ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В УНІВЕРСИТЕТСЬКИХ МІСТЕЧКАХ

Посібник для студентів вищих закладів освіти

Київ – 2010

USAID | РЕФОРМА МІСЬКОГО ТЕПЛОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Підготовлено Проектом «Реформа міського теплозабезпечення в Україні» за фінансової підтримки Агентства США з міжнародного розвитку (USAID)

Думки авторів, викладені у цьому посібнику, можуть не співпадати з позицією Агентства США з міжнародного розвитку (USAID) чи Уряду Сполучених Штатів Америки

УДК XXXXXXXXXXXXXXX
ББК XXXXXXXXXXXXXXX

Рецензенти:
д-р техн. наук, проф. **В.І. Дешко**
д-р техн. наук, проф. **В.О. Поколенко**

Рекомендовано до друку науково-технічною радою Міністерства з питань житлово-комунального господарства України (протокол №5 від 30 листопада 2010 р.)

Е65 Енергозбереження в університетських містечках [Текст] : посібник для студ. вищих закл. освіти / К.Р. Сафіуліна, А.Г. Колієнко, Р.Ю. Тормосов. – К. : ТОВ «Поліграф плюс», 2010. – 328 с.

ISBN XXXXXXXXXXXXXXX

Посібник «Енергозбереження в університетських містечках» розроблено як методичне забезпечення програми «Енергоефективні університетські містечка», що впроваджується в рамках Проекту «Реформа міського теплозабезпечення в Україні» за фінансування Агентства США з міжнародного розвитку (USAID). Під час його написання враховано світовий досвід упровадження програм Green Campuses у вищих навчальних закладах (ВНЗ) та поради спеціалістів Альянсу Збереження Енергії (ASE).

Видання містить 9 розділів, у яких розглянуто принципи сталого розвитку та можливості їх практичного застосування у ВНЗ; подано основні відомості про енергію, її форми та види із зосередженням особливої уваги на тепловій енергії – її виробництві, транспортуванні, споживанні та визначенні потенціалу енергозбереження; показано зв'язок між рівнем споживання енергоносіїв і станом довкілля та наведено методику його кількісної оцінки; розглянуто принципи визначення рівня споживання теплоти, води та електроенергії для забезпечення оптимальних умов життєдіяльності у навчальних будівлях та гуртожитках ВНЗ; викладено основи проведення енергетичного аудиту з метою розроблення і реалізації заходів з енерго- і ресурсозбереження; описано методи організації інформаційної кампанії з енергозбереження, проведення якої у ВНЗ сприятиме формуванню енергоефективного мислення та зміні звичок ресурсоспоживання у студентів, викладачів та співробітників.

Призначено для студентів вишів інженерних, економічних та екологічних напрямків підготовки. Може бути використано працівниками адміністративно-господарчих відділів бюджетних установ та фахівцями з питань проектування, енергетичного аудиту та експлуатації будівель і інженерних систем.

УДК XXXXXXXXXXXXXXX
ББК XXXXXXXXXXXXXXX

ISBN XXXXXXXXXXXXXXX

© Проект USAID «Реформа міського теплозабезпечення в Україні»

ЗМІСТ

ВСТУП **7**

РОЗДІЛ 1
СТАЛИЙ РОЗВИТОК — ШЛЯХ ДО ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ **9**
1.1 Сучасні виклики та сталий розвиток 9
1.2 На шляху до сталого розвитку: українські реалії 11
1.3 Сталі ініціативи у світовому бізнес-середовищі 13
1.4 Концепції «зеленого офісу» та «зеленого кампусу» 14
1.5 Кращі практики реалізації програми «Green Campuses» 15
1.6 Особливості упровадження програми підвищення енергоефективності в українських вищих навчальних закладах 18
Запитання та завдання для самоперевірки до розділу 1 23

РОЗДІЛ 2
ЕНЕРГІЯ ТА ЕНЕРГОКОРИСТУВАННЯ: ІСТОРІЯ, СУЧАСНІСТЬ, ПРОГНОЗИ НА МАЙБУТНЄ **24**
2.1 Енергія, її форми та види 24
2.1.1 Теплова енергія 25
2.1.2 Поняття теплоти, роботи і внутрішньої енергії. Причини виникнення теплового потоку. Одиниці вимірювання теплоти. Еквівалентність одиниць вимірювання 26
2.2 Закон збереження і перетворення енергії та його використання 29
2.3 Енергетичні ресурси 31
2.3.1 Класифікація енергетичних ресурсів 31
2.3.2 Непоновлювані джерела енергії 32
2.3.3 Поновлювані джерела енергії 35
2.3.4 Використання місцевих видів палива в Україні 41
2.4 Коротка історія енергокористування. Зростання енергоспоживання як одна з умов розвитку суспільства 44
2.5 Динаміка споживання енергії і прогнози зростання енергоспоживання. Енергетичний баланс виробництва і споживання енергії 45
2.6 Глобальна проблема раціонального розвитку енергетики та її зв'язок з екологією 48
2.7 Парниковий ефект та його наслідки 49
2.8 Підвищення енергоефективності – вимога часу 52
Запитання та завдання для самоперевірки до розділу 2 54

РОЗДІЛ 3
КОМУНАЛЬНА ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКА
ТА ПРОБЛЕМИ ТЕПЛОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ 55
3.1 Житлово-комунальне господарство України: структура та особливості функціонування 55
3.2 Підприємства комунальної теплоенергетики 56
3.2.1 Системи вироблення, транспортування і відпуску теплоти споживачам 57
3.2.2 Технічні проблеми підприємств теплопостачання 60
3.2.3 Основні елементи системи теплопостачання 64
3.2.4 Фінансові проблеми підприємства теплопостачання. Економічний аспект енергозбереження 72
3.3 Проблеми споживачів тепла 81
3.4 Потенціал енергозбереження в комунальній теплоенергетиці 87
3.5 Екологічний аспект енергозбереження 94
Запитання та завдання для самоперевірки до розділу 3 106

РОЗДІЛ 4
ОСНОВИ ТЕПЛОФІЗИКИ БУДІВЕЛЬ 107
4.1 Основні закономірності процесів розповсюдження теплоти 107
4.2 Способи передачі теплоти 111
4.2.1 Розповсюдження теплоти теплопровідністю 111
4.2.2 Конвекція 116
4.2.3 Теплообмін за зміни фазового стану 119
4.2.4 Теплообмін випромінюванням 122
4.2.5 Складні форми теплообміну, теплопередача 124
4.3 Теплостійкість огородження 130
Запитання та завдання для самоперевірки до розділу 4 132

РОЗДІЛ 5
УМОВИ ТА ПАРАМЕТРИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ
ЛЮДИНИ У БУДІВЛЯХ 133
5.1 Теплове середовище і умови комфортності у приміщенні 133
5.2 Енерговитратність систем забезпечення умов життєдіяльності у будівлях 138
5.3 Інфільтрація зовнішнього повітря до приміщень будівель. Визначення втрат теплоти з інфільтрацією 140
5.4 Система освітлення будівлі. Умови комфортного освітлення у приміщенні 143
Запитання та завдання для самоперевірки до розділу 5 148

РОЗДІЛ 6
ЖИТЛОВИЙ БУДИНОК (ГУРТОЖИТОК)
ЯК ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ
ПРОЦЕСІВ ПОДАЧІ ТА СПОЖИВАННЯ ЕНЕРГІЇ..... 150
6.1 Загальні будівельні вимоги. Види енергетичних ресурсів, які споживаються у житлових будинках і гуртожитках. Споживання холодної і гарячої води 150
6.2 Тепловий баланс будівлі. Рівняння теплового балансу як джерело визначення величини потреби теплоти на опалення. Складові теплового балансу 152
6.3 Основні джерела надходження теплоти у будівлі. Визначення величини надходжень теплоти 156
6.4 Визначення величин втрат теплоти у будівлях 164
6.4.1 Трансмісійні втрати теплоти 164
6.4.2 Додаткові втрати теплоти 166
6.4.3 Втрати теплоти на нагрівання повітря 170
6.4.4 Визначення витрат теплоти на опалення за питомими показниками. Питома теплова характеристика будівлі 172
6.5 Визначення річних витрат теплоти на опалення за результатами розрахунків годинної потреби теплоти на опалення 181
6.6 Визначення витрат теплоти на гаряче водопостачання житлових будівель і гуртожитків 184
6.7 Принципові схеми систем опалення будівель. Способи регулювання подачі теплоти 187
6.8 Схеми приготування гарячої води, приєднання систем гарячого водопостачання до джерела теплоти 195
6.9 Визначення дійсних витрат паливно-енергетичних ресурсів. Вузли обліку витрат енергоносіїв 200
Запитання та завдання для самоперевірки до розділу 6 205

РОЗДІЛ 7
РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ В НАВЧАЛЬНИХ КОРПУСАХ ВНЗ 206
7.1 Загальні будівельні вимоги. Вимоги до енергозбереження 206
7.2 Тепловий баланс будівлі. Визначення розрахункових потреб на опалення, вентиляцію і гаряче водопостачання 211
7.3 Економія електричної енергії в електродвигунах насосів, вентиляторів та іншого технологічного обладнання 216
7.4 Енергозбереження під час освітлення 220
Запитання та завдання для самоперевірки до розділу 7 226

РОЗДІЛ 8
ОРГАНІЗАЦІЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО АУДИТУ В ЖИТЛОВИХ БУДІВЛЯХ, НАВЧАЛЬНИХ КОРПУСАХ ТА ІНШИХ СПОРУДАХ УНІВЕРСИТЕТСЬКИХ МІСТЕЧОК 227
8.1 Методика проведення енергетичного аудиту. Визначення розрахункових і дійсних показників витрат енергоносіїв. Збір даних для проведення енергоаудиту 231
8.1.2 Визначення економії первинної енергії і палива у результаті впровадження енергозберігальних заходів 236
8.2 Енергозбереження в будівлях ВНЗ 241
8.2.1 Скорочення витрат теплоти на потреби опалення 241
8.2.2 Використання теплонасосного обладнання для опалення 250
8.2.3 Використання сонячної енергії 252
8.2.4 Від енергоефективних до «пасивних» будівель ВНЗ 263
Запитання та завдання для самоперевірки до розділу 8 264

РОЗДІЛ 9
ОРГАНІЗАЦІЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ КАМПАНІЇ З ВИСВІТЛЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ УПРОВАДЖЕННЯ ПРОГРАМИ «ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В УНІВЕРСИТЕТСЬКИХ МІСТЕЧКАХ» 265
9.1 Основи технологій Public relations (PR). Організація та проведення Інформаційної кампанії 265
9.4.1 Програма інформаційної кампанії з енергозбереження у ВНЗ 268
9.4.2 Інструменти та методи PR, що використовуються під час розробки інформаційної кампанії 278
9.2 Інтерактивні методи роботи в групах 291
9.3 Принципи роботи в команді 294
9.4 Ділова гра з налагодження ефективної роботи команди 296
Запитання та завдання для самоперевірки до розділу 9 298

ЗАВЕРШАЛЬНЕ СЛОВО 299

ДОДАТКИ 306

ВСТУП

Навчальний посібник «Енергозбереження в університетських містечках» є методичним забезпеченням програми «Енергоефективні університетські містечка», розробленої в рамках Проекту «Реформа міського теплозабезпечення в Україні» (РМТ) за фінансування Агентства США з міжнародного розвитку (USAID).

Поняття «зелене студмістечко» для багатьох українських вищих навчальних закладів (ВНЗ) мало відоме[1]. Пошук в Інтернеті за цими ключовими словами не дасть суттєвих результатів (так само, як і «зелене університетське містечко» або «зелений кампус»).

«Зелене університетське містечко», або «енергоефективне університетське містечко» — це соціально-екологічна система в межах університетської території, де впроваджуються екологічні та енергоощадні технології та культура побуту з метою створення сприятливих умов сталого розвитку університету, вирішення екологічних проблем та питань гармонійного розвитку суспільства та природи.

Студентська молодь — це прийдешнє будь-якої держави, саме з неї формується еліта суспільства. Сьогоднішні юнаки та дівчата — майбутні керівники, політичні діячі, працівники підприємств та установ, батьки.

Створення в українських ВНЗ «зелених студмістечок» є нагальною справою, оскільки такі студмістечка зможуть стати експериментальним майданчиком для формування екологічного та енергоефективного стилю життя сучасної молоді, від рішень та дій якої вже найближчим часом залежатиме наше подальше існування.

Головна мета програми «Енергоефективні університетські містечка» (ЕЕС) — забезпечення ресурсозбереження у ВНЗ і студентських містечках; становлення студентів, викладацького складу і керівництва ВНЗ як екологічно та енергоощадно зацікавлених споживачів енергетичних та інших ресурсів, які розуміють їх цінність та усвідомлюють загрозу для існування людства внаслідок надмірного використання ресурсів (додаток А).

Необхідність упровадження в Україні програм та проектів, спрямованих на виховання відповідального та свідомого споживача, пов'язана з низкою ключових проблем нашої держави, вирішення яких неможливе без активної участі усього суспільства.

1. Високий рівень енергозалежності. Потреби української економіки у природному газі становлять близько 70 млрд куб. м на рік. Зменшенню залежності України від експорту природного газу сприятиме формування у студентської молоді, викладачів та співробітників ВНЗ звичок енергозбереження, що дасть змогу зменшити споживання природного газу на опалення житлових будинків, гуртожитків та навчальних корпусів ВНЗ країни.

[1] В Україні є лише поодинокі приклади впровадження елементів «зеленого студмістечка» — проект «Зелений офіс» Національного університету «Києво-Могилянська Академія» (джерело — www.greenoffice.ukma.kiev.ua).

2. Складна екологічна ситуація. Значною мірою ця ситуація зумовлена шкідливими викидами в атмосферу традиційної енергетики, що працює за рахунок спалювання викопного органічного палива, а також вичерпність (за різними даними, упродовж 50...200 років) запасів усіх видів цього палива. Актуальність питань екології для суспільства, вирішення проблеми поліпшення екологічної ситуації важко переоцінити. Екологічна проблема однаково актуальна для всіх країн, незалежно від ступеня їх розвиненості і багатства. В Україні ця проблема ускладнена згубними наслідками Чорнобильської аварії. Зменшення ресурсоспоживання є важливим кроком до зміни на краще екологічної ситуації та збереження клімату.

