

## ОГЛЯД СУЧАСНИХ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ ТА МЕТОДИК ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕМПЕРАТУРНИХ РЕЖИМІВ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЇХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ В УМОВАХ СІЛЬСЬКОГО НАСЕЛЕНОГО ПУНКТУ

Ю. І. Дорошенко

ІФНТУНГ; 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42166,  
e-mail: tzn g @ n i n g . e d u . u a

*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 зі 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. Дана проблема вимагає глибокого вивчення і вирішення.*

*Метою даної роботи є аналіз сучасних методик дослідження та врахування впливу температурних режимів на ефективність роботи системи опалення в умовах сільського населеного пункту.*

*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.*

*Проведені в роботі дослідження базуються на використанні методів математичної статистики.*

*У роботі вперше досліджено існуючі сучасні методики врахування впливу температурних режимів на ефективність експлуатації системи опалення.*

*Проведений у роботі огляд сучасних методик врахування впливу температурних режимів на ефективність експлуатації систем опалення в умовах населених пунктів дасть змогу провести узагальнення та на основі їх розробити проектні та конструктивні рішення, які дозволять значно зменшити тепловтрати будинків і, як наслідок, обсяг споживання газу.*

*Ключові слова: температура, теплоносій, опалювальний період, кліматологічні параметри, кліматичні фактори, вплив*

*Газовое хозяйство является сложной инженерной системой, в которую входят газовые сети, различные типы хранилищ природных и сжиженных углеводородных газов, устройства для сжигания газа. Реализация газификации Украины включает процессы проектирования, сооружения и эксплуатации газового хозяйства. Все элементы системы газоснабжения должны соответствовать следующим требованиям: экономичность, народнохозяйственная эффективность, высокая надежность, экологичность, безопасность эксплуатации.*

*Увеличение производства тепла для сельскохозяйственной деятельности и коммунально - бытовых нужд ставит важные задачи по увеличению эффективности и экономичности производства и распределения тепла, улучшения методов и технических средств газоснабжения. Для решения этих задач необходимо тщательно изучать потребителей тепла и их особенности, найти наиболее рациональные пути газоснабжения различных объектов. Данная проблема требует глубокого изучения и решения.*

*Целью данной работы является анализ современных методик исследования и учета влияния температурных режимов на эффективность работы системы отопления в условиях сельского населенного пункта.*

*Достижение этой цели предполагает решение следующих задач:*

*1. Выявить и обосновать особенности методики расчета влияния температурных режимов на эффективность работы системы отопления;*

*2. Установить зависимость работы системы отопления от температуры наружного воздуха.*

*Проведенные в работе исследования базируются на использовании методов математической статистики.*

*В работе впервые исследованы существующие современные методики учета влияния температурных режимов на эффективность эксплуатации системы отопления.*

*Проведенный в работе обзор современных методик учета влияния температурных режимов на эффективность эксплуатации систем отопления в условиях населенных пунктов позволит провести обобщение и на основе их разработать проектные и конструктивные решения, которые позволят значительно снизить теплопотери зданий и, как следствие, объем потребления газа.*

*Ключевые слова: температура, теплоноситель, отопительный период, климатологические параметры, климатические факторы, влияние*

*Gas facilities are a complex engineering system, which includes gas networks, different types of storage facilities for natural and liquefied petroleum gases, and devices for gas burning. Gasification implementation in Ukraine includes the processes of design, construction, and operation of gas facilities. All the gas supply system elements must meet the following requirements: economical efficiency, cost effectiveness, high reliability, environmental safety, and operational safety.*

*Increase of heat production for agricultural activities and household needs sets important tasks concerning increasing the effectiveness and economical efficiency of production and distribution of heat, improving methods and technical means of gas supply. To solve these problems it is necessary to carefully study the heat consumers and their peculiarities in order to find the most efficient ways of various facilities gas supply. This problem requires a thorough study and solution.*

*The purpose of this article is to analyze the modern methods of study and consideration of the temperature modes influence on the heating system efficiency in the conditions of rural settlements.*

*Achieving of this goal requires solution of the following tasks:*

*1. To identify and justify peculiarities of the method of temperature modes calculation influence on the heating system operational efficiency;*

*2. To set the dependency of the heating system operation on the outside air temperature.*

*The conducted studies are based on the mathematical statistics methods application.*

*The existing modern methods of taking into account the influence of temperature modes on the heating system operational efficiency were studied for the first time in this article.*

*The conducted review of current methods of taking into account the influence of temperature modes on the heating systems operational efficiency in the conditions of the settlements will allow generalizing and developing on its basis some design and construction solutions that will significantly reduce heat loss of buildings and, as a result, gas consumption volume.*

**Keywords:** temperature, heat carrying agent, heating season, climatological parameters, climatic factors, influence

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 змогу 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 зі 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. Значний внесок у створенні фундаментальної основи теплового режиму приміщення заклали такі вчені як В.М. Богословський,

М.М.Бородач, А.В. Ліков, М.Я. Поз, Ю.А. Табунціков, К.Ф. Фокін, А.М. Шкловер та ін. [1-7]. На основі їх досліджень було розроблено декілька методик 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.

**Актуальність теми роботи.** Зниження енергоспоживання для України є однією з найважливіших задач.

Найбільш затратним за обсягами споживання енергоносіїв і за споживанням тепла є житлово-комунальний комплекс України. Щоб знизити енергоспоживання в цій сфері, насамперед, необхідно удосконалити методику визначення теплового навантаження будинків і споруд, для чого потрібно проаналізувати вплив на їх системи опалення температурних режимів.

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 [8]. 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 частка енергоресурсів, і одними з визначальних факторів впливу на об'єми теплоспоживання є погодно-кліматичні чинники [8, 9].

