0001-5647-1360](https://orcid.org/0000-0001-5647-1360)  
Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

## ОЦІНКА ТЕПЛОВТРАТ ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ ЖК «АРТ-КВАРТАЛ СПІВОЧЕ»

**Анотація.** На обслуговування та утримання будівель в Україні витрачається значна кількість енергоресурсів через низький опір теплопередачі огорожувальних конструкцій. Проблема підвищення рівня енергетичної ефективності будівель не є новою для України, проте заходи з підвищення їх енергоефективності в окремих містах і регіонах не набули масового характеру. Передусім це пов'язано з тим, що вартість енергетичних ресурсів була нижча за ринкові ціни, що не створило відповідної мотивації для залучення інвестицій в енергоефективні технології в будівельній галузі. Сучасна тенденція в будівельній галузі щодо зниження собівартості будівництва за рахунок використання дешевших і менш якісних матеріалів та порушення технологічних процесів при виконанні утеплення та опорядження зовнішніх огорожувальних конструкцій призводить до зниження якості конструкцій та збільшення тепло- та енерговтрат під час експлуатації, особливо це актуально для сучасних новобудов. У статті наведено основні технічні характеристики житлового будинку ЖК «Арт-квартал Співоче», проаналізовано його об'ємно-планувальні та конструктивні рішення, виконано теплотехнічні розрахунки та тепловізійне обстеження зовнішніх огорожувальних конструкцій тепловізором, виявлено та описано основні проблеми теплових втрат через зовнішню оболонку, виявлено проблемні вузли, створено їх дво- і тривимірні моделі, за допомогою програмних комплексів THERM 6 та Tetrer, побудовано графіки їх температурних полів, надано рекомендації щодо додаткового утеплення проблемних ділянок зовнішньої оболонки та зроблено висновки щодо перспектив подальших досліджень для покращення енергоефективності будинку.

**Ключові слова:** тепловтрати; енергоефективність; житловий будинок; теплоізоляція; температура; огорожувальні конструкції

### Постановка проблеми

У сучасному світі наявність і доступність паливно-енергетичних ресурсів, безперебійність їх постачання та ефективність використання багато в чому визначають темпи розвитку країни. Не є винятком і Україна, де на сьогодні склалась напружена ситуація із забезпеченням енергетичними ресурсами, успішне вирішення якої впливає на швидкість і якість розвитку країни у майбутньому [12; 15; 16; 23; 24].

Будівництво відповідає за надвеликі об'єми споживання енергії, викиди діоксиду вуглецю (CO<sub>2</sub>),

впливає на складові якості життя людини, екологічну ситуацію і фінансову стабільність країни [11]. Щороку житловий фонд України збільшується, а наявна енергетична ситуація та питання економії енергетичних ресурсів стає в один ряд з ключовими питаннями безпеки держави. Впровадження енергозберігаючих заходів на усіх рівнях господарського механізму визначає першочергові завдання, терміни та якість вирішення яких впливають на функціонування і виживання країни [14; 18].

Проблема підвищення рівня енергетичної ефективності будівель не є новою для України, але

заходи з їх покращення не набули масового характеру. Передусім це пов'язано з тим, що вартість енергетичних ресурсів була нижча за ринкові ціни, що не створило відповідної мотивації для залучення інвестицій в енергоефективні технології в будівництві житлових і нежитлових будівель [4; 7; 9].

На сьогодні обслуговування і утримання будівель потребує значної кількості енергоресурсів. Це пояснюється низьким термічним опором зовнішніх огорожувальних конструкцій, значними втратами тепла при постачанні гарячої води трубопроводами гарячого водопостачання та опалення, відсутності пристроїв, які контролюють та регулюють параметри теплоносіїв і параметри мікроклімату всередині приміщень будівель. Зменшення споживання енергоресурсів у будівлях житлового та нежитлового призначення набуває особливої актуальності у зв'язку з нагальною необхідністю економії коштів на їх утримання [11; 12; 19; 25]. Тому метою наших досліджень стала оцінка тепловтрат при експлуатації житлового панельного будинку в ЖК «АРТ-квартал Співоче».

### Мета статті

Метою роботи є оцінка тепловтрат житлового будинку ЖК «Арт-квартал Співоче». У статті розглянуто метод дослідження наявної будівлі за допомогою тепловізійної зйомки, а також метод дослідження об'єкта на стадії проектування за допомогою програмних комплексів THERM 6 та Temper.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

У вітчизняних і закордонних наукових роботах у галузі архітектурно-будівельного енергозбереження розглядаються переважно проблеми застосування конструктивних рішень утеплення зовнішніх огорожувальних конструкцій, використання інженерно-технічних заходів, розроблення та використання засобів збільшення теплонадходжень і окремі питання енерговитратності [15; 23; 11].

Дослідження в напрямках ефективного використання паливно-енергетичних ресурсів стосовно об'єктів будівництва і житлово-комунального господарства, енерго- та ресурсозбереження досліджувались в роботах Г.В. Гегун, В.М. Ільїнського, В.Л. Мартинова, В.О. Плоского, О.В. Сергійчука, М.В. Тимофеева, О. Табунщикова, Г.Г. Фаренюка [11; 13; 20; 21; 25] та інших. Вони є базою, що забезпечує можливість еволюційного удосконалення принципів регламентування правил проектування з урахуванням сучасних особливостей розвитку будівельної науки і практики.

Тепловтрати в будівлях, які опалюються, відбуваються, переважно, у вигляді дисперсії тепла зовнішніми огороженнями, що виникає і підсилюється з наростанням різниці температури повітря з внутрішнього і зовнішнього боку житлового приміщення, а також в результаті посиленої інфільтрації зовнішнього повітря через огорожувальні конструкції під тиском вітру і внаслідок виникнення різних аеродинамічних ефектів [20; 22].

Практика обстеження зовнішніх огорожувальних конструкцій будівель, збудованих в Україні до 2000 року, тепловізорами свідчить, що шість будівель з десяти перевірених мають колосальні втрати тепла, переважно з причин недостатнього утеплення зовнішніх огорожень – фундаментів, стін, вікон, покриття [21; 24].

Поява термографії з високою роздільною здатністю допомагає виявляти можливі вади всередині зовнішньої оболонки будівлі шляхом використання теплового зображення різних поверхонь споруди. Інфрачервоне термографічне обстеження будівлі тепловізором дає можливість проаналізувати закономірності в поверхневих температурах огорожень для визначення передачі тепла через конвекцію, випромінення або теплопровідність. Важливо відзначити, що термографія визначає лише температуру поверхні огорожувальної конструкції, а для з'ясування причин витоку теплової енергії має бути застосовано аналіз.