3. Енергетичні проблеми підприємств житлово-комунального господарства (ЖКГ). Серед підприємств ЖКГ найбільш енергозалежними є комунальні підприємства теплопостачання, оскільки вони використовують майже 70 % природного газу, що задовольняє потреби ЖКГ. Криза неплатежів, висока енергоємність послуг, не усвідомлення населенням своєї частки відповідальності за забезпечення якісними послугами, оскільки саме воно є і власником, і основним платником, і потенційним інвестором, – є основними чинниками системної кризи у ЖКГ. Зменшення ресурсоспоживання, зниження непродуктивних втрат ресурсів, залучення населення до вирішення проблем ЖКГ сприятиме позитивним зрушенням у галузі.

Вагомим результатом програми ЕЕС має стати формування у студентів мислення нового типу, що ґрунтується на:

— розумінні цінності споживаних ресурсів (теплова енергія, електроенергія, вода тощо) не лише в грошовому еквіваленті, але й з точки зору забезпечення якості життя кожної людини;
— усвідомленні проблеми обмеженості природних ресурсів та екологічних проблем як наслідку непродуктивного використання природних ресурсів людством;
— розумінні технічних та фінансових проблем ЖКГ та усвідомленні необхідності їх вирішення.

Ми сподіваємось, що під час участі у програмі «Енергоефективні університетські містечка» за допомогою даного навчального посібника ви, шановні читачі, здобудете знання теоретичних аспектів, пов'язаних з енергією та енергоефективністю, зменшенням енерго- та ресурсоспоживання в житлових будівлях, навчальних (офісних) приміщеннях; навчитеся розробляти та впроваджувати практичні заходи з енерго- та ресурсозбереження, раціонального використання енергетичних та інших ресурсів удома, у гуртожитках, приміщеннях ВНЗ; удосконалите свої навички роботи в команді та досягнення командою поставлених цілей, зможете провести ефективну інформаційну кампанію та креативну PR-акцію.

Ми впевнені у тому, що ви поділитесь зі своїми друзями, родичами, знайомими здобутими знаннями у царині енергозбереження. Таким чином, у світі стане більше людей, які розумітимуть важливість ресурсо- та енергозбереження для майбутнього нашої країни та всього світу.

Практичними результатами програми ЕЕС ми бачимо запровадження системного аудиту споживання ресурсів у студентському житловому містечку та ВНЗ на регулярній основі, досягнення реальної економії споживання ресурсів, що дасть змогу зменшити шкідливий вплив на довкілля відповідно до принципів сталого розвитку.

РОЗДІЛ 1
СТАЛИЙ РОЗВИТОК – ШЛЯХ ДО ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ

«Ставтеся добре до Землі!
Вона не дана нам у спадок від наших
батьків, а позичена у наших дітей»
Кенійське прислів'я

1.1 Сучасні виклики та сталий розвиток[2]

Населення Землі постійно зростає — упродовж XX століття кількість людей у світі збільшилась вчетверо і нині становить понад 6,8 млрд осіб.

Природно, що із збільшенням чисельності населення зростають потреби у ресурсах. Всесвітні витрати енергії з 1970 р. збільшилися вдвічі та, за прогнозами фахівців, до 2030 р. мають збільшитися втричі. Такий попит на енергію підвищується внаслідок енергетичних потреб насамперед таких країн, як США, Китай, Росія та Індія.

Вартість енергії постійно зростає, і це стає основним чинником витрат як для виробників, так і для споживачів. За оцінками експертів, така тенденція триватиме і далі.

Зростаюче споживання енергоресурсів спричинює забруднення атмосфери викидами вуглекислого газу (CO_2), що, у свою чергу, призводить до нагрівання атмосфери. Відповідно відбуватимуться кліматичні зміни, що приховують у собі непередбачувані та небезпечні наслідки для Землі.

Викопні джерела енергії становлять 79 % усіх енергоносіїв у світі (21 % — природний газ, 24 % — вугілля, 34 % — нафта). На поновлювані джерела енергії припадає лише 14 % (11 % — біомаса, 2 % — енергія води, 1 % — інші), а на ядерну енергію – 7 %.

Найбільше занепокоєння викликають обмежені запаси природного газу та нафти, які вже у найближчому майбутньому не зможуть покрити зростаючі потреби людства в енергетичних ресурсах. Більшу частина непоновлюваних викопних ресурсів, що зберігались в надрах Землі понад 500 млн років, використано менш ніж за 200 років. Тому орієнтуватись на викопні ресурси енергії – вкрай ризиковано.

[2] Джерела:
1. Данилов—Данильян, В.И. Экологический вызов и устойчивое развитие. Учебное пособие / В.И. Данилов—Данильян, К.С. Лосев. — М. : Прогресс —Традиция, 2000. – 416 с.
2. Коптюг, В.А. Конференция ООН по окружающей среде и развитию (Рио—де—Жанейро, июнь 1992 года). Информационный обзор / В.А. Коптюг. – Новосибирск, СО АН РФ, 1992. – 63 с.
3. Медоуз, Д.Х. За пределами роста /Д.Х. Медоуз, Д.Л. Медоуз, Й. Рандерс. – М.: Прогресс, 1994. – 304 с.

Інша небезпека полягає у тому, що значна частина таких ресурсів зосереджена в політично нестабільних регіонах світу.

Дослідження Ради ООН із змін клімату свідчать: щоб уникнути глобальної кліматичної катастрофи, не слід допускати підвищення середньої температури атмосфери більш як на 2 ^{0}C порівняно з доіндустріальним періодом. Для досягнення цієї мети необхідно скоротити викиди CO_2 вдвічі до 2050 р. Наразі зафіксовано збільшення кількості CO_2 на 25 % порівняно з 1990 р. – до 27 млрд т на рік.

Основними джерелами викидів вуглекислого газу є такі країни: США — 21 %; Китай – 16 %; ЄС (без Німеччини) – 11 %; Росія – 6 %; Індія – 4 %; Японія – 4 %; Німеччина – 3 % викидів CO_2.

Збільшення кількості населення на планеті, надмірне споживання ресурсів та різке погіршення стану навколишнього середовища ставлять під загрозу можливість наступних поколінь жити і задовольняти свої потреби хоча б на тому рівні, на якому це робимо ми з вами, шановні читачі, та ще сотні мільйонів наших сучасників. Тому одним з найважливіших та найскладніших викликів сьогодення є нагальна потреба у формуванні такого способу життя, який сприяв би довготривалому та ощадливому розвитку людства.

Намагаючись знайти адекватну відповідь на цей виклик, на Конференції ООН з питань довкілля і розвитку, що проходила в Ріо-де-Жанейро у 1992 р., світова спільнота прийняла глобальну концепцію виживання людства, яка дістала назву «сталий розвиток».

Сталий розвиток – це гармонійний процес, який забезпечує збалансоване економічне зростання, збереження природо-ресурсного потенціалу, гарантує екологічну безпеку з метою задоволення життєво необхідних потреб людей і суспільства в цілому.

Концепція сталого розвитку ґрунтується на п`яти досить простих та чітких принципах:

1. Людство справді здатне надати розвитку сталого і довготривалого характеру, щоб він відповідав потребам людей, що живуть зараз, не втрачаючи при цьому можливості майбутнім поколінням задовольняти свої потреби.
2. Наявні обмеження у сфері експлуатації природних ресурсів є відносними. Вони пов`язані з сучасним рівнем техніки і соціальної організації, а також із здатністю біосфери до самовідновлення.
3. Необхідно задовольнити елементарні потреби всіх людей і всім надати можливість реалізувати свої надії на більш благополучне життя. Без цього сталий і довготривалий розвиток просто неможливий. Одна з головних причин виникнення екологічних та інших катастроф — злидні, які, на жаль, стали у світі звичайним явищем.
4. Необхідно узгодити спосіб життя тих, хто володіє надмірними засобами (грошовими і матеріальними), з екологічними можливостями планети, зокрема щодо використання енергії.
5. Розміри і темпи зростання населення мають узгоджуватися із змінним продуктивним потенціалом глобальної екосистеми Землі.

Особливо наголошується на динамічному характері сталого розвитку. Зазначається, що він не є незмінним станом гармонії, а скоріше процесом змін, у якому масштаби експлуатації ресурсів, напрям капіталовкладень, орієнтація технічного розвитку та інституційні зміни узгоджуються з теперішніми та майбутніми потребами.

Таким чином, щоб врятувати цивілізацію від екологічних і соціальних катастроф, на зміну людині-споживачеві (у гіршому сенсі цього слова), яка домінувала в XX столітті, має прийти свідома, соціально відповідальна та екологічно грамотна особистість з енергоефективним мисленням, яка ухвалюватиме рішення з урахуванням їх наслідків для всієї світової спільноти.

Низка теоретиків і прихильників сталого розвитку вважають, що концепція сталого розвитку є найбільш перспективною ідеологією XXI століття, і навіть усього третього тисячоліття, керуючись якою можна забезпечити збалансований розвиток цивілізації.

Стратегії сталого розвитку вже впроваджують на державному рівні більш як 40 розвинених країн світу. При цьому здійснюється кількісне вимірювання індексів сталого розвитку в просторі трьох вимірів (економічного, соціального та екологічного) з метою їх аналізу і надання рекомендацій відповідальним особам, які ухвалюють рішення на найрізноманітніших рівнях. Наприклад, у Великобританії існує комісія при прем'єр-міністрові, яка щорічно надає уряду звіти за показниками сталого розвитку з метою відповідного коригування планів соціально-економічного розвитку країни та її регіонів. При цьому жоден закон у Великобританії не може бути представлено на розгляд парламенту без узгодження з цією комісією.

Серед найкращої десятки країн за сталим розвитком є такі: Швейцарія, Канада, Швеція, Норвегія, Фінляндія, Нова Зеландія, Австралія тощо. США знаходиться на 19 місці, Росія — на 48, Україна – на 69 (це дані 2009 р.[3]).

1.2 На шляху до сталого розвитку: українські реалії

Україна є однією з 179 країн, які прийняли у 1992 р. глобальну стратегію розвитку «Порядок денний на XXI століття» та підписали відповідну Декларацію, взявши на себе зобов'язання розробити та прийняти національні стратегії сталого розвитку і втілювати їх у життя. На жаль, ідея сталого розвитку ще не набула необхідної актуальності в нашій країні, не знайшла свого втілення ні в державній політиці, ні в соціально-економічній практиці.

Не можна сказати, що у цьому напряму взагалі не здійснювалося ніяких кроків, але їм бракувало системності та послідовності. Ось стислий перелік подій, що мали наблизити втілення ідеї сталого розвитку в Україні.

Лише через 5 років — 30.12.1997 р. — постановою Кабінету Міністрів України (КМУ) створено Національну комісію з питань сталого розвитку, яка складалась переважно з чиновників за незначного представництва бізнесу і громадського сектора.

[3] Україна – Євросоюз у деталях, № 1, квітень 2010. — С. 7.

Через майже 6 років існування комісії стало зрозуміло, що її діяльність не принесла суттєвих результатів.

04.09.03 р. — постановою КМУ Національну комісію з питань сталого розвитку ліквідовано.

22.06.05 р. — на розгляд КМУ подано проект Закону «Про Стратегію сталого розвитку».

30.09.05 р. — проект Закону повернуто для перепогодження.

30.12.05 р. — Міністерство економіки запропонувало замість проекту Стратегії сталого розвитку підготувати Концепцію переходу України на принципи сталого розвитку.

16.11.06 р. — проведено спільне засідання Наукової ради Національної академії наук (НАН) України з проблем навколишнього середовища і сталого розвитку та Національного комітету України з програми ЮНЕСКО «Людина і біосфера», на якому обговорено проект концепції переходу України до сталого розвитку[4], розроблений в ініціативному порядку фахівцями НАН України.

13.12. 06 р. — доопрацьований проект Концепції переходу України до сталого розвитку подано до Верховної Ради і Кабінету Міністрів України для подальшого розгляду та затвердження[5].

24.09.08 р. — Міністерство економіки розробило і внесло на розгляд КМУ:

— проект розпорядження КМУ «Про схвалення Концепції переходу України до сталого розвитку»[6];

— проект постанови Кабінету Міністрів України «Про утворення Національної ради зі сталого розвитку України».

27.01.09 р. — резолюцією Першого Віце-прем'єр-міністра доручено повернутися до питання після стабілізації економічної ситуації в державі та прийняття Верховною Радою Антикризової програми Уряду.

21.08.09 р. — Указом Президента України утворено Національну раду з питань науки, інновацій та *сталого розвитку України*.

16.09.09 р. — постановою КМУ утворено Національну раду *із сталого розвитку України.*

02.11.09 р. — рішенням засідання Національної ради із сталого розвитку України рекомендовано зацікавленим органам виконавчої влади, НАН України та громадським організаціям подати на розгляд Уряду в установленому порядку узгоджений проект Концепції сталого розвитку України з проектом відповідного акта про її схвалення, передбачивши в проекті акта завдання щодо розроблення проекту Стратегії сталого розвитку України.

---

[4] До речі, це не єдина концепція. Проект Концепції сталого розвитку України розроблено під науковим керівництвом С.І. Дорогунцова та В.Я. Шевчука у 1997 р. Проект Концепції переходу України до сталого розвитку, розроблений під керівництвом Ю.І. Самойленка та С.І. Курикіна, внесено на розгляд до Верховної Ради України народними депутатами України Ю.І. Самойленком, В.Б. Хазаном у 2001 р. Проект концепції переходу України до сталого розвитку розроблено В.І. Ландиком, С.В. Семенцем та Т.М. Яхеєвою у 2004 р.

[5] Вісник НАН України. – 2007. – № 2. — С.14.