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 треба враховувати, що зниження температури внутрішнього повітря в житлових приміщеннях до 10-12 °С 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 видно, 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 задачі досліджень.** Метою даної роботи є аналіз сучасних методик дослідження та врахування впливу температурних режимів на ефективність роботи системи опалення в умовах сільського населеного пункту.

Досягнення цієї мети передбачає розв'язок таких завдань:

1) виявити й обґрунтувати особливості методики розрахунку впливу температурних режимів на ефективність роботи системи опалення;

2) встановити залежність роботи системи опалення від температури зовнішнього повітря.

**Методи досліджень.** Проведені в роботі дослідження базуються на використанні методів математичної статистики.

**Наукова новизна результатів досліджень.** У роботі вперше досліджено існуючі сучасні методики врахування впливу температурних режимів на ефективність експлуатації системи опалення.

Опалення не є одним з останніх винаходів людства. Вже більше тисячі років люди намагаються, так чи інакше, обігріти своє житло. Спочатку це було можливо тільки за допомогою багаття. Але кожен значущий етап розвитку людства позначався на рівні науки і техніки. І так поволі від багаття ми прийшли до сучасних опалювальних систем. Сучасні системи опалення не порівняти з їх попередниками: раніше дотримувалася постійний гідравлічний режим і варіантів вибору для споживача просто не існувало. Сьогодні можна вмикати-вимикати систему, коли 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.

За допомогою опалення створюються необхідні теплові умови в приміщеннях різного призначення, завдяки чому знижується кількість простудних захворювань, підвищується продуктивність праці, а також забезпечується нормальна експлуатація будівель та обладнання. 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 з 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 місцевого 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 підтримання 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.

Система опалення – це сукупність зв'язаних між собою конструктивних елементів, призначених для одержання, транспортування та передачі необхідної кількості теплоти в опалюваному приміщенні. Система опалення для виконання покладеного на неї завдання повинна володіти певною тепловою потужністю. Розрахункова теплова потужність системи виявляється в результаті складання теплового балансу у нагрітих приміщеннях при температурі зовнішнього повітря, яку ще називають розрахунковою (середня температура найбільш холодної п'ятиденки). Розрахункова теплова потужність протягом опалювального сезону, повинна використовуватися частково в залежності від зміни тепловитрат приміщень при поточному значенні температури зовнішнього повітря. Поточні (скорочені) тепловитрати на опалення мають місце протягом майже всього часу опалювального сезону, тому теплоперенос до опалювальних приладів повинен змінюватися в широких межах. Цього можна досягти шляхом

зміни (регулювання) температури і (або) кількості теплоносія, який переміщується в системі опалення.

Кожна система опалення включає: генератор теплоти для нагрівання теплоносія, теплопроводів, для транспортування теплоносія від теплогенератора до опалюваного приміщення та опалювальні прилади для нагрівання повітря в цьому приміщенні. Генератором теплоти може бути опалювальний котельний агрегат, де спалюється паливо, за рахунок чого нагрівається теплоносій або інший теплообмінний апарат (наприклад, пароводяний або водоводяний теплообмінник).

Системи опалення можуть мати один теплоносій, як, припустимо при безпосередньому нагріванні повітря в газових чи електричних повітряно-опалювальних агрегатах, а можуть мати кілька теплоносіїв, – один основний, а другий проміжний, – наприклад, вода у водяних повітряно-опалювальних агрегатах.

Теплоносій для системи опалення вибирають, виходячи, з його фізичних характеристик, теплотехнічних властивостей, вартості та експлуатаційних затрат. Теплоносієм може бути рідина (газ) з хорошою теплоакумулюючою властивістю, рухома, дешева і яка не погіршує санітарно-гігієнічні умови в опалюваному приміщенні. Цим вимогам відповідають вода, водяна пара та повітря. В окремих випадках у системах опалення, які працюють періодично (наприклад, тільки пізньої осені та ранньої весни) і тому є небезпека замерзання води в трубах, застосовують спеціальні добавки (етиленгліколь, пропіленгліколь), що знижують температуру замерзання води.

До системи опалення пред'являються різноманітні вимоги. Найбільш важливі санітарно-гігієнічні та експлуатаційні вимоги, які обумовлюються необхідністю підтримувати задану температуру в приміщеннях протягом опалювального сезону і всього терміну служби системи опалення будинку [10].

Для опалення будівель і споруд в даний час переважно використовують воду або атмосферне повітря, рідше водяна пара або нагріті гази. Проведемо порівняння характерних властивостей зазначених видів теплоносія при використанні їх в системах опалення.

Гази, що утворюються при спалюванні твердого, рідкого або газоподібного органічного палива, мають порівняно високу температуру і застосовуються в тих випадках, коли відповідно до санітарно-гігієнічних вимог вдається обмежити температуру поверхні опалювальних приладів, яка віддає тепло. При транспортуванні гарячих газів мають місце значні попутні тепловтрати, звичайно марні для обігрівання приміщення. Високотемпературні продукти згорання палива можуть випускатися безпосередньо в приміщення або споруди, але при цьому погіршується стан їхнього повітряного середовища, що в більшості випадків неприпустимо. Видалення ж продуктів згорання назовні по каналах ускладнює конструкцію і знижує ККД опалювальної установки. При цьому ви-

никає необхідність вирішення екологічних проблем, пов'язаних з можливим забрудненням атмосферного повітря продуктами згорання поблизу опалювальних об'єктів. Область використання гарячих газів обмежена опалювальними печами, газовими калориферами та іншими подібними місцевими опалювальними установками.

На відміну від гарячих газів вода, повітря і пар використовуються багаторазово в режимі циркуляції і без забруднення навколишнього середовища.

