

## УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНИХ РЕЖИМІВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ СІЛЬСЬКИХ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ

Ю.І. Дорошенко, В.Б. Михалків, М.М. Засідко

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42166,  
e-mail: tzn@nimg.edu.ua

Актуальність теми раціонального використання газу, а відповідно удосконалення температурних режимів експлуатації систем опалення сільських населених пунктів на даний момент важко переоцінити. Зростання цін на енергоносії підводить нас до розв'язування однієї із найважливіших задач зі зниження енергозатрат на опалення в процесі експлуатації.

Зниження енергоспоживання для України є однією з найважливіших задач, оскільки її забезпеченість власними енергоресурсами на цей час не перевищує 40-45 %.

Житлово-комунальний комплекс України займає третє місце після металургійної і хімічної промисловості за обсягами споживання енергоносіїв і перше місце - за споживанням тепла.

Виходячи з різних експертних оцінок, основний об'єм тепловтрат на опалення в будинках тільки на фасадах будівель звичайної будови становить від 35 до 45 відсотків.

Створення комфортного режиму в будинках і підтримання його довший час досягається неефективними методами: залучаються додаткові обігрівачі чи холодильні установки, але усе це не виключає головної проблеми – тепловтрат.

Метою наукової роботи є аналіз впливу температурних режимів на ефективність роботи системи опалення в умовах сільського населеного пункту для удосконалення методики визначення її теплового навантаження і тепловтрат, а також забезпечення раціональних теплових режимів. Виконання мети роботи полягає у вирішенні наступних задач: виявити й обґрунтувати особливості методики позначення впливу температурних режимів на ефективність роботи системи опалення: встановити залежність роботи системи опалення від температури зовнішнього повітря; експериментально встановити вплив температури зовнішнього повітря на побутове споживання природного газу в житлових будинках.

Застосування сучасних технологій дає можливість скоротити затрати на опалення у три рази.

Виходячи з викладеного, при довгостроковому плануванні та оптимізації роботи паливно-енергетичного комплексу країни, розробці перспективних державних і галузевих програм, що пов'язані з виробництвом, транспортуванням та споживанням енергоресурсів, обов'язково необхідно враховувати динаміку змін клімату, що спостерігається вже сьогодні та прогнозується в майбутньому. Особливо це стосується систем теплоснабження, оскільки на цю сферу витрачається значна частка енергоресурсів, і одними з визначальних факторів впливу на об'єми теплоспоживання є погодно-кліматичні чинники.

Ключові слова: тепловий режим, опалення, житлові будівлі, огорожувальні конструкції, зовнішня температура, утеплення.

Актуальность темы рационального использования газа, а соответственно совершенствования температурных режимов эксплуатации систем отопления сельских населенных пунктов на данный момент трудно переоценить. Рост цен на энергоносители приводит нас к решению одной из важнейших задач по снижению энергозатрат на отопление в процессе эксплуатации.

Снижение энергопотребления Украины является одной из важнейших задач, так как ее обеспеченность собственными энергоресурсами в настоящее время не превышает 40-45%.

Жилищно-коммунальный комплекс Украины занимает третье место после металлургической и химической промышленности по объемам потребления энергоносителей и первое место - по потреблению тепла.

Исходя из различных экспертных оценок, основной объем теплопотерь на отопление в домах только на фасадах зданий обычного строения составляет от 35 до 45 процентов.

Создание комфортного режима в домах и поддержание его дольше достигается неэффективными методами: прилагаются дополнительные обогреватели или холодильные установки, но все это не исключает главной проблемы - теплопотерь.

Целью научной работы является анализ влияния температурных режимов на эффективность работы системы отопления в условиях сельского населенного пункта, для совершенствования методики определения ее тепловой нагрузки и теплопотерь, а также обеспечение оптимальных тепловых режимов. Выполнение цели работы заключается в решении следующих задач: выявить и обосновать особенности методики расчета влияния температурных режимов на эффективность работы системы отопления, установить зависимость работы системы отопления от температуры наружного воздуха; экспериментально установить влияние температуры воздуха на бытовое потребление природного газа в жилых домах.

Применение современных технологий позволяет сократить затраты на отопление в три раза.

Исходя из изложенного, при долгосрочном планировании и оптимизации работы топливно-энергетического комплекса страны, разработке перспективных государственных и отраслевых программ, связанных с производством, транспортировкой и потреблением энергоресурсов, обязательно необходимо учитывать динамику изменений климата, наблюдается уже сегодня и прогнозируется в будущем. Особенно это касается систем теплоснабжения, поскольку на эту сферу расходуется значительная доля энергоресурсов, и одними из определяющих факторов влияния на объемы теплопотребления является погодно-климатические факторы.

Исходя из изложенного, при долгосрочном планировании и оптимизации работы топливно-энергетического комплекса страны, разработке перспективных государственных и отраслевых программ, связанных с производством, транспортировкой и потреблением энергоресурсов, обязательно необходимо учитывать динамику изменений климата, наблюдается уже сегодня и прогнозируется в будущем. Особенно это касается систем теплоснабжения, поскольку на эту сферу расходуется значительная доля энергоресурсов, и одними из определяющих факторов влияния на объемы теплопотребления является погодноклиматические факторы.

Ключевые слова: тепловой режим, отопление, жилые здания, ограждающие конструкции, наружная температура, утепление.

*The topicality of gas efficient utilization and correspondingly improvement of working temperature regimes of heating system operation in villages can be hardly overemphasized. The price rise for energy sources leads us to resolving one of the most important tasks which is to reduce energy consumption for heating in the process of operation.*

*Reduction of energy consumption in Ukraine is one of the biggest challenges because its own energy supply at present does not exceed 40-45 percent.*

*Residential complex of Ukraine is on the third place after metallurgical and chemical industries in terms of energy consumption and it is on the first place by heat consumption.*

*Based on various expert estimates, the basic amount of heat loss for house heating is from 35 to 45 percent alone on the facades of conventional construction buildings.*

*Creating of a comfortable mode at houses and its maintaining for a long time can be achieved by the following ineffective methods: additional heaters or refrigerators are engaged but all this does not exclude the main problem which is heat loss.*

*The aim of the study is to analyze the influence of working temperature regimes onto the heating system efficiency in rural areas, to improve the methodology for determining the heat load and heat loss, and to ensure rational thermal regimes. In order to achieve the goals of the study the following tasks must be resolved: to identify and ground the technique peculiarities of calculation of the temperature regime influence onto the heating system operation efficiency; to establish the dependence of the heating system operation on the outside temperature; to determine experimentally the influence of ambient temperature onto domestic natural gas consumption at houses.*

*Modern technology utilization allows reducing of heating costs by three times.*

*Based on the above mentioned, it is vitally important to take into account the dynamics of climate change, observed today and expected in future when there is a long-term planning and optimization of the fuel and energy complex, development of promising state and branch programs related to the production, transportation and consumption of energy. This is especially true for heat supply systems because this sector consumes significant portion of energy and among the key factors influencing the volume of heat consumption there are weather and climatic factors.*

Keywords: temperature regime, heating, residential buildings, building envelope, outside temperature, heat insulation

**Актуальність теми роботи.** Розвиток народного господарства в сучасних умовах пов'язаний зі значним споживанням газу. Природні горючі гази є найбільш економічним і універсальним паливом, здатним замінити тверде і рідке паливо в побуті, в міському і енергетичному господарстві, в промисловості і транспорті. Заміна газом інших видів палива дає змогу одержати значний економічний та екологічний ефект.

Використання газу для технологічних потреб промисловості зменшує вартість палива, підвищує продуктивність праці, сприяє впровадженню нових прогресивних технологій, покращує умови праці. Використання газу для промисловості дає можливість оздоровити повітряний басейн і поліпшити загалом екологічний стан.

Газове господарство є складною інженерною системою, в яку входять газові мережі, різні типи сховищ природних і зріджених вуглеводневих газів, пристрої для спалювання газу. Реалізація газифікації України включає процеси проектування, спорудження та експлуатації газового господарства. Всі елементи системи газопостачання повинні відповідати таким вимогам: економічність, народногосподарська ефективність, висока надійність, екологічність, безпечність експлуатації.

Збільшення виробництва тепла для сільськогосподарської діяльності і комунально-побутових потреб ставить важливі задачі щодо збільшення ефективності і економічності виробництва і розподілу тепла, покращення методів і технічних засобів газопостачання. Для вирішення цих задач необхідно ретельно вивчати споживачів тепла і їх особливості, знайти найбільш раціональні шляхи газопостачання різних об'єктів.

Дослідження температурних режимів приміщень активно проводяться протягом останніх 50 років. Великий внесок в створення фундаментальної основи теплового режиму приміщення заклали такі вчені як В.М. Богословський, М.М.Бородач, А.В. Ліков, М.Я. Поз, Ю.А. Табунщиков, К.Ф. Фокін, А.М. Шкловер, та ін [4, 16, 22, 28, 29, 32]. На основі їх досліджень було розроблено декілька методик для розрахунку як стаціонарного теплового режиму приміщень, так і з урахуванням гармонійних коливань. На основі даних методик можна робити оцінку і обчислення максимального теплового потоку в приміщенні з урахуванням різних впливів.

Житлово-комунальний комплекс України займає третє місце після металургійної і хімічної промисловості за обсягами споживання енергоносіїв і перше місце за споживанням тепла. Щоб знизити енергоспоживання в цій сфе-

рі, насамперед, необхідно удосконалити методику визначення теплового навантаження будинків і споруд. Для цього потрібно проаналізувати вплив на їх системи опалення температурних режимів.

Станом на 2004 р. загальне теплоспоживання України складало 237,1 млн. Гкал [12]. Суттєве споживання теплової енергії в країні здійснюється в житлово-комунальному секторі, частка якого становить 44 % від загального теплоспоживання (тобто 104 млн. Гкал/рік).

Теплопостачання в житлово-комунальному секторі витрачається на забезпечення потреб в опаленні, вентиляції й кондиціонування, що відноситься до сезонних потреб, а також для гарячого водопостачання, що здійснюється протягом року [25]. Потреба в опаленні та вентиляції виникає в холодний період року.