[6] Концепція отримала негативну оцінку Мінприроди, і узгодження не відбулося. Концепція залишається незатвердженою.

03.02.10 р. — розпорядженням Президії НАН України затверджено концепцію Цільової комплексної міждисциплінарної програми наукових досліджень НАН України з проблем сталого розвитку, раціонального природокористування та збереження навколишнього середовища.

Одним з результатів програми має стати «послідовна розробка та подання до владних структур *проектів Концепції та Стратегії сталого розвитку України* та відповідного Національного плану дій» (термін виконання програми 2010 —2014 рр.).

Таким чином, можна впевнено стверджувати, що в Україні до цього часу, через більш як 17 років після Ріо-де-Жанейро, немає національної стратегії сталого розвитку.

Але, нарешті, «крига скресла».

18.05.10 р. — парламентський комітет з науки і освіти ухвалив рішення рекомендувати парламенту для ухвалення в першому читанні законопроект під назвою «Основні положення сталого розвитку України»[7].

Екс-прем'єр Великобританії Тоні Блер зазначив: «Ми знаємо проблеми і ми знаємо, як їх вирішити — це сталий розвиток. Питання лише в політичній волі».

Більшого поширення ідеї сталого розвитку набули на місцевому рівні. Десятки міст України розробили і прийняли власні концепції чи програми сталого розвитку, приєдналися до Ольборгської хартії (1994 р.) «Міста Європи на шляху до сталого розвитку».

1.3 Сталі ініціативи у світовому бізнес-середовищі

Не залишаються осторонь ідеї сталого розвитку впливові міжнародні організації, відомі корпорації та організації-лідери у різних сферах економіки та бізнесу (British Petroleum, Shell, Toyota, Sony, Johnson & Johnson, Xerox та багато інших).

У лютому 2010 р. компанія McKinsey здійснила дослідження[8], в рамках якого було опитано майже 2000 керівників, що представляють широкий спектр галузей і регіонів. Згідно з його результатами понад 50 % управлінців вважають, що забезпечення сталого розвитку – це важлива складова розв'язання екологічних, соціальних та управлінських питань у широкому колі аспектів – від розробки нових продуктів до створення репутації фірми та загальної корпоративної стратегії.

Компанії визначають сталий розвиток як один з трьох топ-пріоритетів, що може бути ефективною складовою бізнес-діяльності, оскільки сталість допомагає зміцнити соціальну відповідальність компанії, заощадити кошти та забезпечити збалансоване майбутнє для наступних поколінь. Важливим фактом є те, що саме енергетичні компанії займають найбільш активну позицію зі сталих ініціатив у бізнес-середовищі.

84 % екологічно дружніх компаній намагаються регулювати свій carbon footprint («вуглецевий слід» — кількість вуглекислого та інших газів, що викидаються в атмосферу і спричинюють парниковий ефект). Більше того, вони відстежують

[7] Экономические известия. – 2010. – 19 мая, № 78.

[8] How companies manage sustainability: McKinsey Global Survey results, March 2010, mckinseyquarterly.com.

показники сталого розвитку, що стосуються відходів, енерго- та водопостачання, а також додержання стандартів взаємовідносин зі своїми постачальниками і споживачами.

Яскравим прикладом екологічно дружньої компанії є фірма «Adidas». Мотивом для змін стало розуміння керівництвом компанії нового фактору впливу на розвиток бізнесу в умовах жорсткої конкуренції, а саме — впливу на навколишнє середовище. Кожен офіс компанії сортує відходи, ефективно використовує електроенергію та воду. Такі правила поведінки є обов'язковою складовою культури кожного працівника. Компанія випускає щорічний звіт, де наведено результати запровадження політики компанії зі зменшення впливу на навколишнє середовище.

Реалізація принципів сталого розвитку стає своєрідною нормою і для найвідоміших ВНЗ США та Західної Європи. Свої стратегії сталого розвитку мають Гарвардський, Йєльський, Оксфордський університети та ще більше 90 ВНЗ із першої сотні найкращих університетів світу.

Останнім часом у багатьох країнах значну популярність набувають нові концепції, які на практиці реалізують основні ідеї сталого розвитку.

1.4 Концепції «зеленого» офісу та «зеленого кампусу»

«Зелений» офіс — це нова концепція управління організацією. Мета «зеленого» офісу — зменшити негативний вплив діяльності організації на довкілля та сприяти раціональному використанню ресурсів. За принципами «зеленого» офісу організація має скоротити споживання води, енергії, інших ресурсів; зменшити кількість відходів під час роботи в офісах; користуватись товарами і послугами, які мінімізують вплив на навколишнє середовище, пропагувати ефективне використання транспорту з особистою і діловою метою тощо.

Складно сказати, хто перший висунув ідею «зеленого» офісу. Але каталізатором її стали події 70-х років минулого століття, коли хвиля «зеленого» руху прокотилася Європою і США, коли люди почали розуміти, що екологічні проблеми не можна вирішити на локальному рівні, оскільки вони мають глобальний характер.

На хвилю могутніх протестів «зелених» американська та європейські держави відповіли змінами в законодавстві — зокрема, введенням норм викидів шкідливих речовин в атмосферу. А коли почало розвиватися законодавство, стала зростати й обізнаність людей щодо «зеленої» теми. В результаті споживачі почали віддавати перевагу товарам і послугам тих компаній, які завдавали меншої шкоди навколишньому середовищу.

Саме тоді у прогресивних співробітників офісів різних компаній народилася концепція, що дала змогу брати участь у «зеленому» русі кожному. Вона ґрунтувалася на трьох «китах» — економія ресурсів, переробка відходів і зменшення шкідливих викидів вуглекислого газу. Додержання цих принципів забезпечувало більш відповідальне ставлення до закупівель паперу, техніки, офісних меблів та ін.

Що ж стало перевагою цієї ідеї? Це можливість без особливих витрат швидко досягти помітних результатів економії ресурсів і продемонструвати привабливий імідж «зеленої» компанії перед партнерами і клієнтами.

У деяких країнах концепція «зеленого» офісу вже стає корпоративною культурою державних установ. Так, британське міністерство охорони навколишнього середовища ініціювало програму, одним із принципів якої стала закупівля лише тих товарів і послуг, які мають екологічне маркування або сертифіковані за системою екологічного менеджменту. Таким чином держава вирішила продемонструвати приклад відповідального ставлення до проблем довкілля.

У США «зелений» офіс було реалізовано в цілісній програмі уряду. Одним з її кроків стало введення маркування Energy Star на позначення електронних виробів та офісної техніки, які є більш енергоощадними порівняно з аналогами.

З настанням кризи «зеленим» офісом зацікавилися вдруге. Адже він дає готове комплексне рішення, як заощадити. Якщо раніше навіть не замислювалися, куди витрачається 100 пачок паперу на місяць, то тепер почали обліковувати все.

Сьогодні дедалі більше організацій намагаються жити за принципом «зеленого» офісу з його елементарними правилами: берегти тепло, світло, воду, папір. І це є дуже важливим, оскільки таким чином закладається підґрунтя для кардинальних і найскладніших змін – формування нового екологічно грамотного мислення.

А в університетських містечках «грін» офіс перетворився на «грін» кампус (Green Campuses) або «зелені студмістечка».

1.5 Кращі практики реалізації програм Green Campuses[9]

Піонерами упровадження програм Green Campuses є кращі університети США. Головна мета цих програм — зниження енергоспоживання за рахунок реалізації організаційно-технічних і освітніх заходів з енергозбереження та енергоефективних технологій, формування у студентів, викладачів та персоналу університетів звичок енергоощадної поведінки.

В університеті Берклі програму Green Campuses упроваджено у 2004 р. У рамках програми здійснено низку заходів, зокрема:

— заміна ламп освітлення в навчальних і житлових приміщеннях університету та університетського житлового містечка на енергоефективні;

[9] Джерела:
1. http://www.ceibs.edu/media/archive/18580.shtml
2. http://ucsdnews.ucsd.edu/newsrel/awards/06-09CutCampusWaste.asp
3. http://www.ceibs.edu/media/archive/18580.shtml
4. http://www.greenbang.com/scotland-opens-european-green-energy-centre_11223.html
5. http://russia.emc.com/leadership/features/going-green-emerald-sland.htm
6. http://climate.ku.dk/green_campus/green_results_and_indicators.

— проведення освітньої кампанії, що охоплює 5 тис. студентів та спрямована на формування в них навичок економного енергоспоживання та навчання методам енергозбереження;
— упровадження програми змагання на кращі результати з енергозбереження між житловими будівлями у студентських містечках (у результаті в 2007 р. відбулось зниження енергоспоживання на 5 % в цілому по житловому містечку);
— встановлення економічних регуляторів на торговельні автомати з метою їх відключення на період, коли ними не користуються. У 2007 р. таким чином обладнано 14 торговельних автоматів. Досягнуто зниження загального енергоспоживання цими агрегатами на 42 % (2400 дол. США річної економії);
— підготовка в 2007-2008 навчальному році 60 студентів-аудиторів.

Досягнута за перші чотири роки дії програми економія електричної та теплової енергії оцінюється в 165 тис. дол. США.

У рамках програми з енергозбереження в студентському містечку університету Мериленд, назва якої: Reduce — Reuse — Recycle (зменшення — багатократне використання — повторний цикл), студенти підготували агітаційно-інформаційний бюлетень з енергозбереження у ВНЗ.

Програма енергозбереження в 13 університетах штату Каліфорнія стартувала у 2007 р. Упровадження програми супроводжувалось проведенням цікавих акцій та заходів. Так, упродовж місяця (з 27 жовтня до 28 листопада 2008 р.) проведено змагання між студентськими кімнатами на максимальне зменшення споживання теплової та електричної енергії в листопаді. Інші заходи, втілені у 2008 р., стосувались заміни звичайних ламп розжарювання на енергоефективні; розробки рекомендацій з оптимального режиму роботи кондиціонерів і термостатів та зниження їх температури (це дало економію енергії до 10 %); проведення агітаційної кампанії з метою зміни звичок студентів залишати ввімкненими в мережу непрацюючі електроприлади та неекономно приймати душ тощо.

Реалізація програми з енергозбереження в Державному університеті Хамбольда розпочалась у 2007 р. Саме тоді силами студентів проведено енергетичний аудит в офісах президента університету та декана, університетській радіостанції. В результаті упровадження розроблених студентами енергоефективних заходів відбулось зниження енергоспоживання на 35 %.

Програма Green Campuses отримала ефективне втілення у Гарвардському університеті. У Гарварді створено комітет з 14 членів робочого штабу та 40 студентів, які є представниками різних факультетів. Вони займаються розробкою нових методів економії ресурсів, коштів та зменшення впливу на навколишнє середовище. Гарвард став моделлю «зеленого» кампусу не лише на місцевому та регіональному рівні, а й на міжнародному. Університет постійно здійснює обмін інформацією та досвідом з ВНЗ та організаціями, що долучились до справи ефективного використання ресурсів.

У США проходять щорічні конференції з енергозбереження, в яких беруть участь представники навчальних закладів країни. Наприклад, у 2006 р. у рамках 4-ї конференції 34 навчальних заклади США (школи та університети) представили свої

досягнення у сфері енергозбереження. Загальний ефект економії оцінювався в 71 млн дол. США (зекономлено 275 млн кВт · год енергії, що приблизно дорівнює споживанню енергії 45 тис. будинків).

Запроваджують програми Green Campuses і європейські ВНЗ.

Як приклад можна навести програму з енергозбереження в студентському містечку датського університету Копенгаген, що розпочалась у 2008 р. Територія університету дуже велика (близько 1 млн м^2). Університет має понад 40 тис. студентів та персоналу. Щоб забезпечити навчальний процес, університет упродовж року витрачає велику кількість ресурсів. Тому було поставлено завдання зі скорочення споживання ресурсів та зменшення шкідливого впливу на довкілля, зокрема 20 % зниження енергоспоживання та 20 % зниження викидів CO_2 до кінця 2013 р. За базу з обох показників було взято рівні споживання 2006 р. Щоб простежити за рівнем споживання ресурсів університетом, показники «прив'язали» до використання ресурсів кожною людиною (студентами і працівниками). Аналіз показав, що у період з 2006 до 2008 рр. обсяги загальних викидів CO_2 університетом Копенгаген на рік для однієї людини зросли на 12 %. У 2008 р. викиди університету становили 65362 т CO_2, що еквівалентно середньорічним викидам CO_2 майже від 6500 мешканців Данії. По завершенні проекту загальна кількість викидів CO_2 має зменшитись майже на 1700 т, що еквівалентно щорічним викидам CO_2 від 170 жителів Данії.

Останніми роками активно долучаються до участі у програмах Green Campuses ВНЗ Китаю.

Цікавим прикладом є програма з енергозбереження Китайсько-Європейської Міжнародної Бізнес Школи (China Europe International Business School (CEIBS)) у м. Шанхаї. Старт програми відбувся у травні 2007 р. Широкій громадськості було представлено дві ініціативи: зниження енергоспоживання та переробка відходів. З метою втілення цих ініціатив розроблено та надруковано серію привабливих зелено-білих стікерів, які нагадували, що можна повторно використовувати папір, скляні пляшки та зменшити споживання ресурсів (електроенергії та води). Також були обладнані «зелені точки» зі спеціальними контейнерами для паперу і скляних пляшок з метою їх повторного використання. У грудні 2008 р. у будівлях CEIBS зовнішні частини всіх вікон та дверей покрито щільною сонцезахисною плівкою завтовшки 0,05 мм, що сприяло зменшенню на 10 % використання енергії для нагріву та охолодження приміщень студентського містечка. Щорічні заощадження сягають 400 тис. юанів (майже 60 тис. дол. США). Також у школі створено Клуб із зниження використання енергії та охорони навколишнього середовища з метою підвищення поінформованості серед студентів щодо проблеми енергоспоживання і охорони довкілля та сприяння налагодженню ділових контактів з екологічними та енергетичними компаніями Китаю.