Таким чином, тепловізійне обстеження тепловізором дає змогу:

- зарахувати будівлю до того чи іншого класу енергетичної ефективності під час проведення аудиту і при розробленні її енергетичного паспорту;
- провести розрахунки теплотехнічних характеристик огорожувальних конструкцій будівлі та перевірити їх на відповідність чинним будівельним та санітарним нормам;
- перевірити якість роботи підрядних організацій з будівництва, модернізації, реконструкції чи ремонту будівлі;
- виявити містки холоду, місця пошкодження або відсутності теплоізоляційного шару, інфільтрації повітря, невідповідності конструктивних шарів проєктній документації та розробити рекомендації щодо їх усунення.

Тенденції в будівельній галузі щодо зниження собівартості будівництва, за рахунок використання дешевших і менш якісних матеріалів, відсутність застосування сучасних енергоефективних технологій призводять до зниження якості огорожувальних конструкцій та збільшення теплових і енергетичних втрат під час експлуатації будівлі, зниження показників мікроклімату в приміщеннях

(появи вологи, плісняви, грибку). Це є актуальним і для сучасних новобудов [14 – 16].

### Викладення основного матеріалу

Розглянемо основні технічні характеристики досліджуваного об'єкта ЖК «Арт-квартал Співоче» в м. Києві, три житлових будинки якого введені в експлуатацію у 2018 році. За формою фінансування будівництва, рівнем комфорту і соціальної спрямованості житлові будинки ЖК «Арт-квартал Співоче» за вимогами ДБН В.2.2-15-2019 «Житлові будинки. Основні положення» належать до II категорії (соціальні). За результатами складання паспорта енергетичної ефективності будинку належить до класу енергетичної ефективності «D». Для такого будинку треба виявити ділянки надмірних теплових втрат у зовнішніх огорожувальних конструкціях і надати рекомендації для їх утеплення. Фрагмент генплану забудови наведено на рис. 1.



Рисунок 1 – Фрагмент генплану забудови ЖК «Арт-квартал Співоче»

Обстежувалися (з використанням тепловізора) огорожувальні конструкції будинку III, який складається із семи житлових секцій, зблокованих під прямим кутом. Між всіма зблокованими секціями влаштовані деформаційні шви на всю висоту будинку. Габаритні розміри типової секції в плані 20,9 x 12,5 м. Будинок має 7 житлових поверхів (висота поверху – 2,8 м), підвал і надбудовані приміщення машинних відділень над сходово-ліфтовими вузлами. Повна максимальна висота будівлі над рівнем спланованої площадки 26,67 м. Всі житлові кімнати мають природне освітлення, в кожній квартирі передбачені заскленні на висоту поверху лоджії (рис. 2).



Рисунок 2 – Фрагмент фасаду житлового будинку III ЖК «Арт-квартал Співоче»

Конструктивні рішення житлового будинку:

- фундаменти з монолітних залізобетонних фундаментних плит завтовшки 500 мм, на які спираються монолітні залізобетонні стіни підвальних приміщень завтовшки 200 мм. Глибина закладання підшви фундаменту 3,22 м;

- зовнішні стіни наземних поверхів із залізобетонних стінових панелей завтовшки 160 мм із зовнішнім утеплювачем плитами з мінеральної вати на основі базальтового волокна завтовшки 150 мм і опорядженням тонкошаровою штукатуркою;

- деформаційні шви конструктивно вирішені несучими стінами з панелей завтовшки 160 мм із зовнішнім утепленням завтовшки 100 мм;

- вікна заповнені металопластиковими рамами з двокамерними склопакетами;

- лоджії не опалюються і мають вітражне засклення металопластиковими рамами з однокамерними склопакетами;

- внутрішні стіни зі збірних залізобетонних панелей завтовшки 160 мм;

- плити перекриттів і покриття зі збірних залізобетонних плит розміром на приміщення завтовшки 160 мм;

- просторова жорсткість будинку забезпечена зварюванням закладних деталей та з'єднаннями типу скоба-петля між суміжними стіновими панелями і плитами перекриттів і покриття;

- суміщене покриття з інверсійною покрівлею (тротуарна плитка і засипка щебенем по шару геотекстиля, утеплювач з екструдованого пінополістиролу завтовшки 200 мм, шар мембрани FIRESTOUN, похилоутворюючий шар з пінополістиролбетону (50 ... 200 мм) по збірних залізобетонних плитах покриття.

Тепловтрати – це кількість енергії (тепла), яку втрачає будівля в опалювальний період за одиницю часу через огорожувальні конструкції та на нагрівання повітря у приміщеннях, що надходить ззовні [1; 7; 8]. Ефективність використання теплової енергії в будівлях оцінюється за енергетичними показниками, які залежать від хіміко-фізичних і конструктивних характеристик огорожувальних конструкцій будинку (таблиця).

Таблиця – Теплофізичні показники будівельних матеріалів конструктивних шарів огорожувальної конструкції

№ шару	Будівельний матеріал конструктивного шару	$\delta$ , м	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Розрахункові коефіцієнти		
				$\lambda$ , Вт/(мхК)	S, Вт/(м <sup>2</sup> хК)	$\mu$ , кг/(м год Па)
1	Розчин цементно-піщаний	0,015	1800	0,93	11,09	0,09
2	Залізобетонна стінова панель	0,16	2500	2,04	18,95	0,03
3	Плити з мінеральної вати на основі базальтового волокна	0,15	75	0,047	0,48	0,50
4	Розчин цементно-піщаний	0,02	1800	0,93	11,09	0,09

Розрахунок теплотехнічних показників для зовнішніх стін проводився за вимогами ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель» для I температурної зони:

- температура зовнішнього повітря  $t_n = -22^\circ\text{C}$ ;
- температура внутрішнього повітря  $t_w = 20^\circ\text{C}$ ;
- мінімально допустиме значення опору теплопередачі для першої температурної зони

$$R_{q \min} = 3,3 \text{ м}^2 \text{ К/Вт.}$$

$$R_{np} = \frac{1}{\alpha_6} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{1}{\alpha_3} = 3,46 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}, \quad (1)$$

де  $\alpha_6 = 8,7 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$  – коефіцієнт сприйняття внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції;  $\alpha_3 = 23 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$  – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції;  $\delta$  – товщина конструктивного шару, м;  $\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності шару Вт/(мхК).