Виходячи з викладеного, при довгостроковому плануванні та оптимізації роботи паливно-енергетичного комплексу країни, розробці перспективних державних й галузевих програм, що пов'язані з виробництвом, транспортуванням та споживанням енергоресурсів, обов'язково необхідно враховувати динаміку змін клімату, що спостерігається вже сьогодні та прогнозується в майбутньому. Особливо це стосується систем теплопостачання, оскільки на цю сферу витрачається значна доля енергоресурсів, і одними з визначальних факторів впливу на об'єми теплоспоживання є погодно-кліматичні чинники [7, 25].

При зниженні температури теплоносія відбувається зниження температури внутрішнього повітря в приміщеннях. За відсутності заходів з підтримки комфортних метеорологічних параметрів в приміщеннях, температура внутрішнього повітря знижується. Темп зниження залежатиме тільки від акумулюючої здатності приміщень. При цьому слід враховувати, що зниження температури внутрішнього повітря в житлових приміщеннях до 10-12°C є показником критичного теплового стану будівлі, так як при цьому температурні умови приміщення стають вкрай несприятливими для людини і створюються аварійні умови роботи обладнання. Подальше зниження температури в житлових приміщеннях аж до нуля градусів характеризує катастрофічний тепловий стан будівлі. Аналогічна ситуація також може виникнути в будівлі при тривалому зниженні температури зовнішнього повітря нижче розрахункової.

Зі сказаного вище слідує, що дана проблема вимагає глибокого вивчення і вирішення. Особливої актуальності вона набуває при недостатньо грамотному некваліфікованому обслуговуванні систем теплозабезпечення з урахуванням реального зносу теплових мереж і джерел теплопостачання.

**Мета і завдання досліджень.** Метою даної роботи є аналіз впливу температурних режимів на ефективність роботи системи опалення в умовах сільського населеного пункту, для удосконалення методики визначення її тепло-

вого навантаження і тепловтрат, а також забезпечення раціональних теплових режимів.

Досягнення цієї мети передбачає розв'язок наступних задач:

- виявити й обґрунтувати особливості методики розрахунку впливу температурних режимів на ефективність роботи системи опалення;
- встановити залежність роботи системи опалення від температури зовнішнього повітря;
- експериментально встановити вплив температури зовнішнього повітря на побутове споживання природного газу в житлових будинках.

**Предметом дослідження** є вплив температурних режимів на ефективність експлуатації системи опалення.

**Методи досліджень.** Проведені в роботі дослідження та розробки базуються на використанні:

- методів математичного планування і проведення експериментів та обробки їх результатів;
- методів модульного та об'єктно-орієнтованого програмування;
- методів візуального програмування;
- методів математичної статистики та регресійного аналізу.

**Огляд літературних джерел.** Опалення не є одним з останніх винаходів людства. Вже більше тисячі років люди намагаються, так чи інакше, обігріти своє житло.

Сучасні системи опалення не порівняти з їх попередниками: раніше дотримувався постійний гідравлічний режим і опцій для споживача просто не існувало. Сьогодні ми можемо вмикати-вимкати систему, коли нам потрібно, встановлювати температурний режим, який буде підтримуватися системою самостійно. Сучасні компанії, профілем яких є саме опалення, намагаються всіляко вдосконалити своє обладнання та зробити існування споживача максимально комфортним. Ринкові відносини сприяють гонитві таких фірм за якістю і прийнятною ціною. Завдяки їх конкуренції, ми отримуємо все більш досконале обладнання.

Система опалення призначена для створення в приміщеннях будівлі температурних умов, комфортних для людини, які відповідають вимогам технологічного процесу.

Зниження матеріальних і енергетичних витрат досягається при використанні найбільш ефективних індустріальних систем опалення, що працюють від теплових мереж. Розширення застосування цих систем сприяє скороченню використання автономних опалювальних пристроїв з децентралізованим спалюванням палива, що дає можливість успішно вирішувати завдання по його економії і захисту навколишнього середовища від забруднення. Найбільш істотної економії теплової енергії при опаленні будівель можна досягти шляхом підвищення теплозахисних властивостей огорожувальних конструкцій, автоматизації центрального і міс-

цевого регулювання систем опалення, використання вторинних та поновлюваних енергоресурсів. Ефективність роботи систем опалення та зниження даремних витрат теплової енергії досягається правильною організацією їх обслуговування і ремонту.

Для підтримки в приміщеннях температурних умов, що забезпечують хороше самопочуття і здоров'я людей, високу ефективність технологічних процесів, а також збереження будівельних конструкцій і технологічного обладнання будівлі та споруди обладнають засобами опалення. Температурні умови в приміщеннях характеризуються температурою приміщення, під якою розуміється комплексний параметр, що враховує температуру повітря і всіх поверхонь всередині приміщення.

Температурний режим в приміщенні залежить від теплової потужності системи опалення, а також від розташування обігрівальних пристроїв, теплофізичних властивостей зовнішніх і внутрішніх огорожень, інтенсивності інших джерел надходження і втрат теплоти. У холодну пору року приміщення в основному втрачає теплоту через зовнішні огороження і, певною мірою, через внутрішні огороження, що відокремлюють дане приміщення від суміжних, що мають більш низьку температуру повітря. Крім того, теплота витрачається на нагрівання зовнішнього повітря, що проникає в приміщення через нещільність огорож, а також матеріалів, транспортних засобів, виробів, одягу, які холодними потрапляють в приміщення [4].

Величина річних експлуатаційних витрат на систему опалення досягає 60-80 % її вартості. У зв'язку з цим необхідно виявити і реалізувати можливість зниження окремих складових цих витрат, основною з яких з врахуванням росту вартості є витрата теплової енергії.

Передбачити зменшення витрат палива на опалення можна в процесі проектування будинків і їх експлуатації. Питання зниження витрати теплоти необхідно враховувати безпосередньо при розробці проектів опалення. Так, застосування панельно-променевих систем опалення з нагрівальними елементами в зовнішніх стінах будівлі збільшує розрахункові тепловтрати порівняно зі звичайними системами водяного опалення. При влаштуванні систем опалення з нижнім розведенням невиробничі втрати теплоти в магістральних трубопроводах нижчі, ніж в системах з верхнім розведенням при прокладанні розподільних магістралей на горищі. Суттєвого ефекту економії теплової енергії можна досягти при розробці систем опалення з пофасадним регулюванням, які дають змогу використовувати сонячну радіацію й враховувати напрямок і швидкість вітру по окремих фасадах будинку.

При експлуатації будинків необхідно розробляти заходи зі зменшення невиробничих витрат теплоти, які можуть бути викликані неякісним утепленням будівель або недоліками в роботі систем опалення. Намірні тепловтрати можуть бути викликані відсутністю або неякіс-

ним ущільненням світлових отворів та інших отворів будинку, в результаті чого збільшується інфільтрація зовнішнього повітря в приміщеннях, що опалюються. Великі щілини в обрамленнях вікон і дверей, розбите скло вікон, відсутність пружин на входних дверях можуть бути причинами значного переохолодження опалювальних приміщень.

В холодну пору року в будинках підвищеної поверховості часто спостерігається надмірно високий повітрообмін в порівнянні з його розрахунковою величиною, що збільшує інфільтрацію зовнішнього повітря та тепловтрати. Це трапляється тому, що системи природної витяжної вентиляції розраховуються на температуру зовнішнього повітря 5°C. Зі зменшенням температури зовнішнього повітря збільшується природний тиск, а отже, й кількість повітря, яке видаляється з опалювального приміщення. Тому для запобігання переохолодження приміщень необхідно в зимовий період здійснювати регулювання системи природної вентиляції частковим прикриванням отвору витяжних шахт.

Додаткові тепловтрати можуть відбуватися в панельних будівлях при неякісному виготовленні панелей, особливо при порушенні в них теплоізолюючого шару. Коефіцієнт теплопередачі зовнішніх огорожень зростає при підвищенні вологості матеріалу захисних конструкцій. Вологість зовнішніх стін може відбуватися при порушенні гідроізоляції в цокольних частинах будівлі та у випадку, коли атмосферні опади потрапляють на стіни. Слабким місцем у цьому відношенні часто є стики панелей, якщо вони недостатньо герметизовані. Вологість стін не тільки збільшує тепловтрати, але і погіршує санітарно-гігієнічні умови в приміщеннях.

Причиною зайвих тепловтрат можуть бути відсутність або незадовільний стан теплової ізоляції магістральних трубопроводів, які прокладені в опалювальних приміщеннях.

Значні невиробничі втрати теплоти можуть бути в невідрегульованих системах опалення, при підвищеному діаметрі сопла елеватора в порівнянні з його розрахунковою величиною. У системах опалення, приєднаних до теплових мереж ТЕЦ, суттєві перевитрати теплової енергії часто спостерігаються в перехідні періоди (восени і навесні), коли мінімальна температура води мережі, яка необхідна для теплообмінників гарячого водопостачання, набагато перевищує необхідну температуру за графіком якісного регулювання систем опалення. У перехідний період зменшення витрат теплоти можна досягти автоматичним регулюванням систем опалення [24].

**Світовий досвід.** Світовий досвід дослідження впливу погоднокліматичних умов на енергетичні галузі господарства, їх змін на енергетику загалом та окремі її галузі налічує десятиліття років.

Так, в роботі [15] проведений аналіз для п'яти міст колишнього СРСР свідчить, що при настанні крайніх кліматичних умов витрата те-

плоти на опалення та вентиляцію може відхилитися від середньобогаторічного значення на 14-18 % для міст європейської частини та на 9-12 % – для міст Сибіру.

В роботі [13] на основі статистичного аналізу тривалих (близько 100 років) рядів параметрів опалювальних періодів зазначено, що для різних регіонів ЄСРП міжрічні коливання теплоспоживання населенням, спричинені флуктуаціями метеорологічних параметрів, також можуть становити 16 % від середньобогаторічної норми. В окремих регіонах ці коливання досягають 33 %.