В Україні практично відсутній досвід використання принципів «зеленого» офісу в організації. Можна натрапити на окремі ініціативи (наприклад, збір макулатури) окремих організацій, але застосування принципів «зеленого» офісу поки що не набуло системного характеру. Отже, потрібно поширювати ідею «зеленого» офісу серед українських промислових підприємств, комерційних організацій, бюджетних та інших установ, заохочуючи їх до розробки та впровадження ресурсоефективних програм.

1.6 Особливості впровадження програми з підвищення енергоефективності в українських вищих навчальних закладах

Більшість ВНЗ України мають досить великі території. За площею ВНЗ може займати навіть не один міський квартал. На території студентського містечка зазвичай розташовано кілька навчальних і лабораторних корпусів, гуртожитків та адміністративних і допоміжних будівель. По суті, територія ВНЗ — це місто в місті.

Зрозуміло, що для функціонування такого великого комплексу будівель потрібно багато ресурсів, і насамперед енергетичних. Саме тому проблеми енергозбереження є одними з найважливіших проблем, що гостро стоять перед ВНЗ в сучасних економічних умовах. Адже суми, які має сплачувати заклад за спожиті теплову енергію, електрику, воду, обчислюються у мільйони гривень щорічно.

Гострота проблеми енергозабезпечення для ВНЗ пов'язана з двома обставинами: 1) недостатнім бюджетним фінансуванням витрат (насамперед витрат на комунальні послуги, серед яких найбільш вагомими є витрати на енергопостачання) та 2) низькою енергоефективністю ВНЗ.

Державні ВНЗ фінансуються з двох джерел:

— з державного бюджету (кошти перераховує Міністерство освіти і науки України) — це загальний фонд ВНЗ;
— за рахунок надання платних послуг — це спеціальний фонд ВНЗ.

Основним фінансово-плановим документом ВНЗ є кошторис доходів і видатків, який складається з коштів загального і спеціального фондів.

Загальний фонд кошторису включає надходження із загального фонду бюджету і розподіл витрат за відповідними статтями.

На початку кожного календарного року Міністерство освіти і науки України розглядає і затверджує кошторис витрат і доходів кожного державного ВНЗ, у тому числі затверджується й спеціальний фонд – доходи від платного навчання та інших платних послуг, передбачених постановою Кабінету Міністрів України.

Щодо використання коштів загального фонду, то державні ВНЗ не наділені правами автономії, і це не передбачено в Законі України «Про вищу освіту». Понад 90 % платних послуг, які надає ВНЗ, – це послуги за навчання студентів. Студенти-контрактники становлять близько 50 % усього контингенту студентів ВНЗ. Відповідно, спеціальний фонд є істотним джерелом забезпечення життєдіяльності навчального закладу. Але ВНЗ не наділені правами свободи навіть у витрачанні коштів спеціального фонду, які ВНЗ отримує від надання платних освітніх послуг. ВНЗ не мають права витрачати більшу суму коштів, ніж це

передбачено кошторисом доходів і видатків на ту чи іншу статтю видатків[10]. Упродовж останніх років фінансування вищої освіти здійснювалося лише за соціальними статтями витрат: на заробітну плату, стипендію і частково на покриття оплати за комунальні послуги (табл. 1.1).

Таблиця 1.1

Рівень витрат бюджетних коштів на оплату спожитих ресурсів ВНЗ, що фінансуються МОНУ (дані на 2006 — 2008 рр.)[11]

КЕКВ	Найменування	Од. виміру	2006		2007		2008	
			бюджет (загальний фонд)	фактичні видатки	бюджет (загальний фонд)	фактичні видатки	бюджет (загальний фонд)	фактичні видатки
1161	Оплата теплопостачання	млн грн	159,8	259,1	244,4	323,5	296,9	389,8
1162	Оплата водопостачання та водовідведення	млн грн	44,5	79,0	57,1	78,0	63,8	91,1
1163	Оплата електроенергії	млн грн	109,6	203,1	142,2	185,9	181,9	241,5
1164	Оплата природного газу	млн грн	26,5	45,0	53,8	72,2	80,5	104,7
1166	Оплата інших енергоносіїв	млн грн	19,2	17,6	19,6	17,4	24,5	21,5
Всього:		млн грн	359,6	603,8	517,1	677,0	647,7	848,6
		%	59,6%		76,4%		76,3%	

Придбання обладнання, матеріалів, поточні та капітальні ремонти приміщень зазвичай фінансувались за рахунок позабюджетних коштів ВНЗ.

Таким чином, рівень бюджетного фінансування енергетичних потреб ВНЗ майже не залежить від зусиль його керівництва, а ось енергоефективність значною мірою визначається політикою адміністрації навчального закладу.

Низька енерго- та ресурсоефективність у радянські часи традиційно була притаманна бюджетній сфері внаслідок дешевизни енергії та води, відсутності стимулів до економії та незадовільної кваліфікації обслуговуючого персоналу. Проблемами економії енергоресурсів і води ніхто серйозно не займався. Витрати на ці цілі були передбачені в кошторисі, справно фінансувалися, та й унаслідок низьких тарифів на ресурси становили мізерну частку від загальних витрат ВНЗ. Не дивно, що в той час у бюджетних організаціях практично не було приладів обліку тепла та води.

Низька кваліфікація персоналу, що обслуговував комунальні системи ВНЗ, передусім була пов'язана з дефіцитом робочої сили та неконкурентноздатним

[10] Найбільшу незалежність мають в Україні ВНЗ, які визнані національними відповідно до Указу Президента України. До ВНЗ, яким надано статус національного, застосовується інший механізм бюджетного фінансування порівняно з державними ВНЗ.

[11] Програма Міністерства освіти і науки України щодо зменшення споживання енергоресурсів навчальними закладами та установами освіти, підпорядкованими Міністерству і фінансування яких здійснюється з державного бюджету, на 2010-2014 рр.

(порівняно з промисловістю) рівнем зарплати таких працівників у вищій школі, а також низьким престижем цієї роботи.

Усе це разом узяте призвело до незадовільного технічного стану мереж і споруд ВНЗ та проблем з відповідною документацією (часто-густо схеми теплових мереж, водопроводу і каналізації знали лише окремі «професори» своєї справи, а договірні документи з постачальниками ресурсів по декілька років не переглядалися).

Сьогодні, коли оплата за комунальні послуги є однією з найвагоміших статей витрат ВНЗ, потрібно серйозно зайнятися управлінням енергоефективністю ВНЗ. Серед основних кроків, до яких потрібно вдатись, є такі, що не потребують скільки-небудь значних капіталовкладень, проте їх результати можуть бути досить істотними.

1. Наведення порядку в технічній документації.

Основними енергоносіями, що використовуються для забезпечення роботи інженерних мереж будівель ВНЗ, є електрична енергія, теплова енергія і вода.

Інженерні мережі будівель за призначенням поділяються на такі:

- опалення;
- вентиляція;
- гаряче водопостачання;
- кондиціонування;
- освітлення.

Для забезпечення надійної роботи інженерних систем ВНЗ повинен мати схеми і кресленики мереж та іншу необхідну технічну документацію.

Звичайно, можливо у вашому ВНЗ з технічною документацією щодо систем тепло-, водопостачання, водовідведення, електропостачання все гаразд. Але, як показує досвід, проблеми у цьому сенсі мають досить багато навчальних закладів. (Іноді навіть працівники теплопостачальних підприємств не завжди знають, де у місті проходять теплотраси, які будувались 30...50 років тому.)

Відповідно, потрібно знайти або наново накреслити схеми електро-, тепло- та водопостачання ВНЗ, які б задовільно відображали реальну ситуацію. Що стосується договорів з постачальниками енергоресурсів, то їх потрібно відновити, оскільки додатки до договору можуть містити, наприклад, вже неіснуючі об'єкти, а розрахункова кількість студентів і співробітників — набагато перевищувати фактичні значення.

Верифікація розрахункових даних уможливить зменшення платежів ВНЗ за комунальні послуги.

2. Встановлення приладів обліку.

Для обліку використання холодної води потрібно ініціювати встановлення лічильників на всіх вхідних лініях водопроводу. Це важливо ще й тому, що суми, які нараховуються за каналізацію, безпосередньо пов'язані з кількістю споживаної холодної води. Найбільш складною є проблема обліку тепла і гарячої води. Утруднює її рішення як дорожнеча самих приладів обліку, так і вартість монтажу

та здачі приладів в експлуатацію. Проте повний облік тепла і гарячої води необхідний, щоб не платити за неспожиті енергоресурси.

3. Постійний аналіз графіків споживання енергоресурсів і води.

Енергоспоживання будівлями закладів освіти залежить значною мірою від призначення будівель. Споруди, що використовують ВНЗ для забезпечення навчального процесу, за своїм призначенням поділяються на:

- навчальні корпуси;
- гуртожитки;
- палаци культури та мистецтв;
- господарські споруди;
- їдальні;
- пральні;
- котельні тощо.

Регулярний аналіз споживання електроенергії, тепла, гарячої та холодної води дає змогу не лише вчасно виявити завищення сум, що пред'являються до оплати, але й «вирахувати» об'єкти, що мають необґрунтовано завищене споживання, та виявити витоки. Аналізуючи графіки, можна, наприклад, побачити відмінність у споживанні електроенергії з розрахунку на одного студента в різних гуртожитках і з'ясувати причини цього явища.

Для постійного контролю за витратами енергоресурсів і води дуже ефективним є застосування автоматизованих систем обліку, що забезпечують безперервну реєстрацію і передачу на центральний пульт миттєвих витрат. Майбутнє, поза сумнівом, саме за такими системами, і це незважаючи на їх високу вартість. Особливо таке доцільно в умовах компактного розташування будівель університетського містечка.

4. Виховна робота.

Упроваджувати ідеологію енергозбереження в університетах набагато складніше, ніж у звичайних багатоповерхівках. Якщо в звичайних квартирах економія тепла, електроенергії, води — це ваша особиста справа, то у ВНЗ треба виховувати студентів, викладачів та персонал таким чином, щоб нікого з них не залишали байдужими невимкнене світло в аудиторії або розбита шибка у вестибулі.

Зміна ставлення до споживання енергоресурсів відбувається не відразу навіть на рівні керівників: проректора з адміністративно-господарської роботи, головного інженера, головного механіка. Вони займаються насамперед поточною експлуатацією систем, що поглинає весь їх час. Не дуже переймаються проблемами неефективного енерго- та водокористування і коменданти університетських гуртожитків. Що вже говорити про викладачів, студентів і співробітників ВНЗ! Як приклад можна навести закриття обігрівальних приладів декоративними ізоляційними решітками в процесі «євроремонту» приміщень. Розрахунки показують, що при цьому до 30 % і більше теплоти спрямоване у бік зовнішніх стін. Непоодинокими є випадки невимкненого світла в аудиторіях після занять, не повністю закритих кранів у туалетах тощо.

Щоб подолати багаторічну звичку марнотратного споживання енергії та води, треба пов'язати у свідомості людини її благополуччя з економним ставленням до цих ресурсів. Саме на це має бути спрямована інформаційно-роз'яснювальна робота з викладачами, студентами та персоналом ВНЗ.

Керівництво деяких ВНЗ пішло навіть далі — останні кілька років практикується оплата частини боргів за комунальні послуги за рахунок «добровільних» внесків професорсько-викладацького складу. Чим не стимул для формування енергоощадних звичок?

5. Організаційні і технічні заходи щодо економії енергоресурсів і води.

Планування заходів з економії енергоресурсів і води залежить від їх вартості та фінансових можливостей ВНЗ.

З урахуванням нинішнього складного фінансового стану ВНЗ більш привабливими є заходи, що не потребують особливих додаткових витрат, але є досить ефективними, зокрема:

— оперативне усунення аварій – коментарі зайві;
— обмеження часу роботи душових у гуртожитках. При цьому відпадає марна витрата води в періоди, коли ніхто не миється (залишений невимкненим душ, не повністю закриті крани та ін.);
— контроль за вимкненням світла в корпусах після закінчення занять, а також вранці за умов достатнього природного освітлення;
— зменшення подачі теплоносія в святкові та вихідні дні. При цьому відновлення нормального режиму має бути проведене за декілька годин до початку робочого дня;
— ущільнення віконних рам, тамбурів, горищних люків тощо;
— застосування поліетиленової плівки на вікнах. На великих вікнах підвищення температури в зимовий час на 4...5 ^{0}C та усунення протягів компенсують певні недоліки використання такої плівки, такі як фільтрація природного світла та погіршення зовнішнього вигляду приміщення.

Проте варто думати про майбутнє і розробляти програми реконструкції та модернізації систем електро-, тепло- і водопостачання, які б можна було б упроваджувати за умов належного фінансування.

У кожному ВНЗ залежно від його розміру, структури, розташування і навіть історії проблема енергоефективності має свої специфічні особливості. Проте можна бути упевненим, що в будь-якому навчальному закладі реалізація комплексу енергоощадних заходів може забезпечити істотне зниження енергоспоживання і, відповідно, оплати за нього.

Досвід Міносвіти Росії з реалізації федеральної програми «Енергозбереження Міносвіти Росії»[12] показав, що на 1 крб, вкладений в енергозбереження у ВНЗ, через п'ятиліття до бюджету повертаються 5 крб, які отримують за рахунок економії на комунальних платежах.

[12] Зенютин Е.А., Котомкин В.Н., Солнцев Е.Б., Сульман Э.М. (под общей редакцией Сергеева С.К.) Экономия энергии в образовательных учреждениях. Технологии энергосбережения и финансовые механизмы. — М., 2006.

Запитання та завдання для самоперевірки до розділу 1

1. Які основні виклики постали сьогодні перед людством?
2. У чому полягає концепція «сталого розвитку»?
3. Що таке «зелений» офіс?
4. Наведіть приклади успішної реалізації програми «Зелене студмістечко» у провідних університетах світу.
5. З чим пов'язані особливості підвищення енергоефективності в українських ВНЗ?
6. Що можуть зробити ВНЗ для зменшення платежів за енергоресурси?