Вода має високу густину (близько  $1000 \text{ кг/м}^3$  залежно від температури) та високу питому теплоємність ( $4,19 \text{ кДж/(кг } ^\circ\text{C)}$ ), що дає можливість передавати велику кількість теплоти малими об'ємами цього теплоносія. Збільшуючи або зменшуючи температуру води, можна значно змінювати її ентальпію. Можливість змінювати температуру води, не змінюючи її агрегатного стану, дозволяє обмежувати температуру поверхонь опалювальних приладів відповідно до санітарно-гігієнічних вимог протягом всього опалювального сезону.

Водяна пара, яку використовують у системах опалення, має малу густину ( $0,6\text{-}1,6 \text{ кг/м}^3$ ), але вона вміщує в собі велику кількість теплоти, що виділяється при конденсації в опалювальних приладах ( $2260\text{-}2160 \text{ кДж/кг}$ ). Тому ефективність застосування водяної пари як теплоносія буде високою тільки в тому випадку, якщо в опалювальних приладах буде відбуватися процес конденсації пари, а теплота фазового переходу передаватися для нагрівання приміщення. Переміщення пари паропроводами можна здійснювати з великою швидкістю ( $60\text{-}80 \text{ м/с}$ ), що дає можливість транспортувати велику кількість теплоти на великі відстані при відносно невеликих енергозатратах. Суттєвий недолік водяної пари як теплоносія системи опалення полягає в тому, що її конденсація відбувається при постійній і досить високій температурі залежно від тиску, що виключає можливість регулювання тепловіддачі опалювальних приладів. Періодичне відключення подачі пари в прилади створює нерівномірність температурного режиму в приміщенні. Висока температура пари обмежує можливості її використання через санітарно-гігієнічні вимоги. Використання пари з температурою меншою  $100^\circ\text{C}$  вимагає підтримання в опалювальних системах вакууму, що збільшує експлуатаційні затрати та ускладнює обслуговування.

Повітря має малу густину (близько  $1,2 \text{ кг/м}^3$ ) та низьку питому теплоємність ( $1 \text{ кДж/(кг } ^\circ\text{C)}$ ), у зв'язку з цим для передачі навіть невеликої кількості теплоти потрібно переміщувати великі об'єми повітря. Швидкість руху повітря обмежена ( $10\text{-}20 \text{ м/с}$ ), тому повітропроводи мають бути великих розмірів у перерізі. Температура та ентальпія повітря можуть змінюватися у досить широких межах, завдяки чому можна підтримувати в приміщеннях рівномірний тепловий режим протягом опалювального сезону. Ефективність використання повітря для нагрівання приміщень значно підвищується при од-

ночасному опалюванні і вентиляції цих приміщень.

Порівняємо ці три теплоносії за показниками, важливими для виконання вимог, що пред'являються до системи опалення.

Однією з санітарно-гігієнічних вимог є підтримка в приміщеннях рівномірної температури. За цим показником перевагу перед іншими теплоносіями має повітря. При використанні нагрітого повітря можна постійно підтримувати рівномірну температуру кожного окремого приміщення, швидко змінюючи температуру повітря, що подається, тобто проводячи так зване експлуатаційне регулювання. При цьому одночасно з опаленням можна забезпечити вентиляцію приміщень.

Застосування в системах опалення гарячої води також дозволяє підтримувати рівномірну температуру приміщень, що досягається регулюванням температури, яка подається в опалювальні прилади води. При такому регулюванні температура приміщень все ж може трохи відхилитися від заданої (на 1-2°C) внаслідок теплової інерції мас води, труб та приладів.

При використанні пари температура приміщень нерівномірна, що суперечить гігієнічним вимогам. Нерівномірність температури виникає через невідповідність теплопередачі приладів при незмінній температурі пари (при постійному тиску) мінливим тепловтратам приміщення протягом опалювального сезону. У зв'язку з цим доводиться зменшувати кількість пари, що подається в прилади і навіть періодично відключати їх, щоб уникнути перегрівання приміщень при зменшенні їх тепловтрат.

Інша санітарно-гігієнічна вимога – обмеження температури зовнішньої поверхні опалювальних приладів – викликано явищем розкладання і сухій сублімації органічного пилу на нагрітій поверхні, що супроводжується виділенням шкідливих речовин, зокрема окису вуглецю. Розкладання пилу починається при температурі 65-70°C і інтенсивно протікає на поверхні, що має температуру понад 80°C.

При використанні водяної пари як теплоносія температура поверхні більшості опалювальних приладів і труб постійна і приблизно становить 100°C, тобто перевищує гігієнічні межі. При опаленні гарячою водою середня температура нагрітих поверхонь, як правило, нижча, ніж при застосуванні водяної пари. Крім того, температуру води в системі опалення знижують для зниження теплопередачі приладів при зменшенні тепловтрат приміщень. Тому при використанні води як теплоносія середня температура поверхні приладів протягом опалювального сезону практично не перевищує гігієнічної межі.

Важливим економічним показником при застосуванні різних теплоносіїв є витрата металу на теплопроводи і опалювальні прилади. Витрата металу на теплопроводи зростає із збільшенням їх поперечного перерізу. Площі поперечного перерізу водоводів і паропроводів близькі, а перетин повітроводів в сотні разів більше. Це пояснюється, з одного боку, значною

теплоакумуляційною здатністю води і властивістю пари виділяти велику кількість теплоти при конденсації, з іншого боку – малою щільністю і теплоємністю повітря. При порівнянні витрати металу слід також врахувати, що площа поперечного перерізу труб для відведення конденсату від приладів в паровій системі – конденсатопроводів значно менше площі перерізу паропроводів, так як обсяг конденсату приблизно в 1000 разів менше обсягу тієї ж маси пари. Можна зробити висновок, що витрата металу як на водоводи, так і на паро- і конденсатопроводи буде значно меншою, ніж на повітроводи, навіть якщо останні виконати зі значно більш тонкими стінками. Крім того, при великій довжині металевих повітроводів теплоносій (повітря) з малою теплоємністю сильно охолоджується при транспортуванні.