Вимога  $R_{np} = 3,46 \text{ м}^2 \text{ К/Вт} > R_{q \min} = 3,3 \text{ м}^2 \text{ К/Вт}$  виконується, конструкція зовнішньої стіни відповідає нормативним вимогам з економічно доцільного опору теплопередачі.

Температура внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції:

$$t_{em} = t_e - \left( \frac{t_e - t_3}{R_{np} - \alpha_6} \right) = 1,86^\circ\text{C}. \quad (2)$$

Для визначення тепловтрат будівлі нами було використано тепловізор Testo 881-2 з такими характеристиками:

- діапазон вимірюваних температур:  $20 \div 350^\circ\text{C}$ ;
- точність ВТ  $\pm 2\%$  або  $\pm 2^\circ\text{C}$ ;
- розмір ІЧ детектора  $160 \times 120$ ;
- температурна чутливість  $< 80 \text{ мК}$ ;
- робочий спектральний діапазон:  $7,5 \div 14 \text{ мкм}$ .

Тепловтрати через зовнішні огорожувальні конструкції будинку залежать від їх теплоізоляційних якостей та розмірів, а тому важливим фактором є площа зовнішніх огорожувальних конструкцій. Найбільшу площу мають зовнішні стіни, тому їхні теплотехнічні властивості відіграють домінуючу роль у тепловому захисті будинку.

Термічне обстеження зовнішніх огорожувальних конструкцій з використанням

тепловізора проводилось 26 січня 2019 року при температурі повітря  $-10,4^\circ\text{C}$ . На рис. 3 наведені результати інфрачервоного термографічного обстеження тепловтрат через зовнішні огорожувальні конструкції житлового будинку III ЖК «Арт-квартал Співоче» на ділянках: глухих стін без віконних прорізів біля ліфтових шахт і в торцях секцій (рис. 3, а, ж); стін з маленькими віконними прорізами біля сходових кліток (рис. 3, а, б); стін з невеликими і великими (вітражними) вікнами кімнат і застеленнями на всю висоту неопалюваними лоджіями (рис. 3, в, д); стін з великими вікнами, які примикають до деформаційного шва між секціями 6 і 7 (рис. 3, е); стін біля деформаційного шва між секціями 5 і 6, які утворюють кути, які западають, з протилежних боків будинку (рис. 3, б, ж); стін з невеликими вікнами (рис. 3, з, е). Температура поверхні зовнішніх стін і віконних прорізів змінювалась в діапазоні від  $+2,5$  до  $-6,0^\circ\text{C}$  (середня температура становила  $-4^\circ\text{C}$ ). Висока температура поверхні огорожувальної конструкції свідчить про інтенсивний теплообмін між її внутрішньою та зовнішньою поверхнями і недостатню теплову ізоляцію.

Найбільші тепловтрати (температура  $+4,4^\circ\text{C}$ ) зафіксовані уздовж деформаційних швів між секціями 2 і 3 (рис. 3, е) та між секціями 4 і 6 у кути, де температура збільшується знизу вгору в діапазоні від 0 до  $+2,2^\circ\text{C}$  (рис. 3, б). Це пояснюється тим, що при стикуванні суміжних секцій будинку з самостійними несучими торцевими стінами утворюються виступаючі кути, втрати тепла в яких більші, ніж по плоских поверхнях стін. Вірогідне порушення технології влаштування утеплення деформаційних швів будинків [13; 21].

Відомо, що через віконні конструкції втрачається до 20% тепловтрат будівлі [21]. Середня температура поверхонь вікон на ділянках склопакетів  $-3^\circ\text{C}$ , а по периметру віконних рам  $+2,8^\circ\text{C}$ . Це свідчить про малий термічний опір профілів віконних рам і неякісне виконання вузла примикання утеплювача з опоряджувальним шаром штукатурки до віконного блоку (рис. 3, а, б, в, з, д, е).