РОЗДІЛ 2
ЕНЕРГІЯ ТА ЕНЕРГОКОРИСТУВАННЯ: ІСТОРІЯ, СУЧАСНІСТЬ, ПРОГНОЗИ НА МАЙБУТНЄ

2.1 Енергія, її форми та види

Якщо вас, шановні читачі, запитати, що таке енергія, то якою буде ваша відповідь? Мабуть, на думку відразу спадає найпростіше (ще зі шкільних підручників) визначення енергії:

«Енергія – це здатність тіла виконувати роботу».

Більшість з вас, безперечно, пам'ятає, що енергія вимірюється у джоулях (у міжнародній системі SI). Один джоуль (Дж) – це робота, яка виконується силою в один ньютон (Н) за переміщення тіла на відстань один метр (м). Тобто, Дж = Н · м.

Наведемо приклади величини енергії, яка витрачається у різних процесах, зокрема:

- один удар серця = 1 Дж;
- нагрівання одного літра води на один градус Цельсія (^{0}C) = 4182 Дж;
- нагрівання води для однієї чашки кави = 72000 Дж.

У словниках наводяться більш складні визначення, наприклад таке: *«Енергія (з грецької ενεργός — діяльний) — загальна кількісна міра руху та взаємодії всіх видів матерії».*

Або: *«Енергія — це скалярна фізична величина, що є єдиною мірою різних форм руху матерії і мірою переходу руху матерії з одних форм в інші».*

Отже, поняття енергії пов`язує всі явища природи в одне ціле та є загальною характеристикою стану фізичних тіл і фізичних полів.

Таким чином, з визначенням енергії ми з вами начебто розібрались.

Тепер розглянемо питання щодо форм та видів енергії. У сучасній науці точиться дискусія, чим відрізняються форми та види енергії. У науковій, навчальній та довідковій літературі у питанні систематизації цих визначень, на жаль, немає чіткості.

Згадаємо загальновідомий закон збереження енергії: «Енергія в природі не виникає ні з чого і не зникає безслідно; вона може лише переходити з однієї форми в іншу»[13]. У цьому визначенні йдеться лише про *форми* енергії.

Але можна навести і приклади плутанини. Так, у довіднику А. Чертова[14] сказано, що «різним видам руху і взаємодії матерії відповідають різні види енергії: механічна (кінетична і потенціальна), внутрішня, електромагнітна, ядерна та ін.». Тобто йдеться вже про *види* руху та *види* енергії. У довіднику з фізики Б. Яворського і А. Детлафа[15] зазначено про «різні види (форми) енергії».

---

[13] Большая советская энциклопедия.
[14] Чертов А.Г. Физические величины. – М.: Высшая школа, 1990. — 336 с.
[15] Яворский Б.М., Детлаф А.А. Справочник по физике. 3-е изд. М.: Наука, Физматгиз, 1990. — 624 с.

Тут *форми і види* енергії ототожнюються. У підручнику з фізики І. Савельєва[16] енергія поділяється лише на *види*.

І. Коган[17] вважає, що відповідно до різних *форм руху* матерії слід розглядати і різні *форми* енергії: механічну, гідравлічну, теплову, електромагнітну, ядерну тощо.

Отже, *форма* енергії визначається лише *формою* руху. А в кожній *формі* руху є одні і ті самі *види* енергії: кінетична, потенціальна, енергія дисипації (розсіювання).

Як і форми енергії, види енергії можуть переходити один в одного. При цьому види енергії залишаються такими, що належать одній і тій самій формі енергії. Однак не виключається перенесення будь-якого виду енергії даної форми руху в будь-який вид енергії іншої форми руху.

Наведемо приклади переходу форм енергії з однієї в іншу.

Майже всі побутові прилади у вашому помешканні споживають електричну енергію. Де ж вона береться? Її виробляють електростанції різного типу. Якщо це гідроелектростанції або вітроелектростанції, то на електричну енергію вони перетворюють механічну енергію води або вітру. На теплових електростанціях теплова енергія, що виділяється під час згоряння палива, теж перетворюється на електричну енергію. А в побутових приладах (електричному чайнику, електрообігрівачі, прасці тощо) електрична енергія знову перетворюється на теплову, у лампочці — на світлову, в електродвигунах — на механічну.

Атомні електростанції виробляють електричну енергію, використовуючи енергію, що виділяється у великій кількості у результаті розщеплення (руйнування) атомів деяких хімічних елементів. Це атомна (ядерна) енергія.

До форм енергії, природно, відносяться форми енергії будь-якого виду випромінювання, зокрема і так звана біоенергія. Але всі дослідження в царині біоенергетики треба розглядати лише з наукової точки зору, застосовуючи до явищ життя закони фізики і хімії, а до перетворень енергії в організмі — основні начала термодинаміки. Не може бути «хорошої» чи «поганої» енергії, оскільки не може бути «хорошого» чи «поганого» руху.

Якщо бути вже зовсім точними, то при систематизації фізичних величин слід говорити не стільки про форми енергії, скільки про форми енергообміну, і не стільки про види енергії, скільки про види енергообміну.

2.1.1 Теплова енергія.

У даному навчальному посібнику найбільш детально розглядається така форма енергії як теплова. Це зумовлено тим, що саме на виробництво теплової енергії з метою надання послуг теплопостачання промисловості, бюджетним організаціям та населенню витрачається левова частка енергоносіїв, що використовуються у ЖКГ.

---

16 Савельев И.В. Курс общей физики: Кн.1. – М.: АСТ: Астрель, 2005.

17 Коган И.Ш. Систематизация и классификация определений и дополнений к понятию «энергия» / И.Ш. Коган. — Автоматизация и IT в энергетике. – 2009, № 2—3. — С. 56—63.

Результати енергетичних обстежень понад 230 ВНЗ, проведених у рамках програми «Енергозбереження Міносвіти Росії» упродовж 2000 р., довели, що основними енергоносіями, які споживаються навчальними закладами, є теплова та електрична енергія. Причому частка теплової енергії у загальному споживанні енергоносіїв становить 55...70 %, а електроенергії – до 35 %. Українські реалії з точки зору енергоспоживання у вищих навчальних закладах не є такими, що суттєво відрізняються від російських. Відповідно, завдання економії та раціонального споживання теплової енергії є пріоритетним і для всіх освітніх закладів України.

Далі ми розглянемо основні поняття та терміни, пов'язані з тепловою енергією.

2.1.2 Поняття теплоти, роботи і внутрішньої енергії. Причини виникнення теплового потоку. Одиниці вимірювання теплоти. Еквівалентність одиниць вимірювання.

Що таке теплота – знають усі. Із шкільного підручника фізики відомо, що частинки в газах, рідинах і твердих тілах безперервно рухаються і цей рух сприймається як теплота. Енергія руху таких частинок, усереднена за їх нескінченною кількістю, визначає величину температури тіла.

Усе, що стосується теплоти, викладено у підручниках зазвичай настільки чітко і просто, що цей розділ фізики видається навіть дещо нецікавим.

Але теорія теплоти виникла не відразу, вона формувалась протягом століть. Певний час ясності у цьому питанні не було, не відразу зрозуміли і відмінність між температурою і теплотою.

Дехто із фізиків ще на початку XIX століття вважав, що усі явища у природі необхідно пояснювати з огляду на принципи механіки і що все у природі складається із найменших частинок: атомів, монад, корпускул (так називали такі частинки у різні часи). Інші ж вважали, що Всесвіт заповнений всепроникною субстанцією – ефіром.

Тепло також вважали однією із рідин і теорія теплороду була вельми популярною основою теорії про теплоту. Дивна річ — із таких наївних уявлень про теплоту як про рідину — теплород — було виведено досить багато правильних результатів. Поняття про атоми тривалий час вважалося не потрібним для теорії теплоти.

Тепер же здається дивним: як можна було розвивати науку про теплоту, не задаючись питанням «Що це таке?».

Вирізняти поняття теплоти і температури було досить важко ще у XIX столітті. При нагріванні температура тіла збільшується. А коли теплота переходить від одного тіла до іншого, то температура першого зменшується, а другого — піднімається. Враження таке, що між теплотою і температурою є повна тотожність.

Передача теплоти, як енергії теплового руху частинок від одного (більш нагрітого) тіла до іншого (більш холодного) тіла, здійснюється у процесах теплопровідності і конвекції.

Теплопровідністю називається процес переносу теплоти (або внутрішньої енергії) за умови безпосереднього стикання і прилягання тіл (або частин одного тіла) з різною температурою.

До прикладу – передача теплоти через стінку будівлі від її внутрішньої поверхні, яка контактує з теплим внутрішнім повітрям, до зовнішньої, яка омивається холодним повітрям узимку, або нагрівання ложки у склянці з гарячим чаєм. Теплота самочинно переноситься лише в бік зменшення температури, тому вектор теплового потоку буде спрямований в бік меншої температури.

Тепловим потоком Q називають кількість теплоти, яка переноситься через одиницю поверхні в одиницю часу.

Конвекцією називається процес передачі теплоти за рахунок переміщення речовини у просторі. Конвекція має місце у газах або рідинах, які рухаються. Так, конвекцією передається теплота у склянці з рідиною, яка має різні температури рідини по висоті склянки. Так само буде передаватись теплота від теплого повітря над нагрівальним опалювальним приладом до більш холодного повітря в інших місцях приміщення. Переміщення теплого повітря здійснюється при цьому за рахунок різниці ваги теплого і холодного повітря у приміщенні (гравітаційної сили).

Але необхідно пам'ятати, що крім теплопровідності і конвекції у газах та інших речовинах (робочих тілах), які не так і важко уявити як сукупність урухомлених молекул, існує ще й такий спосіб передачі теплоти, як теплове випромінювання.

Теплове випромінювання — це явище переносу теплоти у вигляді електромагнітних хвиль з подвійним взаємним перетворенням у самому робочому тілі — перетворенням теплової внутрішньої енергії у променеву, і навпаки.

Генерування теплоти випромінюванням пояснюється таким: у будь-якому нагрітому тілі рух електронів та іонів зумовлює зміну електричних полів, які спричинюють виникнення електромагнітних хвиль у просторі. Теплове або інфрачервоне випромінювання має довжину хвилі 0,76 ...750 мкм і знаходиться між видимим світлом (0,4...0,76 мкм) і радіохвилями (до 20 тис. м).

Передача теплоти інфрачервоним випромінюванням здійснюється будь-яким нагрітим тілом. Поверхня тіла людини також бере участь у такому процесі. При цьому відбуваються двосторонні процеси — теплота може як відводитись від поверхні тіла людини до тіл з меншою температурою, так і підводитись — від тіл з температурою, більшою за нормальну температуру поверхні тіла людини. Інтенсивність випромінювання залежить від температури тіла і його фізичних характеристик.

Зазначені вище елементарні види передачі теплоти насправді не відокремлені і у чистому вигляді трапляються рідко. Здебільшого один вид теплообміну супроводжується іншим. Наприклад, передача теплоти від гарячої води в опалювальному пристрої до повітря приміщення через стінку корпусу нагрівального пристрою здійснюється теплопровідністю, конвекцією та випромінюванням і називається *теплопередачею*.

Одиниці вимірювання теплоти. В міру того, як протягом XIX століття теорія незнищуваної рідини — теплороду витіснялась, зв'язок між енергією і теплотою стає більш зрозумілим. Значний внесок у з'ясування та обґрунтування цього зв'язку зробив французький фізик Саді Карно, але, на жаль, у той час його праці залишилися непоміченими фізичним співтовариством. У 1927 р., майже через

100 років після смерті С. Карно, видано його повний науковий доробок, зокрема опубліковано записник ученого, який зберігав брат видатного фізика. Наукові праці С. Карно свідчать, що вже на початку 20-х років XIX століття вчений визначив механічний еквівалент теплоти. Проте трактат Карно свого часу відмовилися друкувати і визначена вченим величина не стала відомою людству.

Теорія залишається мертвою, доки гіпотези є лише словами, їхній зміст не подано мовою цифр, формул або дослідів. У 1873 р. Д. Джоуль продемонстрував, що рідину можна нагріти розмішуючи, витративши 427 кГм роботи на 1 ккал одержаної теплоти. Проте завершеного вигляду законові еквівалентності теплоти і роботи надав Р. Клаузис, який сформулював цей закон як перший закон термодинаміки. Якби С. Карно зміг опублікувати свої результати вчасно, то цей закон став би відомим на п'ятдесят років раніше.

Отже, за одиницю роботи і теплоти прийнято 1 Джоуль (1 Дж). Тому одиницею потужності буде 1 Дж / с = 1 Вт. У техніці широко застосовують позасистемну одиницю вимірювання теплоти — *калорію.* 1 кал = 4,187 Дж, або 1 ккал = 4,187 кДж.

Робота 1кВт за годину (1 кВт · год) відповідає 860 ккал (тепловий еквівалент кіловат-години). Отже, ввімкнена електрична праска потужністю 1 кВт протягом години виділятиме близько 860 ккал / год теплоти.

Годинна кількість теплоти — 1ккал / год еквівалентна 1,16 Дж / с (Вт), а 1 Вт відповідає 0,857 ккал / год.

Ккал / год і кВт є одиницями вимірювання потужності і теплового потоку — кількості теплоти, віднесеної до одиниці часу.

1000 Вт = 10^3 Вт = 1 кВт, а 1000000 кал = 10^6 кал =1 Мкал,

1000000 ккал / год = 10^6 ккал / год = 1 Гкал / год, а

1000 кВт · год = 10^3 кВт · год = 1 МВт · год = 0,001 ГВт · год. При цьому використовуємо кратні приставки *кіло (к), Мега (М) і Гіга (Г).*

Для ототожнення вказаних величин із зрозумілими і відомими явищами з повсякденного життя варто запам'ятати, що 1 ккал теплоти — це величина, яка еквівалентна енергії, необхідній для зміни температури (нагрівання або охолодження) 1 кг води на один градус. Цю величину називають *теплоємністю* тіла. Отже, теплоємність води становить 1 ккал / кг · град.