Витрата металу на опалювальні прилади, що обігріваються паром, менша, ніж на прилади, які нагріваються гарячою водою, внаслідок зменшення площі приладів при більш високих значеннях температури нагрівачої їх середовища. Конденсація пари в приладах відбувається без зміни температури насиченої пари, а при охолодженні води в приладах знижується середня температура.

Повітря і вода до певної швидкості руху можуть переміщатися в теплопроводах безшумно. Часткова конденсація пари внаслідок попутних тепловтрат через стінки паропроводів і появи попутного конденсату викликає шум (кляцання, стуки і удари) при русі.

У суворих умовах зими в деяких випадках рекомендується використовувати в системі опалення спеціальний незамерзаючий теплоносій – антифриз. Антифризами є водні розчини етиленгліколю, пропіленгліколю та інших гліколей, а також розчини деяких неорганічних солей. Будь-який антифриз є досить токсичною речовиною, що потребує особливої поведінки з ним. Його використання в системі опалення може призвести до деяких негативних наслідків (прискорення корозійних процесів, зниження теплообміну, зміна гідравлічних характеристик та ін.) У зв'язку з цим, застосування антифризу як теплоносія в кожному конкретному випадку повинно бути досить обґрунтованим.

Наведемо основні переваги та недоліки основних теплоносіїв для опалення.

При використанні води забезпечується досить рівномірна температура приміщень, можна обмежити температуру поверхні опалювальних приладів. Скорочується порівняно з іншими теплоносіями площа поперечного перерізу труб, досягається безшумність руху в теплопроводах. Недоліками застосування води є значна витрата металу і великий гідростатичний тиск в системах. Теплова інерція води уповільнює регулювання теплопередачі приладів.

При використанні водяної пари порівняно скорочується витрата металу за рахунок зменшення площі приладів та поперечного перерізу конденсатопроводів, досягається швидке прогрівання приладів та опалювальних приміщень. Гідростатичний тиск пари в вертикальних тру-

бах в порівнянні з водою мінімальний. Однак пара як теплоносій не відповідає санітарно-гігієнічним вимогам, її температура висока і постійна при даному тиску, що ускладнює регулювання теплопередачі приладів, її рух в трубах супроводжується шумом.

При використанні повітря можна забезпечити швидко зміну або рівномірність температури приміщень, уникнути встановлення опалювальних приладів, суміщати опалення з вентиляцією приміщень, досягати безшумності його руху в повітроводах і каналах. Недоліками є його мала теплоакумулююча здатність, значна площа поперечного перерізу і витрата металу на повітровооди, щодо великого зниження температури по їх довжині [11].

Система опалення залежно від взаємного розміщення трьох основних елементів може бути місцевою або центральною. У місцевих системах опалення всі ці три елементи конструктивно об'єднані в одному пристрої, в якому відбувається одержання теплоти, її транспортування і передача в приміщення (газові або електричні опалювальні прилади, опалювальні труби та печі). Теплова енергія, що отримується при спалюванні газоподібного палива в пальнику, передається в поверхневному теплообміннику теплоносію – повітрю, що нагнітається вентилятором. Гаряче повітря по теплопроводах (каналах) випускається в приміщення після очищення у фільтрі. Охолоджені продукти згоряння газу видаляються через димар в атмосферу.

Центральними називають системи опалення, призначені для обігрівання кількох приміщень від одного теплового пункту, де знаходиться джерело теплової енергії. У таких системах нагрівання циркулюючого теплоносія відбувається за межами опалюваних приміщень, а теплота нагрітого теплоносія передається приміщенням через опалювальні прилади. За видом теплоносія центральними можуть бути системи водяного, парового та повітряного опалення.

За способом циркуляції теплоносія центральні системи водяного та повітряного опалення діляться на системи з природною циркуляцією, в яких рух теплоносія відбувається за рахунок різниці густин холодного та гарячого теплоносія, і системи з механічною циркуляцією, тобто з переміщенням теплоносія за допомогою насоса або вентилятора.

Повітряні системи опалення, в свою чергу, можуть бути каналні і безканалні. Коли теплоносій (повітря) подається через повітропроводи, то це каналні повітряні системи опалення, коли безпосередньо через повітряно-опалювальні агрегати – безканалні повітряні системи опалення.

У системах парового опалення водяна пара переміщується завдяки різниці тисків пари на виході з котла та в опалювальному приладі, де вона конденсується.

Системи водяного опалення на сьогоднішній день є найбільш поширеними з усіх відомих опалювальних систем. Теплоносієм у них є во-

да або незамерзаючі рідини. Теплоносій є посередником, за допомогою якого здійснюється перенесення тепла від джерела – поверхні радіатора, а від неї – повітрю. Вода є найбільш оптимальним теплоносієм, тому вимагає мінімальної кількості енергії для доведення до необхідної температури. Складовими частинами системи водяного опалення будівлі, приєднаної до теплової мережі, є: вузол приготування теплоносія, розвідні трубопроводи, гілки, системи підведення та опалювальні прилади. У багатоповерхових житлових районах міст і селищ, як правило, має місце центральне водяне опалення, в приватному і сучасному котеджному будівництві – автономне водяне опалення. За способом прокладання магістральних трубопроводів системи водяного опалення бувають горизонтальні і вертикальні, за способом приєднання до них розгалужень - однотрубні і двотрубні. За способом прокладання подаючої і зворотної гілок горизонтальні і вертикальні системи можуть бути з верхньою, нижньою і змішаною розводкою. За способом циркуляції теплоносія опалювальні водяні системи ще діляться на гравітаційні та примусові (насосні). В даний час гравітаційні водяні опалювальні системи застосовуються вкрай рідко, лише за відсутності надійних джерел електропостачання. У сучасному житловому будівництві, як правило, проектується горизонтальні насосні двотрубні водяні системи опалення, в яких трубопроводи прокладаються в підлозі або по плінтусам. Пріоритетні водяні опалювальні системи, крім усього іншого, ще й з причини актуальності в наш час обліку теплової енергії.