В роботах [14, 21, 31] зроблено ретроспективний аналіз закономірності зміни кліматичних характеристик опалювального періоду для Москви та Казані. В цих роботах зазначається, що за останні 100 років тривалість опалювального періоду зменшується зі швидкістю 7 діб для Москви та 4 доби для Казані, а середня температура опалювального періоду – зросла на 1,3°C та 1,9°C відповідно.

Співробітниками Енергетичного інституту ім. Г. М. Кржижановського проведені дослідження з метою визначення впливу кліматичних факторів на різні галузі енергетики (теплова, гідро- й атомна енергетика, використання поновлюваних джерел енергії) [6]. В роботі, зокрема, зазначається, що за рахунок підвищення температури повітря на 1-2°C, зниження річної витрати палива на теплових електростанціях може становити 4-8 %.

Системи теплопостачання разом з природними умовами за усіма характерними ознаками можна віднести до складних природно-технічних систем, ефективність функціонування яких визначається, насамперед, природно-кліматичними умовами об'єкта. Обґрунтовано, що проблема метеорологічного забезпечення теплопостачання набуває особливої актуальності в сучасних умовах [7].

Сьогодні також виконуються дослідження з оцінки погодно-кліматичних параметрів та їх впливу на різні сфери енергетики на віддалену перспективу.

Тривалість опалювального періоду співпадає з тривалістю холодного періоду року, який визначається як відрізок часу із середньодобовою температурою зовнішнього повітря рівною +8°C і нижче [17].

Дефіцит тепла – інтегральна сума перепадів температур повітря всередині та ззовні будівель за опалювальний період [2]. В нормативній літературі замість терміну “дефіцит тепла” вживають термін “кількість градусо-діб” [9]. Кількість градусо-діб (або дефіцит тепла) розраховується як добуток різниці середньої температури опалювального періоду і внутрішньої температури повітря в приміщеннях на тривалість опалювального періоду. В роботі [3] запропоновано метод „градусо-діб”, в основу якого покладено пряму залежність витрат газу на опалення будинків від різниці зовнішньої і внутрішньої температур. Проте вагомим недоліком цієї та наведених вище методик є те, що всі вони побудовані на детермінованому підхо-

ді, а, отже, насправді не відповідають реальним сигналам.

Опалювальний період характеризується декількома прикладними кліматичними параметрами. Крім вище вказаних характеристик опалювального періоду (тривалість опалювального періоду, середня температура опалювального періоду, кількість градусо-діб), розглядається також середня температура зовнішнього повітря найбільш холодної п'ятиденки відповідної забезпеченості, яка призначена для вибору теплозахисних характеристик зовнішніх огорожень будівлі і визначення потужності системи опалення [17].

В [18] встановлено, що основними факторами, які визначають режим газоспоживання, є кліматичні, до яких належать: температура зовнішнього повітря, відносна вологість повітря, сила вітру, атмосферний тиск та ін. Автор роботи розв'язує задачу виявлення кількісних і якісних зв'язків між газоспоживанням і кліматичними показниками. Проте диспетчер АСДУ не володіє достовірною інформацією про інші кліматичні фактори, окрім температури на наступний день.

У [23] запропоновано здійснювати прогноз так: середньодобові значення газоспоживання прогнозувати за середньодобовою температурою навколишнього середовища, а відхилення від цих значень витрат газу для кожної години доби – за спеціально запропонованою методикою, що ґрунтується на використанні адитивної моделі.

В роботі [19] наголошується, що основну увагу при добовому прогнозуванні газоспоживання слід приділяти впливу температури навколишнього середовища і хронологічних факторів, до яких відносять день тижня і сезон. Дослідники детально зупиняються на вирішенні проблеми нерівномірності розподілу температури на місцевості, проте не досліджують точність розробленого методу прогнозу.

Необхідно зазначити, що при визначенні характеристик опалювального періоду ряд вихідних параметрів вважається репрезентативним, якщо він включає дані за 30 і більше років [27]. В нормативному документі [15] представлено дані, які характеризують базовий період – 1945 - 1975 рр., хоча там вказано, що ці параметри розраховано за період з 1961 по 1990 рр.

Аналіз наявних літературних джерел свідчить, що в Україні сьогодні не враховується динаміка зміни погодно-кліматичних умов та їх вплив на сектор енергетики в цілому та окремі її галузі зокрема. Наприклад, в нормативних документах [27], а також [10], що введений на заміну попереднього документу [27], наведені такі параметри опалювального періоду, які не відображають реальної картини сучасних умов клімату.

Можна зробити висновок, що серед кліматичних факторів, які впливають на споживання газу температура навколишнього середовища має істотний вплив на об'єм спожитого газу, а, отже, і на ефективність роботи системи опалення.

Однією зі сторін економії енергоресурсів при опаленні житлових будинків є врахування метеорологічних факторів. Оскільки забезпечення нормального теплового режиму будинку враховує сукупність усіх факторів і процесів, що визначають теплові параметри в його приміщеннях. До цих факторів належать вплив зовнішнього середовища, вплив технологічного процесу в приміщенні, систем опалення-охолодження, вентиляції та кондиціонування повітря. Тому актуальним є дослідження впливу температурних режимів на ефективність роботи системи опалення.

Показники розрахункових навантажень на системи опалення та теплозахисту будівлі повинні відповідати нормованим рівням зовнішніх кліматичних параметрів у холодний період року, який відповідно до ГОСТ 30494-96 визначається як відрізок часу з середньодобовою температурою зовнішнього повітря, що дорівнює  $8^{\circ}\text{C}$  і нижче [8]. За СНіП 23-02-2003 для більшості будівель поняття опалювального періоду збігається з поняттям холодного періоду року і тільки для лікувально-профілактичних, дитячих установ і будинків-інтернатів вважається періодом з середньодобовою температурою зовнішнього повітря не більше  $10^{\circ}\text{C}$  [26].

Параметрами зовнішнього середовища, що враховуються в розрахунку теплотехнічних показників будівлі та теплового навантаження на систему опалення, є: температура зовнішнього повітря, швидкість вітру, зона вологості в районі будівництва, інтенсивність сонячної радіації. Одні значення параметрів клімату описують найбільш холодний розрахунковий період, інші – середні рівні в межах опалювального періоду. Значення кліматичних параметрів холодного періоду року приймаються з ДСТУ-Н Б В.1.1-27-2010 “Будівельна кліматологія”, де в алфавітному порядку розташовані найменування обласних центрів [10].

Найхолодніші метеоумови в межах опалювального періоду описуються розрахунковими значеннями кліматичних параметрів, які не є абсолютними екстремумами для району будівництва. Справа в тому, що екстремальні, найбільш суворі умови бувають дуже рідко – раз на сотні років. Орієнтація на ці значення привела б до значного подорожчання будівництва. Тому розрахункові рівні приймаються з деякої забезпеченістю, під якою розуміється сумарна імовірність того, що даний параметр не перевершить (в холодний період року за ступенем суворості) розрахункового значення.

Найбільш значущим параметром холодного періоду року для вибору теплозахисних якостей зовнішніх огорожень і визначення потужності системи опалення вважається температура зовнішнього повітря. Так як огороження та приміщення мають теплову інерцію, інакше кажучи, потребують часу для охолодження або нагрівання до зміненої температури навколишнього повітря, то в якості розрахункової приймають середню температуру найбільш холодної п’ятиденки – п’яти послідовних діб з найнижчою середньою температурою за рік.

До 1994 року розрахункова температура зовнішнього повітря для проектування огорож пов’язується з їх тепловою інерцією. Для “легких” огорожень, що швидко холонуть при пониженні температури зовнішнього повітря, за розрахункову приймається середня температура найбільш холодних діб, а для “масивних” – середня температура найбільш холодної п’ятиденки. Ідея розглядати п’ятиденку як розрахунковий період усереднення температури зовнішнього повітря в 1946 році було запропоновано К. Ф. Фокінім [30]. Вчений проаналізував багаторічні дані про зміну температури зовнішнього повітря в період похолодання і висунув пропозиції щодо “нормалізації” розрахункових кривих зміни температури зовнішнього повітря. Крім того, він експериментально встановив, що стіна з повнотілої цегли товщиною 64 см (найбільш поширена конструкція на той час) має такі ж тепловтрати за 5 діб при змінній температурі зовнішнього повітря, які у випадку коли б температура зовнішнього повітря трималася постійною і рівною середньої за той же період.

Після 1994 року, коли теплозахист будівель була значно посилена, всі огорожі віднесли до числа “масивних”, і розрахунковою температурою для теплотехнічного розрахунку огорожувальних конструкцій стала середня температура найбільш холодної п’ятиденки. Ця ж температура є розрахунковою для визначення тепловтрат. За розрахункову температуру зовнішнього повітря  $t_{\text{зов}}$   $^{\circ}\text{C}$ , приймається не найнижча середня температура найбільш холодної п’ятиденки  $t_5$   $^{\circ}\text{C}$ , а її значення з забезпеченістю 0,92.

Основними характеристиками опалювального періоду є середня температура  $t_{\text{он}}$   $^{\circ}\text{C}$ , і тривалість  $n_o$  цього періоду. Причому вони відносяться до відрізка часу із стійкими значеннями граничної температури опалювального періоду.

Окремі дні з середньодобовою температурою, що дорівнює або нижче відповідно 8 або  $10^{\circ}\text{C}$ , не враховуються. Ці дані наведено в [10]. Середня температура  $t_{\text{он}}$  і тривалість  $n_o$  опалювального періоду розраховуються за наступною методикою. Спочатку будується гістограма річного ходу температури повітря: наносяться прямокутники, у яких основа дорівнює числу днів місяця, а висота – середній температурі повітря за даний місяць. Потім з графіка знімаються дати стійкого переходу середньодобових температур повітря через відмітку 8 або  $10^{\circ}\text{C}$ . За різницею між цими датами визначається тривалість опалювального періоду  $n_o$ .