Людина також витрачає і поглинає енергію для забезпечення своєї життєдіяльності, що пов'язане із відчуттям теплового комфорту. Так, у стані спокою, лежачи, доросла людина витрачає (виділяє) близько 41 Вт теплоти на 1м^2 поверхні тіла (35 ккал / год · м^2), сидячи — 58 Вт / м^2 (50 ккал / год · м^2), за умови виконання домашньої роботи – 116...198 Вт / м^2 (100...170 ккал / год · м^2), а під час гри у футбол – до 516 Вт / м^2 (444 ккал / год · м^2).

Енергетичні витрати студентом під час прослуховування лекцій оцінюються у 75...85 Вт / м^2 (64...73 ккал / год · м^2), а за умови, якщо на лекції студент спить, то ми повертаємось знову до величини 41.... 45 Вт / м^2.

Зазначені вище енергетичні витрати можна компенсувати споживанням їжі, енергетичну цінність якої спеціалісти оцінюють у теплових одиницях. Енергетичний баланс в організмі має місце за умови тотожності енергетичних витрат, з однієї

сторони, і енергетичних надходжень з харчовими продуктами — з іншої. Щоб мати можливість порівняти енергетичні витрати з енергетичною цінністю продуктів і усвідомити поняття кілокалорії подаємо табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Енергетична цінність харчових продуктів

Назва харчового продукту	Енергетична цінність, кал / 100 г	Назва харчового продукту	Енергетична цінність, кал / 100 г
Хліб пшеничний	239	Молоко пряжене	84
Хліб столовий подовий	206	Сметана 20 % жирності	206
Хліб житній формовий	181	Сир жирний	232
Булка здобна	337	Свинина жирна	491
Печиво здобне	458	Телятина	97
Сушка ванільна	377	Риба (судак)	84
Мед натуральний	314	Капуста квашена	19
Цукор пісок	362	Огірки	14
Кава смажена у зернах	223	Салат	17
Чай чорний	99	Картопля	80
Цукерки шоколадні	569	Горіхи грецькі	648
Торт з кремом	533	Фундук	704
Курага, ізюм, чорнослив	242...260	Банан	89
Масло вершкове	748	Яблуко	45
Олія оливкова	898	Смородина чорна	38

Таким чином, ми ознайомились з основними поняттями та історією розвитку науки про теплоту. Розуміння розглянутих питань дасть змогу краще орієнтуватись у виборі найбільш ефективних заходів з енергозбереження в системах опалення, вентиляції і гарячого водопостачання будівель.

2.2 Закон збереження і перетворення енергії та його використання

Становлення закону збереження енергії відбувалось тривалий час і супроводжувалось значними інтелектуальними зусиллями. Боротьба (саме так, боротьба, і вкрай важка) за утвердження цього закону відбувалася з неодмінною участю вічного двигуна (perpetuum mobile) — пристрою, який, за мріями його невгамовних розробників, виконував би роботу без споживання енергії ззовні.

В історії іноді спостерігаються парадоксальні ситуації, коли те, що взагалі не існує, чинить вплив на вельми реальні події. Вічний двигун саме і є цікавим прикладом такого впливу.

Відомий учений М. Планк писав: «... пошуки perpetuum mobile мали для фізики таке ж важливе значення, яке мали для хімії спроби штучного отримання золота, хоча в обох випадках наука скористалася не позитивними, а негативними результатами відповідних дослідів». Як-то кажуть, негативний результат — це також результат.

Край спробам винайти вічний двигун поклало відкриття закону збереження і перетворення енергії. Закон збереження і перетворення енергії виявився настільки незаперечним, що Паризька академія наук, одна із найавторитетніших наукових установ світу, ще в 1755 р. постановила залишати без розгляду всі заяви і пропозиції, що стосуються вічного двигуна.

Формування уявлення про загальний закон збереження, який керує всіма формами руху матерії, почалося дуже давно. Вже в античних авторів можна знайти думку про незнищуваність не лише матерії, але і її руху.

Важливий внесок у відкриття закону здійснив М. Ломоносов, який був противником теорії теплороду та відстоював думку, що теплота пов'язана з рухом частинок речовини. З цього випливало, що формулювання закону про збереження руху розповсюджується і на тепловий рух. Закон збереження енергії не міг утвердитись, поки теорія теплороду не була відкинута; поки вона існувала, не можливо було пояснити перехід механічної роботи в тепло.

Вирішити цю задачу вдалося лише в XIX столітті. Першими були С. Карно, Р. Майер і Д. Джоуль. Саме їхні роботи остаточно утвердили закон збереження енергії.

Великий А. Ейнштейн в одній зі своїх праць[18] відзначив таку дивну річ, що майже всі фундаментальні роботи щодо природи теплоти були зроблені не фізиками-професіоналами, а людьми, які розглядали фізику як своє улюблене заняття.

Не стала винятком у цьому сенсі й ідея закону збереження і перетворення енергії. Лікар Р. Майєр, пивовар Д. Джоуль, лікар Г. Гельмгольц — ось ті три особистості, за якими історія науки назавжди закріпила славу відкривачів закону збереження і перетворення енергії. Різними шляхами йшли вони до утвердження закону. Р. Майєр, почавши з медичного спостереження, відразу розглядав його як глибокий всеосяжний закон і розкривав ланцюги енергетичних перетворень, що йшли від космосу до живого організму. Д. Джоуль, проводячи безліч складних експериментів, наполегливо вимірював кількісне співвідношення теплоти і механічної роботи. Г. Гельмгольц сформулював закон у точних поняттях, надав йому математичного вираження, а в подальшому розглядав його дієвість у всіх розділах фізики.

Окрім Майєра, Джоуля і Гельмгольца обґрунтуванням закону збереження сили і вимірюваннями механічного еквівалента теплоти займалася ціла низка інших дослідників. Проте вся ця гігантська хвиля інтелектуальних зусиль не привертала уваги маститих фізиків. Різкий перелом у фізичній науці стався на початку другої половини XIX століття, і він збігся з часом введення поняття енергії.

Закон збереження і перетворення енергії знайшов застосування в різних галузях техніки та виробництва. Наприклад, біля багатьох гідроелектростанцій побудовано так звані гідроакумулюючі станції. У період, коли споживання електроенергії незначне, вода з основної водойми не зливається через греблю, а продовжує обертати лопаті турбін, з'єднаних з генераторами. Вироблений електричний струм приводить в дію електричні двигуни насосів, які закачують воду у водойми, розміщені вище від рівня основної. У період збільшеного

[18] Эйнштейн А., Инфельд Л. Эволюция физики. – М.: Наука, 1965. – С. 44.

споживання струму вода з цієї водойми обертає турбіни і виробляє додаткову енергію. Таким чином, кінетична енергія води, що падає, перетворюється в потенціальну енергію води в акумулюючій водоймі, яка потім знову перетворюється в кінетичну енергію падаючої води.

2.3 Енергетичні ресурси

Виробництвом, перетворенням і використанням різних форм енергії займається галузь народного господарства, яку називають енергетикою.

Відповідно, галузь енергетики, у якій одержання, перетворення, транспортування і використання теплової енергії відбуваються за рахунок спалювання органічного палива, називають теплоенергетикою.

Гідроенергетика займається перетворенням гідроенергії на електричну енергію.

Відкриття способів використання енергії атомного ядра сприяло виникненню нової галузі енергетики — атомної або ядерної енергетики.

Питаннями використання енергії вітру займається вітроенергетика, а енергетичні технології, що ґрунтуються на використанні енергії Сонця, належать до геліоенергетики.

Різноманіття форм існування енергії та властивість їх взаємоперетворення дає можливість використовувати для виробництва і споживання енергії різні енергоресурси та енергоносії.

2.3.1 Класифікація енергетичних ресурсів.

Енергетичні ресурси (джерела енергії) — це матеріальні об'єкти, в яких зосереджено енергію, придатну для практичного використання. Енергетичні ресурси класифікують за різними ознаками.

Наприклад, енергоресурси поділяють на *первинні* та *вторинні*.

Первинні енергоресурси — це ті ресурси, які люди отримують з природних джерел з метою подальшого перетворення в інші форми або для безпосереднього використання. Часто первинні ресурси не можуть бути використані безпосередньо, а мають бути вилучені та підготовлені для подальшого споживання. До первинних енергоресурсів належать сира нафта, природний газ, вугілля, горючі сланці, ядерна енергія, гідроенергія, геотермальна, сонячна, вітрова енергія тощо.

Вторинні енергетичні ресурси — це енергетичний потенціал продукції, відходів, який утворюється в технологічних агрегатах і може бути частково або повністю використаний для енергопостачання інших агрегатів.

До вторинних енергетичних ресурсів відносять газоподібні, рідкі або тверді суміші — відходи технологічних процесів, температура яких вища за температуру навколишнього середовища (тепла вода від систем охолодження устаткування, пара, вентиляційне повітря). Їх можна використовувати для подачі тепла в будинки, обігрівання теплиць тощо.

Вторинні енергетичні ресурси також можна класифікувати як горючі, теплові та надмірного тиску.

Горючі вторинні енергетичні ресурси — це горючі гази і відходи одного виробництва, які можуть бути застосовані у вигляді палива в інших виробництвах (доменний газ металургійних виробництв; тріска, стружка як відходи деревообробної промисловості тощо).

Вторинні енергетичні ресурси надмірного тиску — це потенційна енергія газів, води, пари, що виходять з установки з підвищеним тиском і які ще можуть бути використані перед викидом їх в атмосферу. Основний напрям використання таких вторинних ресурсів — отримання електричної або механічної енергії.

Теплові вторинні енергетичні ресурси — це фізична теплота газів як основної та побічної продукції виробництва; теплота попелу і шлаків; теплота гарячої води і пари, відпрацьованих в технологічних установках; теплота робочих тіл систем охолоджування технологічних установок. Теплові вторинні енергетичні ресурси можуть використовуватися як безпосередньо у вигляді теплоти, так і для окремого або комбінованого вироблення теплоти, холоду, електроенергії в установках утилізації.

Залежно від можливості відновлення енергетичні ресурси поділяються на *непоновлювані* та *поновлювані.*

Непоновлювані енергетичні ресурси — природні енергетичні ресурси, які утворилися в результаті геологічного розвитку Землі та інших природних процесів і які не поповнюються (вичерпуються) в нинішню геологічну епоху. До непоновлюваних ресурсів належать нафта, газ, вугілля тощо.

Поновлювані енергетичні ресурси — природні енергетичні ресурси, які постійно поповнюються у результаті природних процесів. Прикладами поновлюваних енергетичних ресурсів є енергія сонця, вітру, тепла землі, природного руху водних потоків тощо.

Крім терміна «енергетичні ресурси», в чинному законодавстві використовується термін *«паливо»*. Під паливом традиційно розуміють горючі речовини, що використовуються з метою отримання у процесі їх спалювання теплової енергії.

Різні види палива під час спалювання одиниці об'єму або маси виділяють різну кількість теплоти. Для зручності зіставлення різних видів енергоресурсів і можливості розрахунків витрата різних видів палива порівнюється з витратою так званого умовного палива (у. п.). У країнах Співдружності Незалежних Держав (СНД), у т.ч. і в Україні, за *умовне прийняте таке паливо, під час згоряння 1 кг якого виділяється 7000 ккал енергії, що відповідає теплоті згоряння висококалорійного кам'яного вугілля* (тому часто використовують назву «вугільний еквівалент»).

У країнах ЄС, США та ін. еквівалентом є паливо, під час згоряння якого виділяється 10000 ккал, що відповідає теплоті згоряння нафти, тому це — нафтовий еквівалент (н. е). Для приведення умовного палива (вугільного еквіваленту) в нафтовий еквівалент (згідно з теплотою згоряння вугілля та нафти) коефіцієнт перерахунку дорівнюватиме 1,43. Для отримання цього коефіцієнту потрібно 10000 поділити на 7000.

2.3.2 Непоновлювані джерела енергії.

До непоновлюваних енергетичних ресурсів належать органічне паливо (вугілля, нафта, природний газ тощо) та ядерне паливо.

Вугілля — це рештки стародавніх дерев і рослин, які росли в заболочених джунглях, у теплому вологому кліматі сотні мільйонів років тому. Ці дерева і рослини з часом потрапили в болото. Під впливом бактерій деревина розкладалась. З неї випарувалися гази і утворилась чорна суміш, що здебільшого містила вуглець. З часом під тиском бруду і піску рідина з суміші видаляється, а в'язка маса твердне, перетворюючись на вугілля. Цей процес від початку і до кінця охоплює тисячі років. Але перші його стадії, під час яких утворюється торф, можна спостерігати і зараз, наприклад у болотах північних штатів США та Канади, таких як Велике Похмуре Болото у Вірджинії. У цих болотах рослини знаходяться в процесі розкладання, виділяючи велику кількість вуглецю. Через декілька років таким чином утворюється коричнева змішана маса гілок і листя. Це і є торф. Коли воду викачати з такого болота, торф можна розрізати на шматки, розкладати для просушування і спалювати. Сушка необхідна, оскільки торф у ґрунті на три чверті складається з води. В Ірландії, де торфу багато, а вугілля дороге, більше половини фермерів користується торфом як паливом.

Решта видів вугілля — це похідні від торфу. Якщо торф залишити там, де він утворився, він поступово перетворюється на лігніт, або буре вугілля. Воно твердіше, ніж торф, але все одно достатньо м'яке і кришиться під час перевезення на великі відстані.

Ще один вид вугілля — це бітумне, або м'яке вугілля. Воно утворюється в землі з лігніту за хімічних змін і під тиском упродовж тисячі років. Це найважливіший зразок виду вугілля. Воно легко горить і трапляється у великих кількостях.

Якщо бітумне вугілля знаходиться в землі і піддається достатньому тиску, воно поступово перетворюється на тверде вугілля, або антрацит. Антрацит має вищий відсоток вуглецю, ніж решта видів вугілля, він горить майже без диму і довше, ніж бітумне вугілля.