Системи опалення необхідно вибирати з урахуванням основних вимог, поставлених до проектуваного будинку, та допустимих санітарно-гігієнічних умов, техніко-економічних показників різних варіантів систем опалення.

Основні переваги систем водяного опалення:

- невисока температура поверхні опалювальних приладів, яка виключає пригорання на них пилу;

- можливість центрального регулювання тепловіддачі опалювальних приладів зміною температури води залежно від температури зовнішнього повітря (якісне регулювання).

Недоліки систем водяного опалення:

- збільшений гідростатичний тиск у нижній частині систем опалення висотних будинків;

- не виключена можливість замерзання води в трубопроводах, прокладених у неопалюваних приміщеннях.

Переваги систем парового опалення:

- висока тепловіддача опалювальних приладів;

- менша, ніж у систем водяного опалення, витрата труб і опалювальних приладів;

- можливість переміщення пари на досить великій відстані без використання насосів.

Основні недоліки:

- висока температура поверхонь труб і опалювальних приладів, що призводить до створення антисанітарних умов у приміщеннях;

- неможливість центрального якісного регулювання тепловіддачі опалювальних приладів, у зв'язку з цим використовується регулювання пропускками, тобто періодичним виключенням та включенням системи;

- збільшення втрати теплоти трубопроводами, прокладеними в неопалюваних приміщеннях;

- менший, ніж в системах водяного опалення, термін служби через підвищену корозію металу в умовах високої температури.

Переваги систем повітряного опалення:

- можливість однією системою виконувати одночасно опалення і вентиляцію приміщень;

- відсутність в опалюваних приміщеннях опалювальних приладів;

- можливість швидкого нагрівання повітря в приміщенні відразу ж після включення системи;

- можливість центрального якісного регулювання.

Недоліки систем повітряного опалення:

- великі поперечні розміри повітропроводів, а тому підвищені витрати матеріалів і погіршення інтер'єру приміщень;

- великі втрати теплоти повітропроводами в неопалюваних приміщеннях.

Наведені характеристики визначають можливості використання тієї чи іншої системи опалення. Системи водяного опалення, як більш надійні в експлуатації та які відповідають гігієнічним і санітарним вимогам, найчастіше використовуються як у житлових і громадських, так і у виробничих будинках. Санітарно-гігієнічні та експлуатаційні недоліки систем парового опалення суттєво обмежують їхнє використання. Парове опалення дозволяється використовувати у виробничих будинках, крім приміщень з підвищеними вимогами до чистоти повітря. Повітряне опалення відповідає санітарно-гігієнічним вимогам, але через властиві йому недоліки застосовується лише спільно з вентиляцією виробничих приміщень та для опалення деяких великих приміщень громадських будинків.

Система індивідуального опалення (теплопостачання) – система, яка розташована в окремому приміщенні в межах квартири чи будинку та призначена для їхнього обслуговування.

Індивідуальне опалення має явну перевагу над централізованим – воно може регулюватися самими власниками житла в залежності від їх потреб і бажань.

Індивідуальне опалення актуальне як для власників приватних будинків і котеджів, так і для власників квартир, де є централізовані тепломережі, але які не завжди справляються зі своїм призначенням.

При підключенні індивідуального опалення мешканець оплачує лише ту частину енергії, яку він спожив. Системи індивідуального опалення також мають додаткову можливість – індивідуальне гаряче водопостачання.

Види палива для системи індивідуального опалення: магістральний газ, скраплений газ,

електрика, тверде паливо, рідке паливо, комбіноване паливо. Вид палива визначає тип індивідуальної системи опалення. Також на вибір системи впливає опалювальна площа і потужність виду палива. Саме ці фактори є найважливішими при інженерних розрахунках системи індивідуального опалення.

Спосіб розведення труб до радіаторів, самі радіатори і труби системи індивідуального опалення визначаються лише за допомогою інженерних розрахунків, тому роботи з улаштування системи індивідуального опалення у житловому будинку повинні проводитися лише на підставі та відповідно до проекту. Такий проект розробляється спеціалізованою організацією і повинен відповідати вимогам чинних нормативних документів.

Газове опалення ідеально підтримує потрібну температуру в кімнаті, надовго зберігаючи тепло. Крім того, воно дуже зручне в експлуатації, надійне, безпечне і досить ефективне, тому що здатне обігріти досить велику площу. У порівнянні з рідким і твердим паливом газове набагато економніше, оскільки не вимагає витрат на заготівлю додаткових компонентів.

Газові опалювальні системи з успіхом використовуються у приватних будинках будь-якого типу і різної площі. Вибираючи котел, орієнтуються на наявність або відсутність магістрального газопроводу, загальну площу будинку, потужність котла.

Опалення твердим паливом – це використання дров, вугілля, торф'яних брикетів та інше. Для України, цей вид опалення дуже перспективний. Адже дрова можна купувати з доставкою додому, і їх вартість досить низька. Зараз, опалення твердим паливом з використанням сучасних твердопаливних котлів тривалого горіння, дають змогу робити закладання дров 1-2 рази за добу. Опалювальні котли на твердому паливі дають можливість суттєво заощаджувати на підігріві води й опаленні приміщень.

Недоліками даного виду опалення є необхідність зберігати запас палива на своїй ділянці, велика вага котлів і необхідність в періодичному очищенні димаря і камери згорання від продуктів згорання. Крім цього, вона є досить небезпечною, оскільки необережне поводження з вогнем може призвести до загорання предметів всередині приміщення.