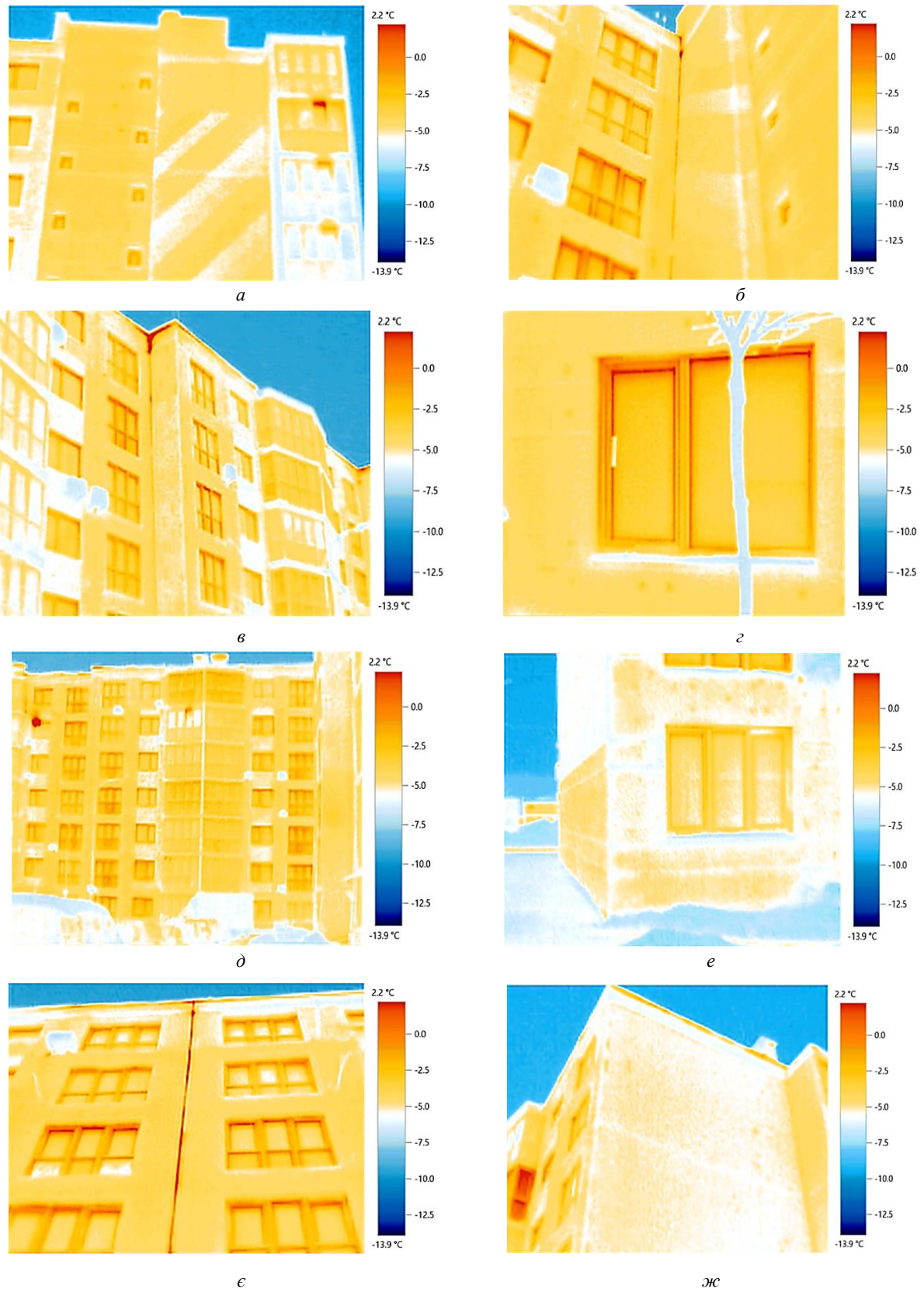


Рисунок 1 – Результати інфрачервоного термографічного обстеження огорожувальних конструкцій житлового будинку III:

а – стіни сходової клітки і ліфтового відділення 7 секції; б, ж – деформаційний шов між 4 і 5 секціями (кути, які западають, з протилежних боків); в, д – стіни, вікна і вітражі секції 2; г – вікно секції 2; е – стіни виступаючого кута секції 1; є – деформаційний шов між секціями 2 і 3

В кожній квартирі будинку є кімнати з великими вітражними вікнами, по периметру рам яких відбувається інтенсивний теплообмін з навколишнім середовищем і надмірні тепловтрати.

На рис. 2, ж зображені надлишкові тепловтрати через недостатньо утеплені огорожувальні конструкції лоджії (вікна з одинарними склопакетами, бокові стінки, плити підлоги і стелі), температура поверхні яких змінюється в діапазоні  $+1 \div +2,2$  °C). Мешканці квартири перетворили лоджію в опалювальне приміщення з порушенням проектного рішення.

Звичайно, дослідження тепловтрат зовнішніх огорожувальних конструкцій за допомогою тепловізорів не є повноцінними, тому що існує можливість пропустити вузли із значними тепловтратами. Але на наявних об'єктах для виявлення та подальшого вивчення та надання рекомендацій щодо утеплення проблемних вузлів стикування зовнішніх огорожувальних конструкцій експериментальні дослідження тепловізором є ефективними, незважаючи на трудомісткість процесу.

Помилки при проектуванні вузлів стикування зовнішніх огорожувальних конструкцій будівель приводять до конденсації вологи, зволоження утеплювача та зменшення термічного опору конструкції. Треба зважати, що в деяких проблемних вузлах через неправильний розподіл тепла за товщиною ззовні тепловтрати будуть в допустимих

межах і не будуть зафіксовані тепловізором, як проблемні ділянки. Тому необхідно виконувати комплексні дослідження огорожувальних конструкцій будинків з використанням спеціальних програмних комплексів.

Було проведено дослідження проблемних вузлів стикування огорожувальних конструкцій житлового будинку, виявлених на базі тепловізійного обстеження. Створені дво- і тривимірні моделі вузлів стикування огорожувальних конструкцій лоджій в рівнях типових і верхнього поверхів. За допомогою програмних комплексів *THERM 6* та *Temper* побудовані графіки температурних полів двовимірних та тривимірних моделей вузлів.

За результатами розрахунку двовимірної моделі вузла №1 (рис. 4, а, б, в), який знаходиться на торці у кутовій зоні будинку, температура в ньому становить  $+9,7$  °C, що не відповідає мінімальним нормативним вимогам. Запропоновано додаткове утеплення уздовж панелі огороження лоджії завдовжки 400 мм. Повторні результати розрахунку утепленого вузла показали, що точка роси в кутовій зоні не утворюється, температура становить  $+14,3$  °C, конденсат відсутній і надмірних витрат тепла не відбувається (рис. 5, а, б, в). Запропоноване конструктивне рішення є раціональним для всіх поверхів житлового будинку, крім верхнього, де стінові панелі лоджії стикуються з конструкціями суміщеного покриття.

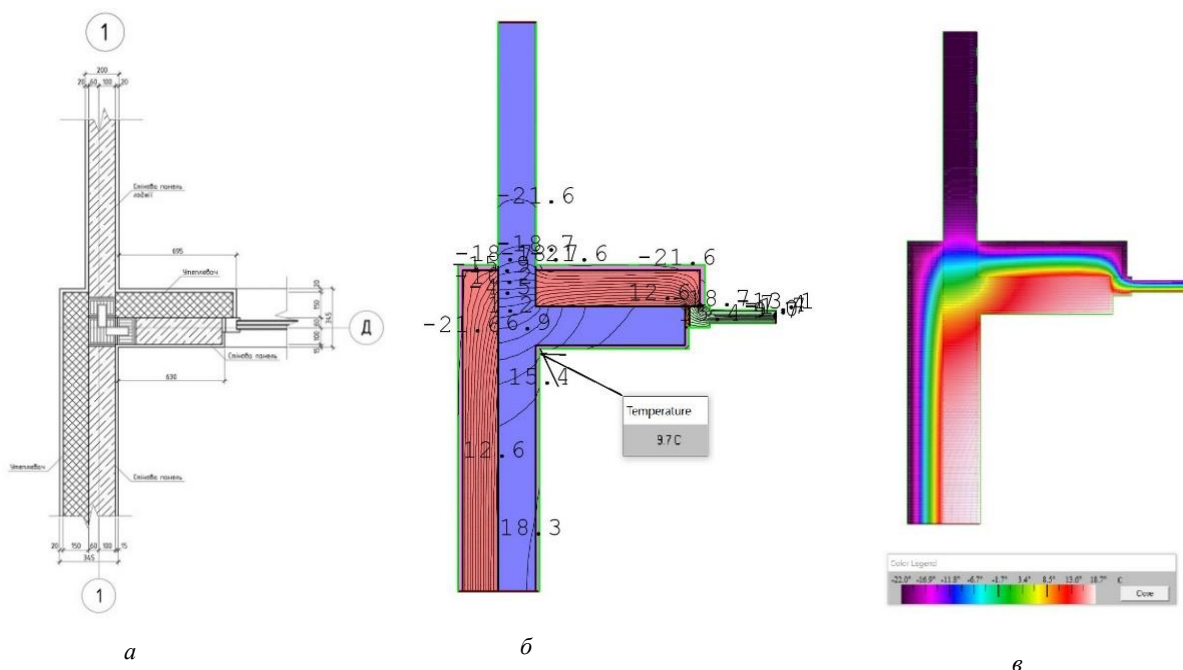


Рисунок 4 – Результати розрахунку вузла 1 житлового будинку III без додаткового утеплення стінової панелі лоджії: а – вузол 1 в плані; б – побудова температурного поля та визначення температури у вузлі 1; в – побудова кольорової схеми розподілу температури в товщі конструкції вузла 1