Середня температура опалювального періоду  $t_{\text{он}}$  знаходиться таким чином. Сума температур повітря за повні місяці опалювального періоду обчислюється складанням значень середньомісячної температури повітря відповідного повного місяця і числа днів у цьому місяці. Потім визначається сума температур повітря за неповні місяці по кривій річного ходу як добуток числа днів від дати початку опалювального періоду до кінця місяця і від початку мі-

сяця до дати кінця опалювального періоду і середньої температури на цих відрізках неповних місяців. Середня температура опалювального періоду визначається діленням загальної суми значень температури опалювального періоду на його тривалість в днях.

Внаслідок особливостей клімату на більшій частині території нашої країни людина проводить у закритих приміщеннях до 80% часу. Для створення нормальних умов його життєдіяльності необхідно підтримувати в цих приміщеннях строго певний тепловий режим.

Тепловий режим у приміщенні, що забезпечується системою опалення, вентиляції та кондиціонування повітря, визначається, в першу чергу, теплотехнічними і теплофізичними властивостями огорожувальних конструкцій. У зв'язку з цим високі вимоги пред'являються до вибору конструкції зовнішніх огорожень, які захищають приміщення від складних кліматичних впливів: різкого переохолодження або перегріву, зволоження, промерзання і відтавання, паро- і повітропроникності. Приміщення будівлі ізольовані від зовнішнього середовища огорожувальними конструкціями, що дає можливість створити в них певний мікроклімат. Зовнішні огороження захищають приміщення від безпосередніх атмосферних впливів, а спеціальні системи кондиціонування підтримують певні задані параметри внутрішнього середовища. Сукупність усіх інженерних засобів та пристроїв, що забезпечують задані умови мікроклімату в приміщеннях будівлі (огорожувальні конструкції, сонцезахисні пристрої, інші конструктивно-планувальні засоби, а також системи опалення та охолодження, вентиляції, кондиціонування повітря), називають системою кондиціонування мікроклімату [5].

Під дією різниці зовнішньої і внутрішньої температур, сонячної радіації та вітру приміщення втрачає тепло через огороження взимку і нагрівається влітку, гравітаційні сили, дія вітру і вентиляція створюють перепади тисків, що призводять до перетікання повітря між сполученими приміщеннями і до його фільтрації через пори матеріалу і нещільності огорожень. Атмосферні опади, вологе виділення в приміщеннях, різниця вологості внутрішнього і зовнішнього повітря призводять до обміну вологою через огороження, під впливом якого можливе зволоження матеріалів та погіршення захисних властивостей і довговічності зовнішніх стін і покриттів. Як відомо, в повітрі завжди знаходиться водяна пара, при цьому в повітрі певної температури може знаходитися тільки визначена кількість водяної пари. Іншими словами, відносна волога повітря і температура в приміщенні прямо залежать одна від одної. Якщо досягнута точка насичення або точка роси, то при подальшому збільшенні вологості або при зниженні температури повітря певна частина водяної пари почне утворювати конденсат. В приміщенні при виникненні таких умов пара осідає на стінах, меблях або стелі. Тому для запобігання можливої конденсації вологи на поверхні огорожувальних констру-

кцій мінімальна внутрішня температура захисних конструкцій при максимально холодній температурі зовнішнього повітря в опалювальний період повинна бути більшою від точки роси при розрахункових значеннях вологості і температури внутрішнього повітря в приміщенні [20].

Процеси, що формують тепловий режим приміщенням необхідно розглядати в нерозривному зв'язку між собою, бо їх взаємний вплив може виявитися досить істотним. Наприклад, фільтрація повітря і зволоження конструкцій можуть у кілька разів збільшити тепловтрати приміщення взимку. У той же час створення сприятливого повітряного середовища в приміщенні вимагає організації його повітрообміну і вологообміну з зовнішнім середовищем.

Будь-яка система опалення працює на підтримку того рівня теплового комфорту в приміщенні, який влаштовує господаря, тобто котел і система опалення просто компенсує теплові втрати. Висновок простий: зменшуючи теплові втрати, ми зменшуємо споживання газу. І якщо ми зуміємо зменшити тепловтрати у 2 рази, то і економія газу виявиться теж у 2 рази.

Тепловтрати приміщень у житлових і цивільних будівлях складаються з тепловтрат через зовнішні захищення (стіни, вікна, підлоги, перекриття) і витрат теплоти на нагрівання повітря, що інфільтрується в приміщення через нещільність в конструкціях.

Теплові втрати в основному залежать від:

- різниці температур в будинку і на вулиці (чим різниця більша, тим втрати вищі);
- теплозахисних властивостей стін, вікон, перекриттів, покриттів, тобто огорожувальних конструкцій.

Розрахунок тепловтрат приміщення полягає у визначенні всіх сумарних тепловтрат через огорожувальні конструкції (зовнішні захищення) і для всіх опалювальних приміщень. Допускається не враховувати тепловтрати через внутрішні захищення, якщо різниця температур в приміщеннях, які вони поділяють, не перевищує 3°C.

Теплозахист приміщення залежить від опору теплопередачі огорожувальних конструкцій (стін, перекриттів), які в сучасних будівлях значно відрізняються одна від одної. Для їх виготовлення застосовують різні матеріали, відповідно до цього вони виконують специфічні функції. Кожному матеріалу відповідають свої значення коефіцієнта теплопровідності і прийнята раціональна товщина, відповідно опору теплопередачі виявляються різними. До огорожувальних конструкцій відносяться також вікна і двері. Їх опір теплопередачі істотно менший, ніж інших конструкцій. Додатковий вплив на теплозахист надає співвідношення площ отворів і суцільних стін.

Наскільки значні тепловтрати через поверхні, які огорожують приміщення від зовнішнього повітря, настільки невеликі тепловтрати через внутрішні конструкції, тому теплозахист приміщення залежить також від його геометрії і

положення в будівлі. Глибоке приміщення з малою поверхнею зовнішніх стін вимагає меншого підведення тепла, ніж широке приміщення такої ж площі з більшою поверхнею зовнішніх стін. Кутове приміщення будинку у верхньому поверсі з трьома зовнішніми поверхнями має велику потребу в теплі, ніж приміщення приблизно такого ж розміру, розташоване в середині одного з проміжних поверхів, тому при проектуванні теплозахисту слід звертати увагу на відношення частки зовнішніх поверхонь до об'єму приміщення.

Теплозахист залежить також від повітропроникності конструкцій, які огорожують приміщення від зовнішнього повітря, а також їх теплоакумуючої здатності. Стіни і перекриття, якщо вони оштукатурені, характеризуються дуже малою повітропроникністю, тому тепловтрати внаслідок перенесення тепла повітрям будуть незначні.

Тепловтрати через огорожувальні конструкції розраховують за формулою:

$$Q_{\text{опр}} = A \cdot K \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зов}}) \left(1 + \sum \beta\right) \cdot n, \quad (1)$$

де  $A$  – розрахункова площа огорожувальної конструкції,  $m^2$ ;

$K$  – коефіцієнт теплопередачі огорожувальної конструкції,  $Bm/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ;

$t_{\text{вн}}$  – розрахункова температура повітря в приміщенні,  $^\circ C$ ;

$t_{\text{зов}}$  – розрахункова температура зовнішнього повітря,  $^\circ C$ ;

$\sum \beta$  – додаткові втрати теплоти в частках від основних втрат;

$n$  – коефіцієнт врахування положення зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції у відношенні до зовнішнього повітря.

Величина, обернено пропорційна опору теплопередачі, називається коефіцієнтом теплопередачі і визначається за формулою:

$$K = \frac{1}{R_o}, \quad (2)$$

де  $R_o$  – опір теплопередачі,  $m^2 \cdot ^\circ C / Bm$ .

Опір теплопередачі огороження визначається за формулою:

$$R_o = \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} + \sum \left( \frac{\delta_i}{\lambda_i} \right) + \frac{1}{\alpha_{\text{зов}}}, \quad (3)$$

де  $\alpha_{\text{вн}}$  – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні захищення,  $Bm/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ;

$\delta_i$  і  $\lambda_i$  – товщина шару і розрахунковий коефіцієнт теплопровідності матеріалу шару конструкції;

$\alpha_{\text{зов}}$  – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні захищення,  $Bm/(m^2 \cdot ^\circ C)$ .

Розрахунок здійснюється за умовою:

$$R_o \geq R_{q_{\text{мін}}}, \quad (4)$$

де  $R_{q_{\text{мін}}}$  – мінімально допустиме значення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій житлових будинків,  $m^2 \cdot K / Bm$  [табл. 1, 9].

Втрати через огороження кожного приміщення розраховуються як сума втрат теплоти через кожне огороження, яке втрачає теплоту, визначені за формулою (1).

Додаткові втрати теплоти на нагрівання вентиляційного повітря розраховуються для кожного опалювального приміщення, яке має одне або більшу кількість вікон або балконних дверей в зовнішніх стінах, враховуючи потребу забезпечення підігрівання опалювальним приладом зовнішнього повітря в об'ємі однократного повітрообміну за годину. Витрата теплоти на нагрів інфільтрованого зовнішнього повітря в житлових і громадських будівлях для всіх приміщень визначається з двох розрахунків.

У першому розрахунку визначається витрата теплоти на підігрів зовнішнього повітря, що надходить в  $i$ -е приміщення внаслідок роботи природної витяжної вентиляції.

У другому розрахунку визначається витрата теплоти на підігрів зовнішнього повітря, що проникає в це ж приміщення через нещільність захищень внаслідок теплового і вітрового тисків. Для визначення розрахункових втрат теплоти приміщеннями беруть найбільшу величину з визначених за наведеною формулою:

$$Q_i = 0,337 \cdot A_n \cdot h \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зов}}), \quad (5)$$

де  $A_n$  – площа підлоги,  $m^2$ ;

$h$  – висота приміщення від підлоги до стелі, але не більше  $3,5 m^2$ .

Розрахункові тепловтрати приміщення дорівнюють:

$$Q_{\text{розрах}} = \sum Q_{\text{зах}} + Q_{\text{інф}} - Q_{\text{побут}}, \quad (6)$$

де  $\sum Q_{\text{зах}}$  – сумарні тепловтрати через захищення приміщення;

$Q_{\text{інф}}$  – найбільша витрата теплоти на підігрів інфільтрованого повітря;

$Q_{\text{побут}}$  – побутові тепловиділення від електричних приладів, освітлення та інших джерел тепла, що приймаються для житлових приміщень і кухонь у розмірі  $21 Bm$  на  $1 m^2$  площі підлоги.