Перевагами є:

- низька вартість палива;
- можливість контролювання температури;
- екологічність;
- високий ККД;
- низькі експлуатаційні витрати;
- довгий час роботи без дозаправлення;
- площа опалювального приміщення – до 3000 м<sup>2</sup>.

За температурою теплоносія системи опалення підрозділяються на:

- високотемпературні - більше 105 °С;
- середньотемпературні - від 70 до 105 °С;
- низькотемпературні до 70 °С.

Системи з низькотемпературним теплоносієм застосовують при використанні в якості теплоджерела сонячної радіації, низькотемпературних викидних або геотермальних вод. Незважаючи на великі витрати на пристрій теплоутилізаторів, збільшення перетину теплопроводів і особливо поверхонь опалювальних приладів застосування цих систем доцільно і виправдано.

Залежно від способу передачі теплоти опалювальними приладами приміщення опалення підрозділяється на конвективне, конвективно-радіаційне і радіаційне.

Теплопроводи системи опалення мають розподільні (подають) і збірні (зворотні) мережі. За розподільної мережі теплоносії транспортується від теплового пункту до опалювальних приладів, а по збірній мережі навпаки – від опалювальних приладів до теплового пункту. У загальному випадку розподільчі та збірні мережі теплопроводів складаються з магістралей, приладових гілок і відгалужень (підводок) до приладів. Вертикальні приладові гілки прийнято називати стояками.

Системи опалення бувають з тупиковою схемою теплопроводів (коли передбачається зустрічний напрямок руху теплоносія в розподільних і збірних магістралях) і попутної (коли рух теплоносія на ділянках його розподілу і збору збігається за напрямком).

Великі об'єкти, що включають приміщення різного призначення, опалюються декількома системами, кожна з яких обслуговує однорідну за санітарно-гігієнічним та технологічним вимогам групу приміщень (зону). У ряді випадків опалення доцільно здійснювати не однією системою, а кількома підсистемами, одна з яких працює безперервно (фонові), а решта включаються в роботу за необхідності [12].

Опалювальні прилади призначені для передачі теплоти від теплоносія до повітря та огорожуваних конструкцій приміщення, в якому вони встановлені. До опалювальних приладів висувають вимоги, за якими їх класифікують, аналізують ступінь досконалості та проводять порівняння:

- санітарно-гігієнічні вимоги – опалювальні прилади повинні мати по можливості більш низьку температуру корпусу для забезпечення непригорання пилу, зменшення нейтралізації нестійких іонів з негативним зарядом, безпеки користування (запобігання опіків), зниження швидкості руху повітря і відповідно швидкості руху пилоподібних частинок; мати найменшу площу для зменшення відкладання пилу; мати вільний доступ для видалення пилу з корпусу та з огорожуваних конструкцій за ним;

- економічні вимоги – опалювальні прилади повинні мати найменші приведені витрати на виготовлення, монтаж, експлуатацію, найменшу витрату металу, найменшу питому вартість, віднесена до  $1 \text{ м}^2$  площі поверхні або до  $1 \text{ кВт}$  теплового потоку;

- архітектурно-будівельні вимоги – зовнішній вигляд (форма, розміри, фарбування тощо)

опалювальних приладів повинен відповідати інтер'єру приміщення, а їх об'єм, віднесений до одиниці теплового потоку, бути якнайменшим;

- виробничо-монтажні вимоги – повинна забезпечуватись максимальна механізація робіт при виробництві та монтажу опалювальних приладів, опалювальні прилади повинні мати достатню механічну міцність

- експлуатаційні – опалювальні прилади повинні пропорційно реагувати на автоматичну керуваність їх тепловіддачею, забезпечувати авторитет теплоти у приміщенні, бути довговічними і температуростійкими;

- теплотехнічні – опалювальні прилади повинні забезпечити найбільшу щільність питомого теплового потоку, віднесена на одиницю площі;

- побутові – опалювальні прилади можуть мати додаткове обладнання для задоволення потреб споживача – дзеркала, зволожувачі повітря тощо.

За переважним видом тепловіддачі всі опалювальні прилади розділяють на три групи, а саме:

- радіаційні, що передають випромінюванням не менше 50 % сумарного теплового потоку, до них відносять сталеві бетонні опалювальні панелі та випромінювачі;

- конвективно-радіаційні, що передають конвекцією від 50 % до 75 % сумарного теплового потоку, в цю групу включають секційні та панельні радіатори, підлогові та стінові опалювальні панелі, гладкотрубні опалювальні прилади;

- конвективні передають конвекцією понад 75 % загального теплового потоку, до них включають конвектори та ребристі труби.

За матеріалом опалювальні прилади розділяють на металеві (чавунні, сталеві, алюмінієві, мідні тощо), біметалеві (оміднені, сталеві-алюмінієві, мідно-алюмінієві тощо, причому першим словом позначають метал, що контактує з водою), неметалеві (керамічні, пластмасово-бетонні) та комбіновані (металево-керамічні, металево-бетонні тощо).

За величиною теплової інерції виділяють опалювальні прилади малої теплової інерції, які мають малу масу металу, малу водомісткість, високий коефіцієнт теплопровідності (конвектори, листові штамповані радіатори) і великої теплової інерції, відповідно з великою масою металу або бетону, великою водомісткістю, низьким коефіцієнтом теплопровідності (чавунні радіатори, підлогові і т. п. опалювальні панелі).

При техніко-економічному обґрунтуванні вибору опалювальних приладів особливу увагу слід приділяти їх інерційності. Від неї в сучасних системах опалення з терморегуляторами залежать показники економічної ефективності та санітарної гігієнічності. Якщо терморегулятор перекиє подачу теплоносія (нічний режим, черговий режим тощо) – опалювальний прилад деякий час буде віддавати теплоту в приміщення, оскільки не має можливості моментальної зупинки (охолодження) або виведення на менший рівень теплової потужності.