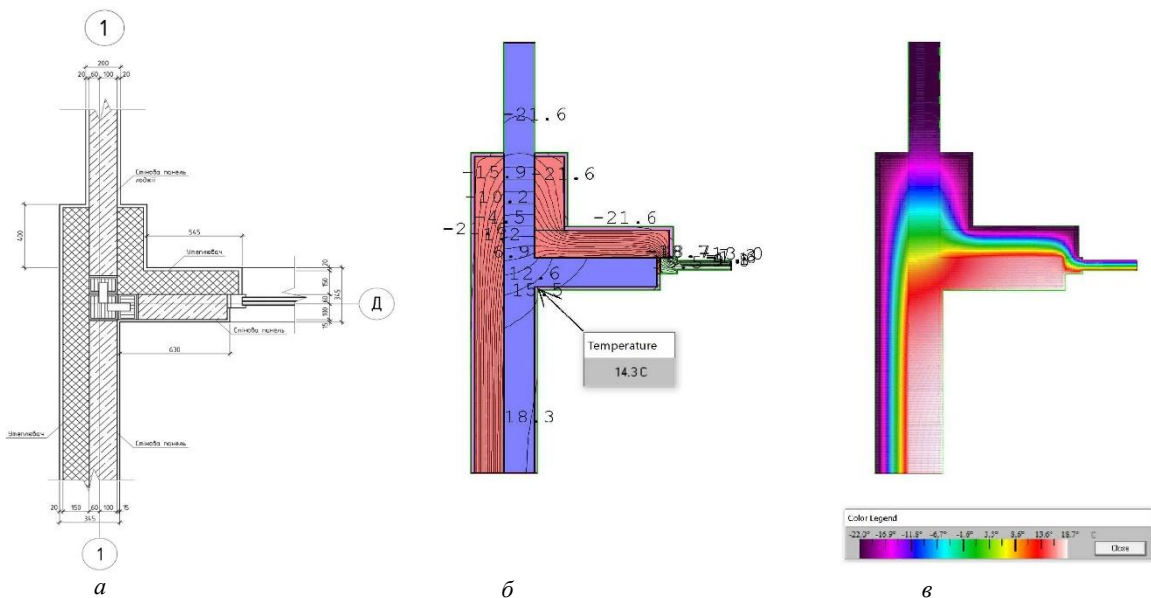


Рисунок 5 – Результати розрахунку вузла 1 житлового будинку III із додатковим утепленням стінової панелі лоджії:  
 а – вузол 1 в плані; б – побудова температурного поля та визначення температури у вузлі 1;  
 в – побудова кольорової схеми розподілу температури в товщі конструкції вузла 1

Тому створено 3D-модель вузла стикування стінових панелей лоджії верхнього поверху будинку з конструкціями суміщеного покриття (рис. 6, а). Результати розрахунків показали, що у вузлі наявна точка роси з температурою +9,96 °С, тобто цей вузол залишився проблемним.

Для вирішення цієї проблеми запропоновано утеплити парапет над лоджіями утеплюючими термовкладишами. Повторні результати розрахунку утепленого вузла показують підвищення температури у куті до +11,21 °С (рис. 6, а, б, в).

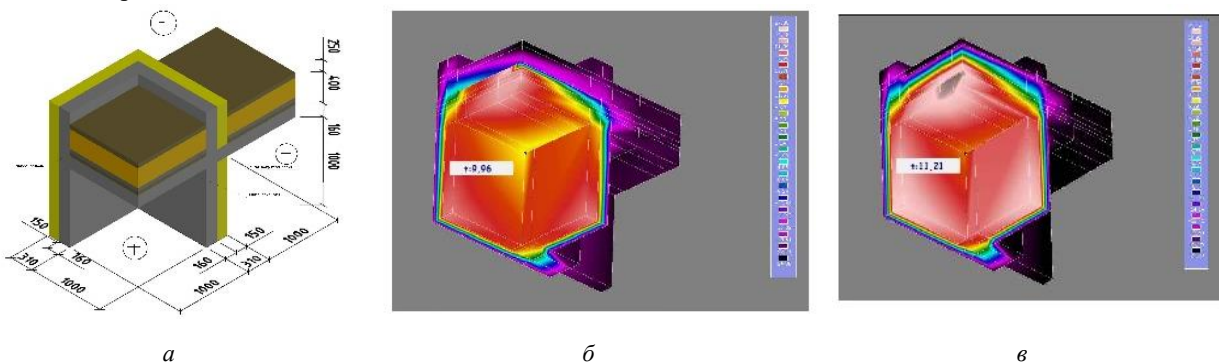


Рисунок 6 – Результати розрахунку вузла 1 житлового будинку III на межі перекриття між житловою кімнатою сьомого поверху та суміщеного покриття: а – 3D-модель вузла 1;  
 б – побудова кольорової схеми розподілу температури та визначення температури в кутовій зоні вузла 1 при використанні парапета без додаткового утеплення; в – побудова кольорової схеми розподілу температури та визначення температури в кутовій зоні вузла 1 при використанні парапета із додатковим утепленням

## Висновки

Проведено дослідження та оцінка теплових втрат зовнішніх огорожувальних конструкцій житлового будинку за допомогою тепловізора і розрахунків. Коефіцієнт опору теплопередачі зовнішніх стін становить 3,46 м<sup>2</sup>·К/Вт, мінімальне значення опору теплопередачі для першої температурної зони  $R_{q \min} = 3,3 \text{ м}^2 \text{ К/Вт}$ .

Вимога  $R_{np} = 3,46 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} > R_{q \min} = 3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$  виконується, конструкція стіни відповідає

нормативним вимогам з економічно доцільного опору теплопередачі. Експериментальні дослідження з використанням тепловізора показали, що найбільші тепловтрати відбуваються уздовж деформаційних швів між секціями будинку та на ділянках западаючих кутів будинку, де значення температур перебуває в межах від 0 до +2,2 °С.