Україна належить до першої десятки провідних країн світу за покладами вугілля. Станом на початок 2009 р. розвідані запаси вугілля в Україні становили 117,3 млрд т, з них промислові запаси на діючих шахтах — 6,5 млрд т, 3,5 млрд т із яких — енергетичне вугілля. Крім цього, Україна має 8,5 млрд т запасів бурого вугілля. У структурі балансових запасів України представлені всі марки вугілля — від бурого до антрациту. В цілому запаси вугілля в Україні становлять 95,4 % загального обсягу запасів органічного палива. Найбільші поклади вугілля зосереджено у Донецькій, Луганській та Дніпропетровській областях.

Природний газ утворився в той самий час, що і *нафта*. Коли осадові породи стиснули рештки стародавніх тварин, вони перетворилися на нафту і газ, помістившись у просторі між шарами осадових порід. Шари, що містять газ і нафту, були зчеплені відкладами піску і гірських порід. З часом нафта, яка була важча, перемістилася вниз, а газ скупчився над нею. От чому під час буріння першим знаходять газ, а потім — нафту.

Спочатку люди не здогадувались про корисні властивості газу. Під час видобування нафти його просто випускали або спалювали. Але сьогодні, за постійних нафтових криз, видобування природного газу набуло особливого значення. Тому видобувають як нафту, так і газ.

Переваги органічного палива: висока питома теплота згоряння; придатність до безпосереднього використання в енергетиці вугілля, нафти і газу.

Недоліки: під час використання органічне паливо сильно забруднює атмосферу, створює парниковий ефект, спричинює кислотні дощі тощо.

Запаси природного газу і його видобуток в Україні зосереджені головним чином у Східному нафтогазоносному регіоні. Запаси цього регіону становлять 1227,0 млрд м^3, або 83 % усіх запасів. Слід зазначити, що запаси природного газу зосереджені на 219 родовищах суші; на сімох родовищах шельфу Чорного моря; на трьох родовищах Азовського моря. Видобуток природного газу на морських родовищах незначний – близько одного млрд м^3.

Запаси українських родовищ газу значною мірою відпрацьовані. Вони зосереджені в основному на середніх і дрібних родовищах (65,0 % загальних запасів). Найбільш значним по запасах і видобутку є Шебелинське родовище (відпрацьоване на 88 %). Основна маса газових запасів Західного (86,8 %) і Південного (89,3 %) регіонів припадає на глибину до 3 км, тоді як запаси Східного регіону (64,3 %) містяться на глибині 3...5 км, а 14,3 % — на глибині понад 5 км. На даний час велика частина родовищ виснажена до 80 % і більше.

Основними районами покладів і видобутку нафти є три нафтогазоносних регіони: Східний, Західний і Південний.

Балансові запаси нафти, що видобуваються в Україні, зосереджено на 123 родовищах обсягом 152,7 млн т і 35,6 млн т, забалансові запаси становлять 81,0 млн т. Перспективні ресурси – 146,7 млн т, прогнозні – 712,8 млн т. Родовища нафти в Україні належать до розряду дрібних, і лише Бугреватське (Сумська область) і Глинсько-Розбишевське (Полтавська область) по запасах є середніми. Найбільш значними по видобутку є Анастасьєвське (19,9 % видобутку України), Долинське (7,2 %), Коржевське (9,6 %), Бегреватське (8,7 %) і Талалаєвське (7,1 %) щодо загального видобутку. У Західному регіоні 20,2 млн т запасів нафти (35,8 %) містяться на глибині 4...5 км. Майже половина запасів Східного регіону зосереджена на глибині 3...4 км.

Ступінь освоєння початкових видобувних ресурсів вуглеводнів України становить 40,9 %, а в акваторіях — лише 3,9 %.

Таким чином, Україна має значний потенціал збільшення видобутку власних органічних паливно-енергетичних ресурсів. Розрахунки свідчать, що Україна може забезпечити свої потреби власним видобутком нафти на 25...35 % та газу на 50...60 %. Однак реалізації цього потенціалу перешкоджають складні геологічні умови прогнозованих запасів вуглеводнів, а відтак і потреба у значних інвестиціях для їх освоєння.

Сьогодні рівень використання власних запасів нафти та газу становить 15...25 % річного об'єму їх використання. Тобто на 75...85 % Україна залежить від імпорту нафти та газу, що загрожує енергетичній безпеці держави.

Ядерне паливо — речовина, яка використовується в ядерних реакторах атомних станцій (АЕС) для отримання енергії.

Ядерним паливом для сучасних ядерних реакторів є уран — метал, що міститься у рудних покладах. Уран має сірий колір, він належить до важких металів.

Природний уран складається з трьох ізотопів: уран-233, уран-235 та уран-238. При цьому вміст ізотопів дуже різний: на 140 частин урану-238 припадає одна частина урану-235 і незначна кількість урану-233. Ланцюгова ядерна реакція, в результаті якої виділяється енергія, є реакцією поділу ядра урану-235 у результаті потрапляння в нього нейтрона. Ядро розпадається на дві частини, які називаються уламками поділу, з одночасним виділенням 2 або 3 нейтронів, які, у свою чергу, можуть спричинювати поділ наступних ядер (тому ця реакція і має назву ланцюгова). Оскільки у природному урані мало урану-235, для застосування у ядерних реакторах природний уран збагачують за вмістом ураном-235.

Іноді кажуть, що ядерно паливо згоряє в ядерному реакторі. Проте горить воно не у звичайному розумінні цього слова. Під час згоряння ядерного палива в ядерному реакторі немає ні полум'я, ні диму. Як ми вже зазначали, у реакторі відбувається ядерна реакції поділу ядер урану-235, що супроводжується виділенням енергії. Цей фізичний процес за аналогією з традиційними процесами отримання енергії із органічного палива у певному сенсі можна називати горінням.

Серед непоновлюваних джерел енергії ядерна є «наймолодшою». Її використання було почато в 50-ті роки XX століття, проте вже сьогодні вона відіграє істотну роль у забезпеченні провідних країн світу електричною енергією. Найбільший в світі парк атомних електростанцій з понад сотнею енергоблоків загальною потужністю близько 100 Гвт належить США. АЕС забезпечують виробництво 20 % електроенергії країни. Світовим лідером з використання АЕС є Франція. Її 59 атомних станцій загальною потужністю 70 ГВт виробляють майже 80 % всієї електроенергії. У Великій Британії та Бельгії на АЕС виробляється близько 60 % електроенергії, у Японії — 35 %. Потреби в урані неухильно ростуть. Запасів урану-235 у розвіданих на сьогодні родовищах вистачить лише на 50...100 років.

В Україні працюють чотири атомні електростанції (Запорізька, Хмельницька Південноукраїнська та Рівненська), які виробляють понад 40 % електроенергії країни. Як стверджують фахівці, Україна входить в десятку країн світу за кількістю покладів уранової руди. Найбільш перспективні уранові родовища знаходяться в Дніпропетровській, Миколаївській і Кіровоградській областях

Переваги використання ядерного палива: незалежність від місця залягання сировини; невелика площа використання; немає забруднення атмосфери (за відсутності протікань); велика теплоутворювальна здатність урану (один кілограм урану-235 виділяє в мільйон разів більше енергії, ніж виділяється під час згоряння одного кілограма вугілля).

Недоліки: утворення радіоактивних відходів та проблеми їх утилізації; радіоактивне забруднення води для охолодження, відсутність в Україні власних систем збагачення урану; дороге будівництво АЕС та виведення їх з експлуатації; загроза використання ядерної зброї; радіофобія (важкі наслідки аварії на Чорнобильській АЕС 1986 р.).

2.3.3 Поновлювані джерела енергії.

Навряд чи хто буде сперечатись з великим Д. Менделєєвим, який висловив думку, що спалювати нафту — все одно, що топити піч асигнаціями. Адже викопні

вуглеводні — це заповітний скарб, подарований нам природою. Запаси нафти, газу, вугілля та горючих сланців — за всієї їх колосальності — кінцеві. Ще сто, двісті, триста років, і вони все одно закінчаться, тоді майбутні покоління землян будуть вимушені нарікати на недбалість і недалекоглядність нас з вами — їхніх предків.

Що ж робити у такій ситуації?

На щастя, у людства є практично невичерпне джерело енергії — Сонце. За двадцять днів Земля отримує у вигляді сонячного випромінювання стільки ж енергії, скільки її зберігається у всіх запасах викопного палива на планеті. (Фактично, вугілля, нафта і природний газ — теж енергія Сонця, лише непоновлювана). А є енергія поновлювана. І надії на життя у майбутньому пов'язані саме з нею — з сонячною енергією в «чистому» і перетвореному вигляді, а також з енергією земних надр і термоядерних реакцій.

Енергія вітру, річок, океанських хвиль, морських течій, біомаси тощо — це все енергія нашого Сонця, лише в різних «упаковках».

Тож роздивимось ці яскраві «упаковки».

1. Деревина. Дерева — це поновлюване джерело енергії, але ліс поновлюється поволі, а деревина споживається швидко. Подорожуючи земною кулею з півночі на південь, можна помітити, що кількість спалюваної деревини, з метою використання її енергії, різко зростає. Наприклад, у Північній Америці на паливо витрачається лише десята частина деревини, що вирубується, в Європі — вже 30 %, а в Латинській Америці, Африці та Азії ця цифра коливається у межах 75...90 %.

За площею лісів Україна з лісовим фондом в 15,7 % території посідає восьме місце в Європі. Потенціал деревини, що може бути використаний для енергетичних цілей, становить 2 млн т у. п. На сьогодні Україна споживає близько 1 млн т у. п. / рік у вигляді деревного палива, яке застосовується для опалення приватних будинків та використовується на підприємствах лісової й деревообробної галузей.

Фахівці-екологи вважають, що збереження сьогоднішніх темпів вирубки лісів, навіть з урахуванням підростаючих насаджень, призведе до знищення лісових запасів через 150 років. Ліс називають зеленими легенями Землі, адже він збагачує повітря таким необхідним для життя киснем, очищує повітря від пилу та бруду, зменшує швидкість різких вітрів. Від наявності лісу залежать рівень води в річках та рясний урожай на полях. Тому треба розглядати інші альтернативи поновлюваних джерел енергії.

2. Гідроенергетика. Цій молодій галузі енергетики трохи більш як сто років. Гідроелектростанцією (ГЕС) називають гідротехнічну споруду, призначену для перетворення енергії потоку води на електричну.

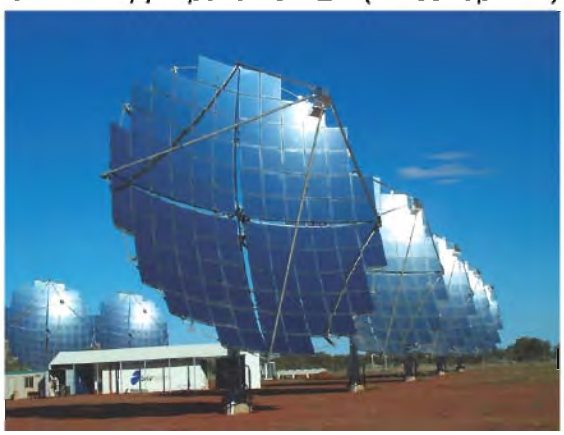
Складовими частинами ГЕС є гребля, яка затримує воду у водосховищі, гідротурбіна та електричний генератор. Енергія води, що падає з висоти понад 200 м на лопаті турбіни в електричному генераторі, перетворюється на електричну енергію. Крім ГЕС, будують гідроакумулюючі електростанції (ГАЕС), які вночі нагромаджують електроенергію, що виробляють інші електростанції, а в час «пік» віддають її.

Перша в світі гідроелектростанція запрацювала у США на річці Фокс у 1882 р. З тих пір частка енергії, що вироблена у гідроенергетиці, постійно зростає. У всьому світі побудовано велику кількість гідроелектростанцій, які виробляють до 5 % загального обсягу електроенергії, причому в деяких країнах частка електрики, виробленої на гідроелектростанціях, значно вища.

Європейські країни використовують в середньому 60 % потенціалу своїх річок. А ось Норвегія отримує від гідроелектростанцій 99 % своєї електроенергії. Японія володіє всього чвертю потенціалу гідроресурсів Азії, проте виробляє в два рази більше гідроелектричної енергії, ніж решта всіх азіатських країн разом узятих. А в Африці використовується всього 5 % потенціалу гідроенергії.

В енергетичному комплексі України гідроелектростанції посідають третє місце після теплових та атомних. Сумарна встановлена потужність ГЕС України нині перевищує 8 % загальної потужності об'єднаної енергетичної системи країни.

Могутнім джерелом гідроенергії є річка Дніпро. На Дніпрі побудовано каскад з 6 гідроелектростанцій: Київська, Канівська, Кременчуцька, Дніпродзержинська, Дніпровська та Каховська Найбільша з них — Дніпровська ГЕС (м. Запоріжжя) потужністю 1500 МВт.



Переваги гідроенергетики – не забруднюється атмосфера; відсутня потреба у викопних видах палива. Недоліки: затоплюється великий простір; руйнуються флора і фауна; відчужуються родючі землі; зникають цінні породи риб.

3. Геліоенергетика. У науковій фантастиці ще навіть у XX столітті досить часто описувались геліостанції, що переробляють енергію

сонячного випромінювання. Сьогодні геліоустановки стали повсякденною реальністю. Сонячні батареї дають струм на космічних станціях. У різних країнах побудовано багато будинків, на дахах яких встановлено сонячні батареї.

Геліостанції мають незаперечні переваги: вони екологічно чисті, працюють безшумно тощо. Але є й недоліки: станції займають великі площі, а вихід енергії є непостійним. Тому будівництво їх більш виправдано в південних країнах — у місцевостях з максимальною кількістю сонячних днів у році.

Сонячна енергія не має собі рівних за екологічністю і ресурсною базою. Матеріалом для виготовлення сонячних батарей є кремній, що є одним з найпоширеніших елементів земної кори (становить майже 30 % маси земної кори). Один кілограм кремнію у фотоелектричній станції за 30 років виробляє електричну енергію, для виробництва якої на тепловій електростанції потрібно 75 т нафти. Тому кремній називають нафтою XXI століття.