Чим більша маса опалювального приладу і маса води в ньому, а також чим менший коефіцієнт теплопровідності матеріалу, з якого він виготовлений, тим більша кількість непродуктивної (зайвої) теплоти буде передана приміщенню.

У власників величезних особняків є можливість і необхідність в установці одного-двох стаціонарних котлів, що володіють більшою потужністю і терміном служби. Для власників будинків площею 50-300 м<sup>2</sup> найоптимальнішим буде установка настінного котла.

Настінні котли сьогодні користуються широкою популярністю, завдяки своїй вартості і невисоким витратам на монтаж. Повсюди, проєктуючи газове опалення дерев'яного будинку, застосовують настінні котли. Він невеликий за розміром і легко закріплюється на стіні. Його корпус містить практично всю необхідну техніку, яку включає в себе система газового опалення заміського дому. Це і теплообмінник, і атмосферний пальник, один-два циркуляційних насоси, розширювальний бак, пристрій управління, термометр, систему безпеки і іншу дрібну, але функціональну техніку. Такого набору цілком вистачає для того, щоб організувати газове опалення дачного будинку, де гаряча вода не є предметом першої необхідності.

Якщо ж, окрім опалення, необхідне гаряче водопостачання, використовують двоконтурні котли, розміри яких вже можуть значно більшими. У цьому випадку, вибравши газове опалення житлових будинків, визначаються зі способом приготування гарячої води. За рахунок проточних водонагрівачів габарити котла мало змінюються, але і температура і об'єм гарячої води будуть невеликі. Накопичувальні нагрівачі, збільшуючи розмір котла, води гріють більше, але і збільшують споживання газу. Тому, якщо система опалення не підключена до центральної труби, доцільно мати в запасі газові балони. Вони стануть в нагоді в разі тимчасового відключення газу. Тоді опалення будинку газовим балоном буде цілком закономірним.

На думку експертів, опалення газовими балонами котеджів стає далеко не рідкістю в наш час. Крім того, для опалення окремої кімнати вони радять купувати спеціальні конвертори, які швидко нагрівають повітря за рахунок продуктів згоряння газу. Як правило, газові конвертори опалення дуже компактні і стійкі до замерзання. Єдиний їхній недолік у неможливості використання як засобу для забезпечення гарячого водопостачання [11].

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

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,

в якійсь мірі, 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 [1].

Системою вентиляції може подаватися повітря з більш низькою температурою в порівнянні з температурою повітря в приміщенні. Технологічні процеси в приміщеннях виробничих будівель можуть бути пов'язані з випаровуванням рідин та іншими процесами, супроводжуваними витратами теплоти.

У сталому (стаціонарному) режимі втрати дорівнюють кількості теплоти, що надходить. Теплота надходить в приміщення від людей, технологічного та побутового обладнання, джерел штучного освітлення, від нагрітих матеріалів, виробів, в результаті впливу на будівлю сонячної радіації.

Облік усіх перерахованих складових втрат і надходження теплоти необхідний при зведенні теплового балансу приміщень будівлі та визначенні дефіциту або надлишку теплоти. Наявність дефіциту теплоти вказує на необхідність пристрою в приміщенні опалення. Надлишок теплоти, зазвичай, асимілюється вентиляцією. Для визначення теплової потужності системи опалення складається баланс витрат теплоти для розрахункових умов холодного періоду. Баланс складається для умов, коли виникає найбільший при заданому коефіцієнті забезпеченості дефіцит теплоти. Для цивільних (зазвичай, для житлових) будівель враховують регулярне тепlopостачання в приміщення від людей, освітлення, інших побутових джерел. У виробничих будівлях в розрахунок приймають період технологічного циклу з найменшими тепловиділеннями (можливі максимальні тепловиділення враховують при розрахунку вентиляції). Тепловий баланс складають для стаціонарних умов. Не стаціонарність теплових процесів, що відбуваються при опаленні приміщень, враховують спеціальними розрахунками на основі теорії теплостійкості [13].

Величина річних експлуатаційних витрат на систему опалення досягає від 60% до 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 проєктування будинків і їх експлуатації. Питання зниження витрати теплоти необхідно враховувати безпосередньо при розробці проєктів 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 дозволяють використовувати сонячну радіацію й враховувати напрямок і швидкість вітру по окремих фасадах будинку.

При експлуатації будинків необхідно розробляти заходи зі зменшення невикористаних витрат теплоти, які можуть бути викликані неякісним утепленням будівель або недоліками в роботі систем опалення. Надмірні тепловтрати можуть бути викликані відсутністю або неякісним 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  $5^{\circ}\text{C}$ . 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 цокольній частині 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 невикористані 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 якісно-

го регулювання систем опалення. У перехідний період зменшення витрат теплоти можна досягти автоматичним регулюванням систем опалення [14].

Світовий досвід дослідження впливу погоднокліматичних умов, їх змін на енергетику загалом та окремі її галузі проводяться впродовж багатьох років.

Так, в роботі [15] проведений аналіз для п'яти міст колишнього СРСР свідчить, що при настанні крайніх кліматичних умов витрата теплоти на опалення та вентиляцію може відхилитися від середнього багаторічного значення на 14-18% для міст європейської частини та на 9-12% – для міст Сибіру.

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

В роботах [17-19] зроблений 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 днів для Москви та 4 доби для Казані, а середня температура опалювального періоду – зросла на  $1,3^{\circ}\text{C}$  та  $1,9^{\circ}\text{C}$  відповідно.

Співробітниками Єнергетичного 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) [20]. В роботі, зокрема, зазначається, що за рахунок підвищення температури повітря на  $1-2^{\circ}\text{C}$  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, природнокліматичними умовами об'єкта. Обґрунтовано, що проблема метеорологічного забезпечення теплопостачання набуває особливої актуальності в сучасних умовах [9].