Від температури зовнішнього повітря міняються тільки перші дві складові теплового балансу, побутові тепловиділення практично постійні протягом опалювального періоду і не залежать від температури зовнішнього повітря.

При визначенні теплового навантаження на систему опалення, розрахунку діаметрів магістральних та розподільчих теплових мереж користуються укрупненими показниками розрахункової витрати тепла на опалення, віднесенного на  $1 m^2$  загальної площі квартири будинку.

У редакції СНиП 2.04.07-86 "Теплові мережі" наводиться таблиця цих укрупнених показників, яку використовують для розрахунку газових мереж, однак ця таблиця є застарілою і потребує перегляду [15].



По-перше, ряд показників для будівлі з урахуванням впровадження енергозберігаючих заходів не відображає дійсних можливостей цих заходів, допускаючи зниження питомих показників тільки від 1 до 6 %.

По-друге, градація таблиці показників для будівель споруди до 1985 року і після не пов'язана ні з якими документами, що підвищують теплозахист будівель у цей період, і не відображає справжнього стану речей.

По-третє, дана таблиця побудована тільки для будівель до 5 поверхів, що є не ефективним фактором при розрахунку багатопверхових будівель, оскільки основна поверховість житлових будинків масового будівництва в містах нашої країни – це 9-12 поверхів і вище.

І нарешті, викликає подив відсутність закономірності в зміні показників залежно від регіону будівництва, підтвердженням чого може бути, наприклад, співвідношення показників для 3-4-поверхових будівель: між мінус 30 і мінус 35°C розрив на 9 пунктів, між мінус 35 і мінус 40°C всього 3 пункти, а між мінус 40 і мінус 45°C знову більше 12 пунктів.

У цих градаціях треба виділити окремо цегляні будівлі, оскільки при дефіциті цього будівельного матеріалу товщина стін приймалася з мінімально допустимого значення теплопередачі. А в одношарових панелях і блоках застосовується керамзитобетон, теплопровідність якого була нижче цегли, в результаті стіни виходили більш теплі. Також в тришарових залізобетонних панелях з утеплювачем в середині опір теплопередачі стін був вищим, ніж у цегляних, і, відповідно, фактичні питомі показники витрати тепла на опалення при однаковій компактності були нижчими.

Далі, з післявоєнних років і до 1995 року (основні положення СНиП II-A.7 та II-3 “Будівельна теплотехніка” не переглядалися, тому 1985 року не може служити “границею” зміни питомих показників.

Звичайно, продовжувалося вдосконалення розрахунків теплопередачі огорожень, було введено коефіцієнт теплотехнічної однорідності конструкції, що враховує містки холоду в тришарових панелях, намагалися встановити економічно ефективну товщину теплоізоляції, але це не відбилося на підсумковій величині опору теплопередачі зовнішніх огорожень будівлі.

Необхідний опір теплопередачі світлопроникних зовнішніх огорожень визначався виходячи з санітарно-гігієнічних і комфортних умов, задавалися різні, в залежності від огорожі, значення різниці температури внутрішнього повітря в опалювальному приміщенні і температури внутрішньої поверхні зовнішнього огороження.

Відповідно до Постанови Мінбуду № 18-81 було зменшено нормовану різницю температур між внутрішнім повітрям і поверхнею огорожі: для стін до  $\Delta t = 4^\circ\text{C}$ , для покриттів і горищних перекриттів  $\Delta t = 3^\circ\text{C}$ ; було підвищено значення нормованого опору теплопередачі зовнішніх

огорож з реалізацією в проектах, починаючи з 1995 року, і другий етап – з 2000 року.

На відміну від тепловтрат через зовнішні огороження, що залежать від їх опору теплопередачі, інші складові теплового балансу будівлі за цей період (до 1995 року) перетерпіли значні зміни, хоча це було лише уточнення розрахунків, не вплинуло на величину необхідної витрати тепла на опалення.

Так, в СНиП II-Г.7-62 “Опалення, вентиляція і кондиціонування” тепловтрати на нагрівання інфільтрованого в житлові будівлі зовнішнього повітря приймалися в розмірі 8% від тепловтрат через зовнішні огороження і побутові тепловиділення не враховувалися.

Потім дослідним шляхом виявили значну величину обсягу інфільтрованого повітря, в залежності від поверховості будинків, що на 20-40 % перевищує нормоване значення кількості свіжого повітря, необхідного для вентиляції квартир ( $3 \text{ м}^3/\text{год}$  на  $1 \text{ м}^2$  площі житлових кімнат).

Проте облік в повному обсязі інфільтраційної складової теплового балансу будівлі викликав невиправдане збільшення розрахункової витрати тепла на опалення, не підтверджується практикою експлуатації таких же будівель.

Тоді прийшли до висновку про необхідність врахування побутових тепловиділень в квартирах, що включають тепловиділення від людей, від освітлення, приготування їжі та миття посуду, від користування електричними приладами, а також теплопостачання від трубопроводів гарячого водопостачання, сушки для одягу і від розсіяної радіації.

Надалі, у міру поліпшення житлових умов у країні, ця норма була переглянута у бік зменшення і склала в даний час  $17 \text{ Вт}/\text{м}^2$  площі підлоги житлових кімнат при заселеності до  $20 \text{ м}^2$  загальної площі квартири на людину (СНиП 23-02-2003) з зниженням до мінімального значення, рекомендованого СНиП 2.04.05-98 –  $10 \text{ Вт}/\text{м}^2$  при заселеності  $45 \text{ м}^2/\text{особу}$ .

У частині інфільтрації зовнішнього повітря з виходом згаданої раніше постанови Мінбуду стали застосовувати щільні вікна, виготовлені за європейською технологією, повітропроникність яких не перевищувала  $0,9-1,2 \text{ кг}/(\text{год}\cdot\text{м}^2)$  поверхні вікна при перепаді тисків в  $10 \text{ Па}$ .

Розрахунки свідчать, що при такій низькій повітропроникності в системах природної вентиляції, наприклад 17-поверхового житлового будинку, навіть на першому поверсі обсяг інфільтрації через закриті вікна нижче необхідного значення, виходячи із забезпечення вентиляції квартир.

Це дало змогу призначити інфільтрацію зовнішнього повітря на всіх поверхах однаковою в обсязі нормативного повітрообміну, який приймається в житлових будинках заселеністю до  $20 \text{ м}^2/\text{особу} - 3 \text{ м}^3/(\text{год}\cdot\text{м}^2)$ , а при менш щільному заселенні квартири -  $30 \text{ м}^3/\text{год}$  на людину, але не нижче  $0,35$  обміну в годину від обсягу квартири (СНиП 23-02-2003).

Загалом по будівлі виявилось, що при розрахунку тепловтрат облік інфільтрації в зменшеному обсязі приблизно відповідає в розрахункових умовах величині різниці витрати тепла на її нагрівання в повному обсязі та побутових тепловиділень в квартирах.

Тому питома розрахункова витрата тепла на опалення на м<sup>2</sup> загальної площі квартир будинків, побудованих в 1950-60-х роках, практично не відрізняється від будівель будівництва в більш пізній період – до 1995 року.

Роки з 1995 по 2000 можна розглядати як перехідний період, коли могли бути побудовані будівлі і за старими проектами, і з підвищеним теплозахистом. А 2000 рік, відповідно до Постанови Держбуду № 18-11 від 02.02.98 р., зобов'язуючого з 2000 року не приймати в експлуатацію будівлі, що не відповідають вимогам другого етапу енергозбереження щодо опору теплопередачі, можна вважати початком іншого рівня питомих показників розрахункової витрати тепла на опалення.

На питоми показники витрати тепла на опалення слід враховувати вплив поверховості будинків, оскільки, по-перше, в будинках масового будівництва з підвищенням поверховості зростає обсяг інфільтрованого повітря, а, відповідно, і розрахункову витрату тепла на опалення, і, по-друге, з пониженням поверховості збільшується відносна площа зовнішніх огорожень на м<sup>2</sup> загальної площі квартир, і тому частка витрат тепла на нагрів інфільтрованого повітря та побутових тепловиділень в тепловому балансі будівлі знижується.

При виконанні відповідних розрахунків питомих показників витрат тепла на опалення враховуються викладені на початку нормативні значення опорів теплопередачі основних зовнішніх огорожень, норми повітрообміну і питома величина побутових тепловиділень в квартирах, що впливають на співвідношення складових теплового балансу житлового будинку:

– для 9-поверхових будівель будівництва до 1995 року тепловтрати через стіни складають 39%, а тепловтрати через вікна – 21% від розрахункових тепловтрат через зовнішні огороження і з інфільтрованим повітрям при температурі зовнішнього повітря, що дорівнює  $t_{\text{зов}}^o$ ; 8% складають тепловтрати через покриття і цокольне перекриття; 32% – на нагрів інфільтрованого зовнішнього повітря в об'ємі, на 30% перевищує вентиляційний повітрообмін, побутові тепловиділення – 9% від розрахункових тепловтрат;

– для 5-поверхової будівлі того ж періоду споруди частки тепловтрат зміняться відповідно на 31, 19, 17 і 33%, побутових тепловиділень – на 8%;

– для 1-3-поверхових одноквартирних будинків відповідно – на 37, 25, 20 і 18%, побутові тепловиділення – на 6%, зблокованих будинків – на 33, 22, 26 і 18-20%, побутові тепловиділення – на 6-8%;

– для будинків вище 9 поверхів співвідношення тепловтрат практично не змінюється, в порівнянні з 9-поверховими будинками;

– для будівель в 9 і вище поверхів будівництва після 2000 року тепловтрати через стіни складають 20-23%, через вікна – 25-28%, через покриття і перекриття – 4-6% і з інфільтрує повітрям – 45-50%, відносна частка побутових тепловиділень від розрахункових тепловтрат зростає, в порівнянні з будинками, побудованими до 1995 року, до 18-20%;

– для будівель в 5 поверхів того ж періоду забудови частки тепловтрат відповідно зміняться на 16, 25, 9, 48-50%, а побутових тепловиділень – на 16-18%;

– для будівель меншої поверховості збільшується частка тепловтрат через покриття і перекриття, досягаючи для будівель до 3 поверхів 15%, при однаковій частці в 30% тепловтрат через стіни і вікна, зменшується частка втрат тепла з інфільтрованим повітрям до 25% і побутовими тепловиділеннями до 6-8% через зниження щільності заселення одноквартирних будинків. Для зблокованих будинків ці показники відповідно будуть: стін – 16-20%, вікон – 28-32%, покриттів і перекриттів – 15-18%, інфільтрація – 30-36%, а побутові тепловиділення – 9-13%.