Тепловізором зафіксовані також надмірні втрати тепла в місцях розташування високих вітражів у житлових кімнатах. Для зменшення

теплових витрат через віконні прорізи вітражів рекомендується замінити віконні рами вітражів великих кімнат будинку на рами з опором теплової передачі не менше  $0,75 \text{ м}^2\text{К/Вт}$  та використовувати вікна з 6-ти і 7-микамерними склопакетами, утеплювачем та ізоляцією (замість трикамерного склопакета).

Для покращення теплотехнічних показників зовнішніх стін біля деформаційних швів будинку треба використовувати пружні герметики вздовж всієї висоти швів.

В місцях втрати тепла в западаючих і виступаючих кутах будинку та у місцях примикання внутрішніх стін до зовнішніх рекомендується збільшити товщину утеплювача у формі пілястр чи інших форм.

Для проектування правильних конструктивних рішень огорожувальних конструкцій будівель і проблемних вузлів їх стикування треба виконувати повноцінні розрахунки температурного поля з побудовою графіків розподілу температури за завтовшки конструкцій. Для цього створюються двовимірні та тривимірні моделі проблемних вузлів і використовуються спеціальні програмні комплекси. Вони дають змогу виявити та усунути всі проблемні ділянки із надмірними втратами тепла.

Надмірні тепловтрати на ділянках примикання стінових панелей неопалюваних лоджій до зовнішніх стін будинку виявлені за результатами розрахунків та побудови схем розподілу температур в проблемних вузлах. Для зменшення таких тепловтрат треба утеплити стіни лоджій утеплювачем завтовшки 150 мм.

### Список літератури

1. Alihodzic R. *Renewable Energy Sources Used to Supply Pre-School Facilities with Energy in Different Weather Conditions* / R. Alihodzic, V. Murgul, N. Vatin, E. Aronova, V. Nikolić, M. Tanić, D. Stanković // *Applied Mechanics and Materials*. – 2014. – Vol. 624. – P. 604–612.
2. *Can China Really Build the World's Tallest Building in 90 Days*. [Електронний ресурс] // <http://gizmodo.com/chinas-radicalplan-to-build-the-worlds-tallest-build-510487766>
3. Madura H. *Influence of sun radiation on results of non-contact temperature measurements in far infrared range* / H. Madura, M. Kolodziejczyk // *Opto-Electronics Review*. – 2005. – № 13. – P. 253–257.
4. Minkina W. *Termografia w podczerwieni – błędy i niepewności* / W. Minkina, S. Dudzik // *Pomiary Automatyka Kontrola*. – Vol. 55. – № 11. – S. 868–873.
5. *Implementing Energy Efficiency Policies* [Electronic resource]. – OECD/IEA, 2009. – Mode of access: <https://www.iea.org/publications/freepublications/publicationimplementingee2009.pdf>
6. Taylor T. *Combining thermography and computer simulation to identify and assess insulation defects in the construction of building façades* / T. Taylor, J. Counsell, S. Gill // *Energy and Buildings*. – 2014. – Vol. 76. – P. 130 – 142.
7. Vatin N.I. *The Energy-Efficient Heat Insulation Thickness for Systems of Hinged Ventilated Facades* / N.I. Vatin, A.S. Gorshkov, D.V. Nemova, A.A. Staritsyna, D.S. Tarasova // *Advanced Materials Research*. – 2014. – No. 941 – 944. – P. 905 – 920.
8. Vavilov V. P. *A Pessimistic View of the Energy Auditing of Building Structures with the Use of Infrared Thermography* / V. P. Vavilov // *Russ. J. of Nondestructive Testing*. – 2010. – Vol. 46. – No. 12. – P. 906 – 910.
9. Аналітична записка «Виклики для енергетичної безпеки України: сучасний стан – 2010» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.icps.com.ua/files/articles/58/24/Energy\\_Strategy\\_UKR.pdf](http://www.icps.com.ua/files/articles/58/24/Energy_Strategy_UKR.pdf)
10. Ананьев А.И. *Теплотехнические показатели строительных материалов и конструкций* / А. И. Ананьев, О. А. Хоров, Л. Д. Евсеев [и др.] // *Строительный эксперт*. – 2005. – № 16(203). – С. 17–23.
11. Бараннік В. О. *Ефективність енергоспоживання в державі як індикатор конкурентоспроможності. Міждержавні співставлення* [Електронний ресурс] / В. О. Бараннік // *Економічний вісник НТУУ «КПІ»*. – Режим доступу: [http://economy.kpi.ua/files/files/3\\_kpi\\_2010\\_7.pdf](http://economy.kpi.ua/files/files/3_kpi_2010_7.pdf)
12. Власюк О.С. *Конкурентоспроможність енергетики: стан, проблеми, перспективи* / О.С. Власюк, Д.К. Прейгер // *Стратегічна панорама*. – 2009. – № 2. – С. 26 – 35.
13. Гетун Г.В. *Системи ізоляції будівельних конструкцій: Навчальний посібник* / Гетун Г.В., Румянцев Б.М., Жуков А.Д. – Дніпро: 2016. Видавництво «Журфонд». – 676 с.
14. *Енергоефективність як ресурс інноваційного розвитку: Національна доповідь про стан та перспективи реалізації державної політики енергоефективності у 2008 році* / [Єрмілов С.Ф., Гаєць В.М., Яценко Ю.П., Григоровський В.В., Лір В.Е. та ін.]. – К. : НАЕР, 2009. – 93 с.
15. Жовтянський В.А. *Стратегія енергозбереження в Україні: Аналітично-довідкові матеріали* / Колективна монографія в 2-х томах / За ред. В.А. Жовтянського., М.М. Кулика, Б.С. Стогнія. – Т.1.
16. *Загальні засади енергозбереження*. – К. : Академперіодика, 2006. – 510 с.; Т.2: *Механізми реалізації політики енергозбереження*, 2006. – 600 с.
17. Малявина Е.Г. *Учет теплопотуплений в помещения при расчете годового энергопотребления здания* / Е.Г. Малявина, С.В. Бирюков // *Стройпрофиль*. – 2005. – №2/1. – С. 38 – 40.