Сьогодні також виконуються дослідження з оцінки погоднокліматичних 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  $+8^{\circ}\text{C}$  і нижче [21].

Дефіцит тепла – інтегральна сума перепадів температур повітря всередині та ззовні будівель за опалювальний період [22]. В нормативній літературі замість терміну “дефіцит тепла” вживають термін “кількість градусоднів” [23].

Кількість градусо-днів (або дефіцит тепла) розраховується як добуток різниці середньої температури опалювального періоду і внутрішньої температури повітря в приміщеннях на тривалість опалювального періоду. В роботі [24] запропоновано метод „градусо-днів”, 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 підході, 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-днів), 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 [21].

В [25] 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 [26] 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 [27] 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 [28]. В нормативному документі [28] представлені дані, які характеризують базовий період – 1945 - 1975 рр., хоча там вказано, що ці параметри розраховані 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 загалом та окремі її галузі зокрема. Наприклад, в нормативних до-

кументах [28], а також [29], що введений на заміну попереднього документу [28], наведені такі параметри опалювального періоду, які не відображають реальної картини сучасних умов клімату.

**Практична цінність отриманих результатів.** Проведений у роботі огляд сучасних методик врахування впливу температурних режимів на ефективність експлуатації систем опалення в умовах населених пунктів дасть змогу провести узагальнення та на основі їх розробити проектні та конструкторські рішення, які дадуть можливість значно зменшити тепловтрати будинків і, як наслідок, обсяг споживання газу.

### Література

- 1 Богословский В.Н. Тепловой режим здания / В.Н. Богословский. – М.: Стройиздат, 1979. – 248 с.
- 2 Богуславский Л.Д. Снижение расходов энергии при работе систем отопления и вентиляции / Л.Д. Богуславский. – М.: Стройиздат, 1985. – 336 с.
- 3 Ликов А.В. Теория тепло- и массопереноса / А.В. Ликов, Ю.А. Михайлов. – М.: Госэнергоиздат, 1963. – 536 с.
- 4 Поз М.Я. Экспериментальное исследование теплопередачи через оконные заполнения при фильтрации воздуха / М. Я. Поз, В.И. Быстров. – М.: Стройиздат, 1980. – 143 с.
- 5 Табунщиков Ю.А. Математическое моделирование и оптимизация тепловой эффективности зданий / Ю.А. Табунщиков, М.М. Бродач. – М.: АВОК-ИРЕСС, 2002. – 194 с.
- 6 Фокин К. Ф. Расчетные температуры наружного воздуха / К. Ф. Фокин. – М.: Стандартгиз, 1946. – 126 с.
- 7 Шкловер А.М. Теплопередача при периодических тепловых воздействиях / А.М. Шкловер. – М.: Госэнергоиздат, 1961. – 98 с.
- 8 Соколов Е. Я. Теплофикация и тепловые сети: [учебник для вузов 7-е изд., стереот.] / Е. Я. Соколов. – М.: Издательство МЭИ, 2001. – 472 с.
- 9 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.
- 10 Богословский В.Н. Отопление и вентиляция / В.Н. Богословский, В.П. Щеглов, Н.Н. Разумов. – М.: Стройиздат, 1980. – 295 с.
- 11 Богословский В.Н. Отопление / В.Н. Богословский, А.Н. Сканава. – М.: Стройиздат, 1991. – 735с.
- 12 Сканава А.Н. Отопление: [учебник] / А.Н. Сканава, Л.М. Махов. – М.: Издательство АСВ, 2002. – 576 с.
- 13 Маркус Т.А. Здания, климат и энергия / Т.А. Маркус, Э.Н. Моррис; пер. с англ. под ред. Н.В. Кобышевой, Е.Г. Малявиной. – Д.: Гидрометеиздат, 1985. – 82 с.

14 Ратушняк Г.С. Энергозбереження та експлуатація систем теплопостачання: [навчальний посібник] / Г.С. Ратушняк, Г.С. Попова. – Вінниця: ВДГУ, 2002. – 120 с.

15 Хрилев Л. С. О влиянии климатического фактора на перспективную структуру топливно-энергетического баланса / Л. С. Хрилев // Теплоэнергетика. – 1965. – №2. – С. 16-20.

16 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.

17 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.

18 Переведенцева Ю. П. Современные глобальные и региональные изменения окружающей среды и климата / Ю. П. Переведенцева. – Казань: Унипрес, 1999. – 125 с.

19 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.

20 Бусаров В. Н. Электроэнергетика и климат / В. Н. Бусаров, И. И. Потапов. – М.: НИЦ «СИНАПС», 1995. – 114 с.

21 Малявина Е. Г. Теплопотери здания: [справочное пособие] / Е.Г. Малявина. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2007. – 144 с.

22 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.

23 ДБН В.2.6-31:2006. Теплова ізоляція будівель.

24 Бицадзе Д.Г. Прогнозирование расхода природного газа / Д.Г. Бицадзе, Р.И. Долмазашвили, Т.Ш. Хазалашвили. – Тбилиси: 1988. – 36 с.

25 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.

26 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.

27 Панкратов В.С. Информационно-вычислительные системы в диспетчерском управлении газопроводами / В.С. Панкратов, А.В. Дубинский, Б.И. Сипештейн. – Л.: Недра, 1988. – 246 с.

28 СНиП 2.01.01-82. Строительная климатология и геофизика.

29 ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Будівельна кліматологія.

*Стаття надійшла до редакційної колегії*

*28.01.14*

*Рекомендована до друку професором Грудзом В.Я. (ІФНТУНГ, м. Івано-Франківськ) д-ром техн. наук Говдяком Р.М. (ВО «Машекспорт», м. Київ)*