При перерахуванні цих показників на інші зовнішні умови слід враховувати:

– у житлових будинках будівництва до 1995 року нормоване значення опору теплопередачі світлонепроникних зовнішніх огорожень залежить від розрахункової температури зовнішнього повітря району будівництва, а опір теплопередачі вікон, за винятком крайньої півночі, обсяг інфільтрованого зовнішнього повітря і величина побутових тепловиділень не залежить;

– у житлових будинках будівництва після 2000 року зміна опору теплопередачі зовнішніх огорожень для різних регіонів підпорядковане закону виконання рівності показників питомої кількості тепла, споживаного за опалювальний період для однієї поверховості будинків, віднесеного до величини градусо-днів цього періоду;

– залежно від поверховості будинків і року будівництва змінюється в загальних тепловтратах частка тепла на нагрів інфільтрованого зовнішнього повітря і частка побутових тепловиділень, але останні за абсолютною величиною не залежать від зміни розрахункової зовнішньої температури району будівництва;

– показники розрахункової питомої витрати тепла на опалення для різних районів будівництва будуть залежати від співвідношення різниці розрахункових температур внутрішнього і зовнішнього повітря, відповідно шуканого району будівництва і взятому за базу (при  $t_{\text{зов}}^o = -25^\circ\text{C}$ ) з урахуванням перерахованих вище положень опір теплопередачі основних зовнішніх огорожень вже буде відрізнятися від базового.

Підвищується опір теплопередачі стін, покриттів і перекриттів, а опір теплопередачі ві-

кон, обсяг інфільтрації зовнішнього повітря і побутові тепловиділення не змінюються, але всі разом, крім побутових тепловиділень, вони збільшуються зі зниженням розрахункової зовнішньої температури. Саме на цю величину (в 1,3 рази) питомий розрахунковий показник витрати тепла на опалення будинку, побудованого в регіоні з  $t_{зов} = -45^\circ\text{C}$ , буде перевищувати показник побудованого в регіоні з  $t_{зов} = -25^\circ\text{C}$ .

Для будівель будівництва після 2000 року, оскільки нормовані значення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій дані в СНиП 23-02-2003, залежно від градусо-діб опалювального періоду, необхідно попередньо визначити, якому числу градусо-діб відповідає кожна розрахункова температура зовнішнього повітря.

Градусо-добу опалювального періоду - це добуток різниці температур внутрішнього повітря  $t_{вн} = 20^\circ\text{C}$  і середньої за опалювальний період зовнішньої температури  $t_{з.ср.}$  на тривалість опалювального періоду у добках. Обидві останні величини приймають по ДСТУ-Н Б В.1.1-27-2010 “Будівельна кліматологія”, в залежності від регіону будівництва.

Тривалість опалювального періоду, згідно СНиП 41-02-2003 “Теплові мережі” і ДСТУ-Н Б В.1.1-27-2010 “Будівельна кліматологія”, відповідає періоду стійкої (протягом 3-х діб) температури повітря рівною і менше  $+8^\circ\text{C}$ . Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період – це середньоарифметичне значення середніх за кожну добу температур цього періоду.

Але, хоча таке механічне перемноження на градусо-добу і було прийнято при визначенні питомої річної витрати теплової енергії на опалення будівель, що будуються в різних регіонах країни, у СНиП 23-02-2003 воно не враховує, що в тепловому балансі будівлі, поряд зі складовими, залежними від зміни зовнішньої температури (тепловтрати через зовнішні огороження і нагрів повітря, інфільтрованого через віконні отвори), входять внутрішні (побутові) тепловиділення, які не залежать від різних кліматичних умов регіонів країни.

Це тепловиділення від людей, освітлення, користування електропобутовими приладами, комп'ютерами, від приготування їжі та користування гарячою водою (для житлових будинків). А тому, більш правильно співвідносити з різницею внутрішніх і зовнішніх температур не витрати теплоти на опалення, а тепловтрати через зовнішні огороження і на нагрів необхідних для вентиляції обсягів зовнішнього повітря (для житлових будинків з природним припливом не менше нормативного повітрообміну для забезпечення вентиляції), а потім вже з величини перелічених тепловтрат відняти внутрішні тепловиділення, які для всіх регіонів повинні бути приблизно однакові за абсолютною величиною (при одній і тій же заселеності квартир і географічній широті близько  $50^\circ$  градусів, яка впливає на тривалість світлового

дня). Так було зроблено при складанні таблиці питомих показників розрахункової витрати теплоти на опалення житлових будівель на  $1\text{ м}^2$  загальної площі квартир.

У розрахунках норм, що діють на всі регіони країни, прийнято визначати нормативні показники інших регіонів шляхом перерахунку норм встановлених для центральних регіонів, в залежності від співвідношення розрахункових температур внутрішнього повітря опалювальних приміщень будівлі і зовнішнього повітря.

Результати розрахунків питомих показників розрахункової витрати тепла на опалення, в залежності від значення розрахункової температури зовнішнього повітря та періоду будівництва будівлі з використанням наведених вище даних і закономірностей за співвідношенням тепловтрат через зовнішні огороження і з інфільтрованим повітрям, зведені в таблицю 1.

Під дією різниці зовнішньої і внутрішньої температур, сонячної радіації та вітру приміщення втрачає тепло через огороження взимку і нагрівається влітку, гравітаційні сили, дія вітру і вентиляція створюють перепади тисків, що призводить до перетікання повітря між сполученими приміщеннями і до його фільтрації через пори матеріалу і нещільності огорожень. Будь-яка система опалення працює на підтримку рівня теплового комфорту в приміщенні, тобто котел і система опалення просто компенсує теплові втрати. Таким чином, зменшуючи теплові втрати, ми зменшуємо споживання газу. Отже, актуальним є облік тепловтрат будинку.

Експериментальне дослідження впливу температурних режимів на ефективність експлуатації системи опалення будинку включає наступні етапи: планування експерименту, безпосередньо проведення експерименту, обробка результатів.

Для вивчення одночасного впливу ряду чинників (багаточинниковий експеримент) на досліджуваний об'єкт застосовують методи математичного планування експерименту [11].

Основна особливість методів математичного планування експерименту полягає в тому, що на основі мінімальної кількості дослідів виявляють загальні закономірності в межах зміни кожного заданого чинника. Це досягається тим, що кожний експеримент відрізняється від інших неповторним сполученням обраних чинників.

Після планування експерименту та обробки результатів отримуємо лінійне рівняння регресії наступного вигляду:

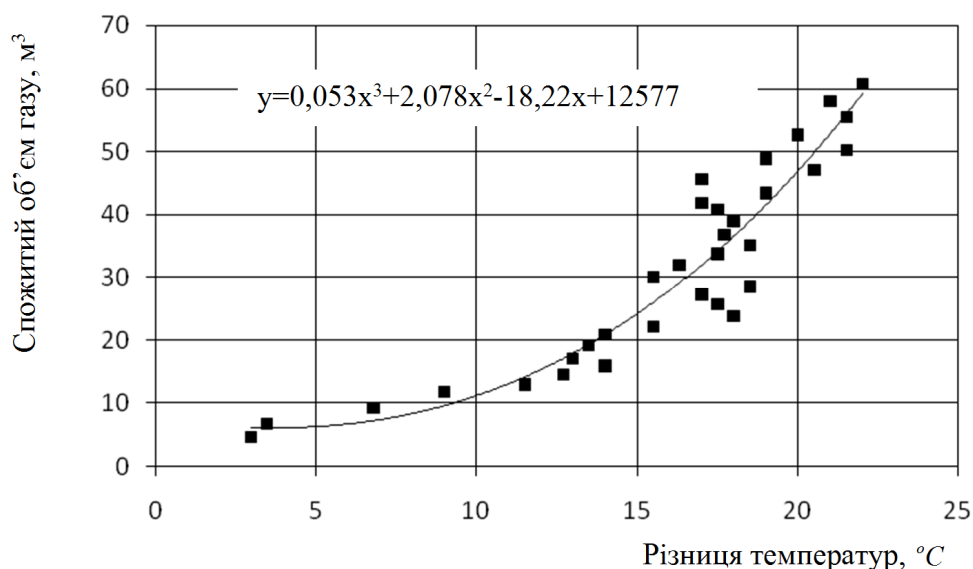
$$V = 13121,75 - 82,56 \cdot t_{зовн} - 157,06 \cdot t_{вн} - 307,31 \cdot \tau \quad (7)$$

Після визначення коефіцієнтів рівняння регресії проводимо статистичний аналіз рівняння регресії, що складається з трьох етапів:

- оцінки дисперсії відтворення або помилки експерименту;
- оцінки значимості коефіцієнтів рівняння регресії;
- оцінки адекватності моделі.