18. Мица Н. В. Сутність та проблеми енергозбереження в Україні [Електронний ресурс] / Н.В. Мица // Сталій розвиток економіки. – Режим доступу : [http://www.nbuv.gov.ua/portal/soc\\_gum/sre/2011\\_4/40.pdf](http://www.nbuv.gov.ua/portal/soc_gum/sre/2011_4/40.pdf)
19. Приступа М. Енергозбереження в Україні: правові аспекти і практична реалізація / М. Приступа, М. Болонко. – Рівне: О.Зень, 2011. – 56 с.
20. Плоский В.О., Гетун Г. В. Архітектура будівель та споруд. Книга 2. Житлові будинки: Підручник для вищих навчальних закладів. – Видання третє, перероблене і доповнене // В.О. Плоский, Г.В. Гетун. – Кам'янець-Подільський: Видавництво «Рута». – 2017 р. – 736 с.
21. Плоский В.О. та ін. Архітектура будівель та споруд. Книга 4. Технічна експлуатація та реконструкція будівель: Підручник для вищих навчальних закладів // В.О. Плоский, Г.В. Гетун, В.Л. Мартинов, О.В. Сергейчук, В.Д. Віроцький, В.І. Запривода, В.Д. Кріпак, Л.І. Лаврінченко, О.М. Малишев. – Кам'янець-Подільський: Видавництво «Рута». – 2018 р. – 750 с.
22. Суходоля О.М. Фактори впливу на енергоефективність національної економіки / О.М. Суходоля // Вісник Національної академії державного управління при Президенті України. – 2005. – № 1. – С. 236. – 247.
23. Сердюк Т.В. Організаційно-економічний механізм енергозбереження в промисловості: монографія / Т.В. Сердюк. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005. – 154 с.
24. Табуницков Ю.А. Энергоэффективные здания / Ю.А. Табуницков [и др.]. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2003. – ISBN 5-94533-007-8.
25. Фаренюк Г.Г. Основи забезпечення енергоефективності будинків та теплової надійності огорожувальних конструкцій / Г.Г. Фаренюк – К.: Гама-Принт. 2009. – 216 с.

Стаття надійшла до редколегії 12.03.2020

**Гетун Галина Вячеславовна**

Доктор технических наук, профессор кафедры архитектурных конструкций, [orcid.org/0000-0002-3317-3456](https://orcid.org/0000-0002-3317-3456)  
Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев

**Кошечкина Виктория Александровна**

Ассистент кафедры архитектурных конструкций, [orcid.org/0000-0001-9548-9999](https://orcid.org/0000-0001-9548-9999)  
Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев

**Гамоцкий Роман Олегович**

Магистр ПГС, [orcid.org/0000-0002-5469-8606](https://orcid.org/0000-0002-5469-8606)  
Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев

**Гончаренко Артем Вадимович**

Магистр ФІСЕ, [orcid.org/0000-0001-5647-1360](https://orcid.org/0000-0001-5647-1360)  
Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев

**ОЦЕНКА ТЕПЛОПOTЕРЬ ЖИЛОГО ДОМА ЖК «АРТ-КВАРТАЛ ПЕВЧЕЕ»**

**Аннотация.** На обслуживание и содержание зданий в Украине тратится значительное количество энергоресурсов через низкое сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций. Проблема повышения уровня энергетической эффективности зданий не является новой для нашей страны, однако меры по повышению их энергоэффективности в отдельных городах и регионах не приобрели массовый характер. В первую очередь это связано с тем, что стоимость энергетических ресурсов была ниже рыночных цен, что не создало соответствующей мотивации для привлечения инвестиций в энергоэффективные технологии в строительной отрасли. Современная тенденция в строительной отрасли по снижению себестоимости строительства за счет использования более дешевых и менее качественных материалов и нарушения технологических процессов при выполнении утепления и отделки наружных ограждающих конструкций приводит к снижению качества конструкций и увеличению тепло- и энергопотерь при эксплуатации, особенно это актуально для современных новостроек. Целью работы является исследование тепловых потоков и анализ тепловых потерь через ограждающие конструкции семиэтажного панельного жилого дома, возведенного в Киеве в 2018 году, наружные стены которого утеплены со стороны фасадов и отделаны тонкослойной штукатуркой. Приведены основные технические характеристики жилого дома ЖК «Арт-квартал Певчее», проанализированы его объемно-планировочные и конструктивные решения, выполненные теплотехнические расчеты и Тепловизионное обследование наружных ограждающих конструкций тепловизором, выявлены и описаны основные проблемы тепловых потерь через внешнюю оболочку, обнаруженные проблемные узлы, созданные их двух- и трехмерные модели с помощью программных комплексов THERM 6 и Тепрег. Построены графики его температурных полей, даны рекомендации по дополнительному утеплению проблемных участков внешней оболочки и сделаны выводы о перспективах дальнейших исследований для улучшения энергоэффективности дома.

**Ключевые слова:** теплопотери; энергоэффективность; жилой дом; теплоизоляция; температура, ограждающие конструкции

**Getun Galina**

DSc (Eng.), Professor of the Department of Architectural Structures, [orcid.org/0000-0002-3317-3456](https://orcid.org/0000-0002-3317-3456)

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

**Kosheva Victoria**

Assistant of the Department of Architectural Structures, [orcid.org/0000-0001-9548-9999](https://orcid.org/0000-0001-9548-9999)

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

**Gamotsky Roman**

MSc, [orcid.org/0000-0002-5469-8606](https://orcid.org/0000-0002-5469-8606)

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

**Goncharenko Artem**

MSc, [orcid.org/0000-0001-5647-1360](https://orcid.org/0000-0001-5647-1360)

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

### ASSESSMENT OF HEAT LOSS IN THE PANEL BUILDING OF THE RESIDENTIAL COMPLEX "ART-QUARTER OF THE SPIVOCHE"

**Annotation.** Maintenance of buildings in Ukraine consumes a significant amount of energy because of the low resistance to heat transfer of enclosing structures. The problem of improving the energy efficiency of buildings is not new for our country, but measures to improve their energy efficiency in some cities and regions have not become massive. First of all, this is due to the fact that the cost of energy resources was lower than market prices, which did not create the appropriate motivation for attracting investments in energy-efficient technologies in the construction industry. The current trend in the construction industry to reduce the cost of construction, due to the use of cheaper and less-quality materials and the violation of technological processes in the insulation and fitting of external fencing structures leads to a decrease in the quality of structures and increase the heat and energy during operation, especially for modern new buildings. The purpose of the work is to study heat flows and analysis of thermal losses through the enclosing structures of a panel house built in Kiev, the outer walls of which are insulated from the side of the facades and finished with thin-layer plaster. The article presents the main technical characteristics of the residential building of the Residential Complex "ART-Quarter of the Spivoche" analyzes its volumetric-planning and design solutions, performs the heat engineering calculations of the outer walls, conducts the thermal imaging examination of the external enclosing structures by the thermal imager, describes the main problems of heat loss through the outer shell and conclusions are made regarding the prospects for further research to improve the energy efficiency of the building.