**Таблиця 1 – Збільшені показники розрахункового максимального теплового потоку на опалення, Вт/м<sup>2</sup>**

Кількість поверхів	Розрахункова температура повітря для проектування опалення $t_o$ , °C										
	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45	-50	-55
Для будинків, побудованих до 1995 р.											
1–3 індивід.	146	155	165	175	185	197	209	219	228	238	248
1–3 зблоковані	108	115	122	129	135	144	153	159	166	172	180
4–6 цегляні	59	64	69	74	80	86	92	98	103	108	113
4–6 панельні	51	56	61	65	70	75	81	85	90	95	99
7–10 цегляні	55	60	65	70	75	81	87	92	97	102	107
7–10 панельні	47	52	56	60	65	70	75	80	84	88	93
>10	61	67	73	79	85	92	99	105	111	117	123
Для будинків, побудованих після 2000 р.											
1–3 індивід.	76	76	77	81	85	90	96	102	105	107	109
1–3 зблоковані	57	57	57	60	65	70	75	80	85	88	90
4–6	45	45	46	50	55	61	67	72	76	80	84
7–10	41	41	42	46	50	55	60	65	69	73	76
11–14	37	37	38	41	45	50	54	58	62	65	68
>15	33	33	34	37	40	44	48	52	55	58	61



**Рисунок 1 – Вплив температурних режимів на споживання газу**

Після виконання усіх перевірок робимо висновок про те, що умова виконується, лінійне рівняння регресії приймається адекватним, тобто розсіювання експериментальних даних змінного стану відносно рівняння регресії має такий самий порядок, як і розсіювання, спричинене випадковими змінними в об'єкті дослідження.

Відповідно до результатів проведених дослідів, наводимо графічну залежність об'єму спожитого газу від різниці температур всередині і зовні приміщення (рисунок 1).

З рисунку 1 видно, що різниця температури повітря зовні і всередині приміщення істотно впливає на споживання газу, тому постає питання про його економію.

Вихідними даними для розрахунку тепловтрат є:

- район будівництва – с. Тисменичани, Івано-Франківської області;
- температурна зона – друга;
- вологісний режим приміщення – нормальний;
- розрахункова температура внутрішнього повітря –  $t_{вн} = 18 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- температура зовнішнього повітря  $t_{зовн} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- умови експлуатації огорожувальних конструкцій – Б.

Об'єктом проведення експериментальних досліджень є типовий будинок у сільському населеному пункті, який складається з двох поверхів та має індивідуальне опалення із газовим котлом.

**Таблиця 2 – Результати розрахунку тепловтрат будинку без енергозберігаючих технологій**

$t_{зов}, ^\circ\text{C}$	$Q_{ст}, \text{Вт}$	$Q_{вік}, \text{Вт}$	$Q_{стел}, \text{Вт}$	$Q_{озр}, \text{Вт}$	$Q_{інф}, \text{Вт}$	$\Sigma Q, \text{Вт}$	$Q, \text{Вт}$
0	4651	182	122	4955	1900	6855	5955
-5	5942	278	156	6376	2428	8804	7904
-10	7234	374	190	7798	2956	10754	9854
-15	8446	459	217	9122	3427	12549	11803
-20	9818	566	257	10642	4011	14653	13753
-25	11110	662	291	12063	4539	16602	15703
-30	12402	758	325	13485	5067	18552	17652
-35	13694	854	359	14907	5595	20502	19602

**Таблиця 3 – Результати розрахунку тепловтрат будинку з утепленням**

$t_{зов}, ^\circ\text{C}$	$Q_{ст}, \text{Вт}$	$Q_{вік}, \text{Вт}$	$Q_{стел}, \text{Вт}$	$Q_{озр}, \text{Вт}$	$Q_{інф}, \text{Вт}$	$\Sigma Q, \text{Вт}$	$Q, \text{Вт}$
0	1345	182	122	1649	1900	3549	2649
-5	1718	278	156	2152	2428	4580	3680
-10	2092	374	190	2655	2956	5611	4711
-15	2465	470	224	3159	3484	6642	5742
-20	2839	566	257	366	4011	7674	6774
-25	3212	662	291	4166	4539	8705	7805
-30	3586	758	325	4669	5067	9736	8836
-35	3959	854	359	5173	5595	10767	9867

**Таблиця 4 – Результати розрахунку тепловтрат будинку з використанням подвійних склопакетів**

$t_{зов}, ^\circ\text{C}$	$Q_{ст}, \text{Вт}$	$Q_{вік}, \text{Вт}$	$Q_{стел}, \text{Вт}$	$Q_{озр}, \text{Вт}$	$Q_{інф}, \text{Вт}$	$\Sigma Q, \text{Вт}$	$Q, \text{Вт}$
0	4651	107	122	4880	1900	6780	5880
-5	5942	163	156	6262	2428	8690	7790
-10	7234	220	190	7644	2956	10600	9700
-15	8526	276	224	9026	3484	12510	11610
-20	9818	333	257	10408	4011	14420	13520
-25	11110	389	291	11790	4539	16330	15430
-30	12402	446	325	13173	5067	18239	17339
-35	13694	502	359	14555	5595	20149	19249

**Таблиця 5 – Результати розрахунку тепловтрат будинку з утепленням і з використанням подвійних склопакетів**

$t_{зов}, ^\circ\text{C}$	$Q_{ст}, \text{Вт}$	$Q_{вік}, \text{Вт}$	$Q_{стел}, \text{Вт}$	$Q_{озр}, \text{Вт}$	$Q_{інф}, \text{Вт}$	$\Sigma Q, \text{Вт}$	$Q, \text{Вт}$
0	1345	107	122	1574	1900	3474	2574
-5	1718	163	156	2037	2428	4465	3565
-10	2092	220	190	2501	2956	5457	4557
-15	2465	276	224	2965	3484	6449	5549
-20	2833	333	257	3429	4011	7440	6540
-25	3212	389	291	3893	4539	8432	7532
-30	3586	446	325	4357	5067	9424	8524
-35	3959	502	359	4820	5595	10415	9515

Розрахунок необхідного теплового навантаження на систему опалення проводимо відповідно до характеристик матеріалу зовнішніх стін, конструкції даху і вікон. Розрахунок тепловтрат будинку проводимо за допомогою розроблених авторських програм.

Відповідно до методики, змінюючи значення температури зовнішнього повітря, розраховуємо тепловтрати будинку без енергозберігаючих технологій, з утепленням шаром пінопласту, з використанням подвійних склопакетів і з шаром утеплення і подвійними склопакетами. Результати розрахунку зведено в таблиці 2 - 5.

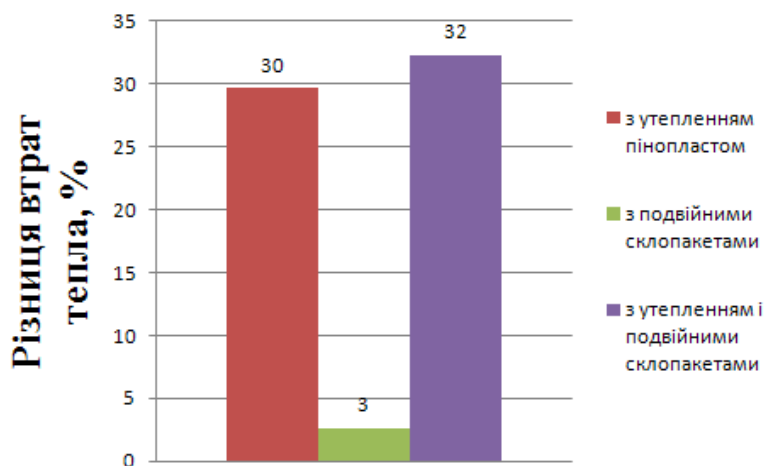


Рисунок 2 – Значення тепловтрат будинку у відсотках



Рисунок 3 – Основні тепловтрати будинку

Порівнюємо отримані результати тепловтрат будинку без енергозберігаючих технологій із значеннями тепловтрат будинку з використання енергозберігаючих технологій та будуємо графічні залежності (рисунок 2).

Дослідження свідчать, що при експлуатації будинку найбільшими є тепловтрати через зовнішні огороження, тобто стіни, які становлять 67% від загального значення тепловтрат. Значні втрати тепла відбуваються через старі вікна, неутеплені стіни, щілини в міжпанельних швах, входні групи, що не закриваються, холодні горіща і підвали будівель і т.д. Тому тепловтрати звести до мінімуму можливо тільки при комплексному підході до енергозбереження (рисунок 3).

Аналізуючи отримані результати, можна зробити висновок, що використання утеплення будинку і подвійних склопакетів істотно зменшують втрати тепла, а, отже, газоспоживання, в той час коли використання більш сучасних вікон дає незначний результат, але значно зменшує втрати тепла на нагрів інфільтрованого повітря завдяки своїй герметичності.

Через вікна втрачається значна частина тепла будинку. Найбільш простий підхід до вирішення цієї проблеми – зменшення площі ві-

кон, але він далеко не завжди прийнятний, оскільки погіршує комфортність і мікроклімат приміщень. Ця дилема значною мірою вирішується застосуванням енергоефективнішого типу вікон, оскільки можна відразу добитися значного зменшення витрат на опалювання, особливо при великому склінні (за виключенням скління на південній стороні).

Теплоізоляція будівель і споруд має кілька практичних цілей: підвищення рівня комфортності, тепло- і звукоізоляції, економію паливних ресурсів і скорочення експлуатаційних витрат. Якщо, до прикладу, утеплити стіни, то потреба в теплі у будинку відчутно зменшиться. Відповідно зменшиться й вартість генеруючого обладнання. Адже, щоб забезпечити тепло в будинку, нам знадобиться котел меншої потужності, вартість якого буде також меншою. Отже теплоізоляція будівлі є важливим пунктом економії споживання теплової енергії і витрат на її придбання.

Зниження до мінімуму втрат тепла через стіни будівлі дає можливість зменшити видатки на опалення. Якщо заздалегідь грамотно утеплити будинок, можна встановити дешевші системи опалення, оскільки буде достатньо менше потужного котла і меншої кількості радіаторів.

**Висновки**

У роботі було проведено дослідження впливу температурних режимів на ефективність роботи системи опалення на прикладі типового житлового будинку, який розміщений в селі Тисменичани. Обґрунтовано особливості методики розрахунку впливу температурних режимів на ефективність роботи системи опалення. встановлено залежність роботи системи опалення від температури зовнішнього повітря. експериментально встановлено вплив температурних режимів на побутове споживання природного газу в житлових будинках.

Експериментально проведено дослідження впливу температурних режимів на споживання природного газу в житловому будинку. Для цього застосовано методи математичного планування експерименту, оскільки вони дають змогу вивчати одночасний вплив ряду чинників на досліджуваній об'єкт.

Основна особливість методів математичного планування експерименту полягає в тому, що на основі мінімальної кількості дослідів виявляють загальні закономірності в межах зміни кожного заданого чинника. Це досягається тим, що кожний експеримент відрізняється від інших неповторним сполученням обраних чинників. За результатами проведення експерименту знайдено математичну модель об'єкта дослідження, тобто рівняння, що зв'язує показники процесу з чинниками, що діють на нього. Відповідно до результатів проведених дослідів, побудовано графічну залежність об'єму спожитого газу від різниці температур всередині і зовні приміщення, яка свідчить, що температура зовнішнього і внутрішнього повітря істотно впливає на споживання газу.

Також проведено розрахунок тепловтрат житлового будинку з врахуванням зміни температури зовнішнього повітря, в результаті якого виявилось, що найбільше тепла витрачається через зовнішні огорожувальні конструкції, які становлять 67% від загального значення тепловтрат, не менш значними є витрати тепла на нагрівання зовнішнього повітря – 27%.

На тепловтрати також впливають всі величини, що характеризують тепловий режим будинку. Крім температури зовнішнього повітря, фактором, що сприяє тепловтратам, є швидкість вітру і вологість зовнішнього і внутрішнього повітря, сонячне випромінювання та інші метеорологічні фактори.

Щоб запобігти великій кількості втрат тепла потрібно використовувати енергозберігаючі технології. Відповідно до цього проведено порівняльний розрахунок втрат при утепленні будинку шаром пінопласту товщиною 50 мм, використанні подвійних склопакетів, і при використанні цих двох технологій утеплення будинку. За результатами розрахунку побудовано графічні залежності, які відображають інформацію про те, що при утепленні пінопластом втрати тепла зменшуються приблизно 47%, при використанні подвійних склопакетів - 2%, при використанні утеплення і подвійних склопакетів – 49% відповідно. Така істотна економія дає можливість швидко окупити витрати від застосування енергозберігаючих технологій.

В наш час, коли постає необхідність економії енергоресурсів, з огляду на постійне зростання цін на енергоносії, питання теплоізоляції будівель є дуже актуальним. Це стосується не тільки новобудов, але будівель, збудованих за старими нормативами.

Для зменшення втрат тепла можуть бути застосовані різні рішення, як дорогі, так і недорогі, із зміцнення та утеплення конструкцій будівлі. Крім економії енергії, вони допоможуть також забезпечити більший комфорт в приміщеннях будівлі, відтермінувати природне руйнування зовнішніх огорожувальних конструкцій і продовжити термін експлуатації будівлі.

Як ми бачимо, утеплення - дуже ефективний спосіб зменшення споживання природного газу. Чим краще ізольований будинок (система), тим менше енергії потрібно на його обігрів, і тим менше тепла він втрачає в навколишнє середовище. Тому врахування температурних режимів має велике значення як при проектуванні чи реконструкції системи опалення, так і при її експлуатації.

Отриманні результати мають практичне значення, особливо стосовно підвищення ефективності системи опалення.

**Наукова новизна результатів досліджень**

У роботі вперше:

- досліджено вплив температурних режимів на ефективність експлуатації системи опалення. експериментально встановлено вплив температури зовнішнього повітря на побутове споживання природного газу в житлових будинках;

- запропоновано конструктивні шляхи зменшення тепловтрат будинків протягом опалювального періоду і економічна оцінка впроваджених заходів.

**Практична цінність отриманих результатів.**

Запропоновані у роботі проектні та конструктивні рішення дають змогу значно зменшити тепловтрати будинків і, як наслідок, обсяг споживання газу.

**Література**

- 1 Баясанов Д.Б. Распределительные системы газоснабжения / Д.Б. Баясанов, А.А. Ионин. – М.: 1977. – 408 с.
- 2 Безносова Д. С. Прогнозирование динамики тепло- и энергопотребления под влиянием климатических изменений и оценка выбросов парниковых газов: [автореф. дис. канд. техн. наук: 05.14.01.] / Д. С. Безносова – М.: 2005. – 20 с.
- 3 Бицадзе Д.Г. Прогнозирование расхода природного газа / Д.Г. Бицадзе, Р.И. Долмазашвили, Т.Ш. Хазалашвили. – Тбилиси: 1988. – 36 с.
- 4 Богословский В.Н. Тепловой режим здания / В.Н. Богословский. – М.: Стройиздат, 1979. – 248 с.

- 5 Богословский В.Н. Строительная теплофизика: [учебник для вузов] / В.Н. Богословский. — М.: Высш. школа, 1982. — 415 с.
- 6 Бусаров В. Н. Электроэнергетика и климат / В. Н. Бусаров, И. И. Потапов. — М.: НИЦ “СИНАПС”, 1995. — 114 с.
- 7 Волощук В. А. Наукові принципи розрахунку і оптимізації проектних, технічних і технологічних рішень з управління системами теплопостачання на еколого-економічних засадах / В. А. Волощук, А. М. Рокочинський. — Київ: 2007. — 56 с.
- 8 ГОСТ 30494-96. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях.
- 9 ДБН В.2.6-31:2006. Теплова ізоляція будівель.
- 10 ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Будівельна кліматологія.
- 11 Дорошенко В.М. Основи наукових досліджень: [Навч. посіб.] / В.М. Дорошенко. — К.: ІСДО, 1993. — 128 с.
- 12 Энергетична стратегія України на період до 2030 року. Затверджена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 15.03.2006 № 145-р.
- 13 Зоркальцев В.И. Анализ интенсивности и синхронности колебаний потребности в топливе на отопление / [Сер. препринтов сообщений «Автоматизация научных исследований»] / В.И. Зоркальцев, Е.Н. Иванова. — Сыктывкар: Коми научный центр Ур О АН СССР, 1989. — 24 с.
- 14 Исаев А. А. Колебания климатических характеристик отопительного периода и оценка возможностей их сверхдолгосрочного прогноза (на примере Москвы) / А. А. Исаев, Б. Г. Шерстюков Б. Г. — Вестник Моск. ун-та. Сер. 5. География. 1996. № 5. — 75 с.
- 15 Котин В.Я. Методика проведения расчетов тепловой защиты зданий. “Окна и двери” / В.Я. Котин. — М.: 2001. — 53 с.
- 16 Ликов А.В. Теория тепло- и массопереноса / А.В. Ликов, Ю.А. Михайлов. — М.: Госэнергоиздат, 1963. — 536 с.
- 17 Малявина Е.Г. Теплотери здания: [справочное пособие] / Е.Г. Малявина. — М.: АВОК-ПРЕСС, 2007. — 144 с.
- 18 Мамедов Н.Я. Влияние климатических факторов на процесс газопотребления (на примере Азербайджанской ССР): [автореф. дис. на соиск. научн. ст. канд. техн. наук: спец. 05.23.03] / Н.Я. Мамедов. — Баку: Азербайджанский инженерно-строительный институт, 1985. — 22 с.
- 19 Панкратов В.С. Информационно-вычислительные системы в диспетчерском управлении газопроводами / В.С. Панкратов, А.В. Дубинский, Б.И. Сипештейн. — Л.: Недра, 1988. — 246 с.
- 20 Пекер Я.Д. Климатические основы расчета годовых расходов энергии системами отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха / Я.Д., Пекер, А.М. Айзен, М.Д. Рабинович. — Л.: 1974. — 57 с.
- 21 Переведенцева Ю. П. Современные глобальные и региональные изменения окружающей среды и климата / Ю. П. Переведенцева. — Казань: Унипрес, 1999. — 125 с.
- 22 Поз М.Я. Экспериментальное исследование теплопередачи через оконные заполнения при фильтрации воздуха / М. Я. Поз, В.И. Быстров. — М.: Стройиздат, 1980. — 143 с.
- 23 Попадько В.Е. Некоторые вопросы оперативного прогнозирования газопотребления методами теории случайных процессов: [автореф. дис. на соиск. научн. ст. канд.техн. наук: спец. 198] / В.Е. Попадько. — Москва: МИНХ и ГП им.И.М.Губкина, 1972. — 24 с.
- 24 Ратушняк Г.С. Энергобережения та експлуатація систем теплопостачання: [навчальний посібник] / Г.С. Ратушняк, Г.С. Попова. — Вінниця: ВДГУ, 2002. — 120 с.
- 25 Соколов Е. Я. Теплофикация и тепловые сети: [учебник для вузов 7-е изд., стереот.] / Е. Я. Соколов. — М.: Издательство МЭИ, 2001. — 472 с.
- 26 СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий.
- 27 СНиП 2.01.01-82. Строительная климатология и геофизика.
- 28 Табунщиков Ю.А. Математическое моделирование и оптимизация тепловой эффективности зданий / Ю.А. Табунщиков, М.М. Бродач. — М.: АВОК-ПРЕСС, 2002. — 194 с.
- 29 Фокин К. Ф. Расчетные температуры наружного воздуха / К. Ф. Фокин. — М.: Стандартиздат, 1946. — 126 с.
- 30 Хрилев Л. С. О влиянии климатического фактора на перспективную структуру топливно-энергетического баланса / Л. С. Хрилев. — Теплоэнергетика, 1965, №2. — с. 16-20.
- 31 Шерстюков Б. Г. Метод кратной цикличности для анализа временных рядов и сверхдолгосрочных прогнозов на примере характеристик отопительного периода в Москве / Б. Г. Шерстюков, А. А. Исаев. // Метеорология и гидрология. — 1999. — № 8. — С. 46-54.
- 32 Шкловер А.М. Теплопередача при периодических тепловых воздействиях / А.М. Шкловер. — М.: Госэнергоиздат, 1961. — 98 с.

Стаття надійшла до редакційної колегії

04.09.13

Рекомендована до друку професором **Грудзом В.Я.**

(ІФНТУНГ, м. Івано-Франківськ)

д-ром техн. наук **Банахевичем Ю.В.**

(Відділ магістральних газопроводів і ГРС ДК «Укртрансгаз», м. Київ)