**Key words:** heat loss, energy efficiency, residential building, thermal insulation, temperature, fencing constructions.

#### References

1. Alihodzic, R. And others. (2014). Renewable Energy Sources Used to Supply Pre-School Facilities with Energy in Different Weather Conditions. *Applied Mechanics and Materials*, 624, 604 – 612.
2. Can China Really Build the World's Tallest Building in 90 Days. [Electronic resource] // <http://gizmodo.com/chinas-radicalplan-to-build-the-worlds-tallest-build-510487766>
3. Madura, H., Kołodziejczyk, M. (2005). Influence of sun radiation on results of non-contact temperature measurements in far infrared range. *Opto-Electronics Review*, 13, 253–257.
4. Minkina, W., Dudzik, S. (2017). Termografia w podczerwieni – błędy i niepewności. *Pomiary Automatyka Kontrola*, 55, 11, 868-873.
5. Implementing Energy Efficiency Policies. (2009). [Electronic resource]. Mode of access: <https://www.iea.org/publications/freepublications/publicationimplementingee2009.pdf>.
6. Taylor, T., Counsell, J., Gill, S. (2014). Combining thermography and computer simulation to identify and assess insulation defects in the construction of building façades. *Energy and Buildings*, 76, 130–142.
7. Vatin, N.I. and others. (2014). The Energy-Efficient Heat Insulation Thickness for Systems of Hinged Ventilated Facades. *Advanced Materials Research*, 941–944, 905–920.
8. Vavilov, V. P. (2010). A Pessimistic View of the Energy Auditing of Building Structures with the Use of Infrared Thermography. *Russ. J. of Nondestructive Testing*, 46, 12, 906–910.
9. Analytical note "Challenges for Ukraine's energy security: the current state – 2010" [Electronic resource]. – Access mode: [http://www.icps.com.ua/files/articles/58/24/Energy\\_Strategy\\_UKR.pdf](http://www.icps.com.ua/files/articles/58/24/Energy_Strategy_UKR.pdf)
10. Ananov, A.I. and others. (2005). Heat-technical indicators of building materials and structures. *Construction expert*, 16, (203), 17-23.
11. Barannik, V.O. (2010). Efficiency of power consumption in the state as an indicator of competitiveness. Interstate Comparison [Electronic resource]. *Economic Bulletin of NTUU "KPI"*. – Mode of access: [http://economy.kpi.ua/files/files/3\\_kpi\\_2010\\_7.pdf](http://economy.kpi.ua/files/files/3_kpi_2010_7.pdf)

12. Vlasyuk, O.S., Premier, D.K. (2009). *Competitiveness of energy: state, problems, perspectives*. *Strategic Panorama*, 2, 26-35.
13. Hetun, G.V., Rumyantsev, B.M., Zhukov, A.D. (2016). *Systems of insulation of building structures: Textbook*. Dnepr: Publishing house «Zhurfond», 676.
14. *Energy Efficiency as a Resource of Innovation Development: National Report on the Status and Prospects of Implementation of the State Energy Efficiency Policy in 2008*. (2009). [Yermilov S.F., Gayets V.M., Yaschenko Yu.P., V.G. Grigorovsky, Lyr V. E. et al.]. K.: NAER, 93.
15. Zhovtyansky, V.A., Kulik, M.M., Stognia, B.S. (2006). *Energy Conservation Strategy in Ukraine: Analytical Reference Materials. Collective Monograph in 2 volumes*. V.1 *General principles of energy saving*. K.: *Academiperiodica*, 510; V.2: *Mechanisms for implementation of energy saving policy*, 600.
16. Malyavina, E.G., Biryukov, S.V. (2005). *Accounting for heat supply in the premises when calculating the annual energy consumption of the building*. *Stroiprofil*, 2/1, 38-40.
17. Mitsa, N.V. (2011). *Essence and problems of energy saving in Ukraine [Electronic resource]*. *Sustainable development of the economy*. – Access mode: [http://www.nbuv.gov.ua/portal/soc\\_gum/sre/2011\\_4/40.pdf](http://www.nbuv.gov.ua/portal/soc_gum/sre/2011_4/40.pdf)
18. Pristupa, M. (2011). *Energy saving in Ukraine: legal aspects and practical implementation* Rivne: O. Zen, 56.
19. Plosky, V.O., Hetun, G.V. (2017). *Architecture of buildings and structures. Book 2. Residential Homes: Textbook for Higher Educational Institutions. Third edition, revised and supplemented*. Kamyanets-Podilsky: Publishing House "Ruta", 736.
20. Plosky V.O., Getun G.V., Martynov V. L., Sergeychuk O. V., Virotsky V. D., Zaprivody V. I., V. D. Kripak, Lavrinenko L. I., Malyshev O. M. (2018). *Architecture of buildings and structures. Book 4. Technical Operation and Reconstruction of Buildings: Textbook for Higher Educational Institutions*. Kamyanets-Podilsky: Publishing House "Ruta", 750.
21. Sukhodolya, O.M. (2005). *The factors influencing the energy efficiency of the national economy*. *Bulletin of the National Academy of Public Administration under the President of Ukraine*, 1, 236-247.
22. Serdyuk, T.V. (2005). *Organizational and economic mechanism of energy saving in industry: monograph*. Vinnytsia: UNIVERSUM-Vimnytsia, 154.
23. Tabunshchikov, Yu.A. (2003). *Energy Efficient Buildings*. M.: AVOK-PRESS. ISBN 5-94533-007-8.
24. Fahrenuk, G.G. (2009). *Basics of energy efficiency of buildings and thermal reliability of fencing constructions*. K.: Gam-Print, 216.

---

#### Посилання на публікацію

- APA Getun, Galina, Kosheva, Victoria, Gamotsky, Roman, & Goncharenko, Artem, (2020). *Assessment of heat loss in the panel building of the residential complex "Art-quarter of the spivoche"*. *Management of Development of Complex Systems*, 42, 82 – 92, [dx.doi.org\10.32347/2412-9933.2020.42.82-92](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2020.42.82-92).
- ДСТУ Гетун Г.В. Оцінка тепловтрат житлового будинку ЖК «Арт-квартал Співоче» [Текст] / Г.В. Гетун, В.О. Кошева, Р.О. Гамоцький, А.В. Гончаренко // *Управління розвитком складних систем*. – 2020. – № 42. – С. 82 – 92, [dx.doi.org\10.32347/2412-9933.2020.42.82-92](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2020.42.82-92).