«Паливом» для сонячних батарей є безкоштовні сонячні промені, а не дорога і така, що забруднює атмосферу, вуглеводнева сировина (вугілля, нафта, газ) чи небезпечне паливо атомних електростанцій. Ще одна перевага сонячних фотоелектричних батарей – вони є екологічно чистими та безшумними під час виробництва електроенергії.

Річний технічно-досяжний енергетичний потенціал сонячної енергії в Україні є еквівалентним 6 млн т у. п., його використання дасть можливість заощадити близько 5 млрд м^3 природного газу.

Недоліками сонячної енергетики на базі фотоелектричних комірок є такі: низький коефіцієнт корисної дії (10 %); циклічність надходження енергії; великі витрати на перетворення і акумулювання енергії; використання великої площі для розміщення геліоприймачів.

Ясного сонячного дня один м^2 батареї кремнієвих фотоелектричних елементів може виробити до 40 Вт електричної енергії. Для повного забезпечення електроспоживання одного будинку в період активного споживання енергії потужність її джерела повинна становити 2....3 кВт. Отже, площа поверхні сонячних панелей має становити 50...75 м^2. З урахуванням циклічності надходження сонячної енергії і необхідності влаштування вартісних систем її акумуляції загальна вартість такого джерела енергії в Україні становитиме до 25...30 тис. дол. США. Ціна лише самих фотоелектричних комірок коливається на сьогодні у межах 4 дол. США / Вт, але вірогідність зменшення ціни в міру оптимізації процесу їх виготовлення і збільшення випуску продукції, є досить високою.

Термін окупності таких пристроїв експерти оцінюють в 50...100 років. Значно доступнішим і менш вартісним є використання сонячних рідинних колекторів прямого нагрівання або на базі вакуумних трубок для нагрівання води, наприклад у системі гарячого водопостачання.

За деякими даними[19], лише у Польщі з 2004 по 2005 рр. було встановлено понад 35 тис. м^2 рідинних колекторів (частину із них виготовлено аматорським способом з мідних трубок, покритих чорною фарбою).

[19] Даковскі М., Вянцковскі С. Про енергетику для споживачів та скептиків. — Львів, 2007.

4. Вітрова енергетика. Джерело вітроенергетики — сонце, оскільки воно є відповідальним за утворення вітру. Атмосфера Землі вбирає сонячну радіацію нерівномірно через неоднорідності її поверхні та різний кут падіння світла в різних широтах у різні пори року. Повітря розширюється та підіймається вгору, утворюючи потоки. Там, де повітря нагрівається більше, ці потоки підіймаються вище та зосереджуються у зонах низького тиску, а більш холодне повітря підіймається не так високо, створюючи зони високого тиску. Різниця атмосферного тиску змушує повітря рухатися від зони високого тиску до зони низького тиску з пропорційною швидкістю. Цей рух повітря і є тим, що ми називаємо вітром.

Упродовж року на планету надходить сонячної енергії в 15 тис. разів більше від обсягів нинішнього споживання всіма країнами світу. На енергію вітру перетворюється близько 2...3 % енергії сонячного випромінювання, а отже, ресурси енергії вітру на Землі приблизно у 50 разів більші за сумарні енергетичні потреби людства.

В останні роки енергія вітру дедалі ширше використовується для одержання електроенергії. Будуються вітряки великої потужності і встановлюються на місцевості, де дмуть часті й сильні вітри. Кількість і якість таких двигунів зростає щорічно, налагоджене їх серійне виробництво.

Станом на кінець 2007 р. загальна потужність встановлених вітрових турбін у світі становила 94,1 ГВт. Хоча отримана від енергії вітру електрична енергія становить лише 1 % обсягу споживання електричної енергії у світі, у деяких країнах її частка є набагато більшою: у Данії — приблизно 19 %; в Іспанії та Португалії — 9 %; у Німеччині та Ірландії – 6 %. У глобальному вимірі виробництво електричної енергії на основі енергії вітру з 2000 р. до 2007 р. зросло в 5 разів.

В Україні вітроенергетика на даний час є найбільш розвиненим видом відновлюваних енергоджерел. Піонером будівництва вітроелектростанцій (ВЕС) у нашій країні був видатний український учений та інженер, один з основоположників космонавтики Юрій Кондратюк. Побудована ним у 1931 році поблизу Севастополя ВЕС потужністю 100 КВт забезпечувала струмом міську мережу понад 10 років. Сьогодні вітрові електростанції працюють в Криму, Приазов'ї, Карпатському регіоні.

Наявні в Україні потужності вітрових електростанцій перевищують 51 МВт, а з моменту, коли запрацювала перша вітчизняна вітрова електростанція, вироблено більш як 80 млн кВт · год електроенергії.

За оцінками фахівців, загальна потенційна потужність української вітроенергетики становить 5000 МВт. Підраховано, що за нинішнього рівня розвитку вітроенергетики спорудження у «вітряних» регіонах України вітрових електро-

станцій уможливило б покрити ледь не третину потреби електроенергії, яку ми споживаємо.

Річний технічно-досяжний енергетичний потенціал енергії вітру в Україні є еквівалентним 15 млн т у. п. За його використання можна заощадити понад 13 млрд м^3 природного газу.

Переваги вітроенергетики: використання відновлювальної енергії, зменшення шкідливих викидів у атмосферу, запобігання нагромадженню парникових газів і відсутність впливу на тепловий баланс атмосфери Землі.

Недоліки: недостатньо велика одинична потужність агрегатів; великі площі використання території (на 1 км^2 відкритої неурбанізованої території за межами заповідників, лісів і місцевості із значними рельєфними перешкодами можна встановити систему вітряків загальною потужністю не більш як 2...3 МВт і з середнім часом використання встановленої потужності на рівні 1500 год за рік); псування ландшафту; нерівномірність вироблення енергії, неекономічність (за швидкості вітру 7,2 м / с, собівартість вироблення 1 кВт · год енергії становить 4,8 цента, а за швидкості 8,1 м / с — 3,6 цента); джерело шуму (безпосередньо біля вітрогенератора рівень шуму становить близько 100 децибел (дб), що можна порівняти з шумом турбін реактивного двигуна на відстані 250 м); залежність від сили вітру; необхідність акумулювання енергії та створення дублюючих потужностей. Генератори струму можуть працювати в середньому на рівні 25 % встановленої потужності, а тривалість їхньої роботи становить в середньому 1500....5000 год за рік (загальна кількість годин у році — 8760).

Економічно ефективними системи вітроенергетики стають за умови швидкості вітру більше близько 5 м за секунду і достатньо великій тривалості періоду часу з такою швидкістю вітру. Згідно з кліматологічними даними на території України до районів із середньою річною швидкістю вітру, більшою за 5 м / с, належать Крим (для Євпаторії — 6,2 м / с, у районі Керчі — 5,8 м / с) , Одеська область (до 6,2 м / с), Херсонська область (близько 5,8 м / с), Донецька і Дніпропетровська (до 5,9 м / с), Луганська — 5,4 м / с.

Довговічність сучасних вітрових систем – близько 20 років, вартість встановлення 1 кВт потужності на сьогодні становить близько 1000 дол. США. Економічний ефект від впровадження таких систем, на жаль, дещо знижує тривалий період повернення капіталовкладень. Залежно від встановленої потужності він може тривати від 15 до 30 років. Найдовший термін повернення інвестицій мають вітрові електростанції дуже малих встановлених потужностей. Найвигіднішим споживачем енергії, яку отримують нерегулярно, повинна стати загальнонаціональна енергетична мережа.

5. Припливна енергетика. Вода в морях та океанах знаходиться в постійному русі, її рівень то піднімається, то падає. Коли рівень води піднімається — це приплив, коли рівень падає, це відплив. Припливи і відпливи бувають двічі на день.

Припливи спричинені тим, що Місяць і Сонце притягують морську воду на Землі. Сила їх тяжіння піднімає воду, Земля ж знаходиться в стійкішому стані. Саме тому припливи бувають лише на зовнішніх морях і в океанах.

Якщо спостерігається одночасне тяжіння з боку і Сонця, і Місяця, відбувається дуже великий приплив з великими повенями і невеликим відпливом. Якщо, навпаки, Сонце і Місяць притягують порізно, відбувається невеликий приплив, тоді різниця між високим і низьким рівнями води є невеликою.

Енергію припливів використовують у припливних електростанціях. Коли вода піднімається, її зливають у спеціальні резервуари. Коли настає відплив, то вода виливається в море по трубах і крутить встановлені на її шляху турбіни.

Переваги припливної енергетики: використання мінімальної площі поверхні на суші; не забруднюється атмосфера; безкоштовне джерело.

Недоліки: небезпечно для судноплавства; в морі займає досить великий простір.

Інші альтернативні джерела енергії.

Уже давно в світі існують енергетичні станції, що використовують перепад температур океанської води. Тепла океанська вода випаровує рідину з низькою температурою кипіння — наприклад аміак, — пари цієї рідини обертають турбіну, потім охолоджуються холодною океанською водою, що накачується з глибин, і знову перетворюються на рідину.

Дві такі станції — кожна потужністю 50 кВт — працюють поблизу узбережжя острова Гаваї; 120-кіловатна станція дає струм на острові Науру.

А ще є електростанції, що працюють на метані, отриманому з відходів. Одна така станція в американському штаті Род-айленд має потужність 10 МВт, а всього в США працює вже більш як сто метанових електростанцій.

У Південній Америці на спеціальних «енергетичних фермах» вирощують цукровий очерет, який потім переробляють у спирт: у Бразилії майже 80 % автомобілів використовують його як паливо.

Один з принципів, на яких повинне ґрунтуватися майбутнє суспільство, — це перехід від економіки, що передбачає використання вуглецю, до економіки, що ґрунтується на енергії водню та сонця.

Водень — найчистіше паливо завтрашнього дня — отримують багатьма способами: його можна отримувати з природного газу, легкої нафти або мазуту, можна розкладати воду на водень та кисень за допомогою електричного струму, мікроорганізмів або ферментів.

Якщо говорити про прогнози в енергетичній галузі, то більшість фахівців у різних країнах світу вважають, що XXI століття не буде століттям «чогось одного» — енергії вітру, або сонця, або водню. Це буде століття різноманітних способів використання енергії. Як і раніше, широко використовуватимуться нафта, вугілля і природний газ; від атомної енергії людство теж не зможе відмовитися, але водночас дедалі більше місце в нашому житті займатиме енергія альтернативна. За деякими прогнозами до середини XXI століття альтернативна енергетика даватиме майже половину світових енергетичних ресурсів.

2.3.4 Використання місцевих видів палива в Україні.

Отримання енергії з місцевих видів палива (відходів деревини, тирси, тріски, дров, лушпиння насіння соняшника, стебла соняшника та кукурудзи, соломи

тощо) є однією із найбільш динамічних галузей, які швидко розвиваються в багатьох країнах світу. Цьому сприяють як великий енергетичний потенціал таких палив, так і їх відновлюваний характер. Крім того, гроші, які платять енергогенерувальні підприємства за місцеву сировину, залишаються в регіоні та сприяють його економічному розвитку. Разом зі зменшенням споживання традиційних енергоносіїв (і насамперед – природного газу) зникає залежність від їх імпорту, що сприяє покращенню енергетичної безпеки країн.

За використання місцевих видів палива для отримання теплової енергії потрібно брати до уваги таке:

1) насамперед треба використовувати найпоширеніші в регіоні види палива, які мають найбільший потенціал на теперішній час і в перспективі (для цього необхідно провести відповідні дослідження та визначити потенційних постачальників);
2) недостатньо велика величина теплоти згоряння місцевих видів палива (нижча за теплоту згоряння природного газу або нафтового рідкого палива у 3...4 рази, див. табл. 2.2) призводить до їх неконкурентноздатності при транспортуванні на великі відстані, тому місцеві види палива найбільш доцільно використовувати локально, а саме у системах теплопостачання в сільській місцевості та малих містечках;
3) кількісна величина сільськогосподарських відходів для енергетичних потреб залежить від урожайності і щороку може коливатися;
4) надійність, безпека, ефективність і економічність систем теплопостачання залежать від якості палива, надійності його постачання, умов транспортування і зберігання;
5) екологічний аспект впровадження — більшість видів місцевого палива належать до твердого палива із значною попільністю, досить великим вмістом сірки. Суттєві проблеми виникають у ході організації процесу спалювання такого палива, а також при очищенні та утилізації викидів в атмосферу продуктів згоряння, що містять значну кількість забруднювальних речовин. Такі шкідливі інгредієнти викидів у атмосферу утворюються як у самому процесі горіння, так і у процесі підготовки палива до використання.

Згідно з експертними оцінками та виходячи з офіційних статистичних даних, загальний потенціал біомаси в Україні становить близько 50 млн т у. п., технічно досяжний — 36 млн т у. п., економічно доцільний — 27 млн т у. п.

Україна має сприятливі умови для вирощування сільськогосподарських культур (рапсу, сої, кукурудзи, соняшників та ін.) в якості сировини для виробництва біопалива. За умови відведення під рапс 10 % сільськогосподарських земель та врожайності 25 ц / га країна може щорічно вирощувати до 8,5 млн т рапсового насіння, переробка якого забезпечує вихід близько 3 млн т біопалива щорічно. Це на 60 % може забезпечити нинішню щорічну потребу країни у дизельному пальному.

На думку деяких фахівців, повноцінному розвиткові ринку біопалива можуть стати на заваді енергоємні технології його виробництва.

Таблиця 2.2

Середня калорійність палив

Паливо	Значення, ккал / кг	Примітки
Відходи деревини	2200...2900	Залежно від вмісту вологи та виду деревини
Торф	2000...2500	
Лушпиння насіння соняшника	3400...3800	Залежно від попільності та вологості
Лушпиння з гречки	~ 4000	
Солома	3200...3800	Залежно від виду зернових

Деревина є дешевим місцевим видом палива. Вартість деревини та відходів у перерахуванні на одиницю енергії (Гкал) істотно менша від вартості природного газу, отже, менше й вартість виробленої теплової енергії.

Деревні види палив у великих кількостях наявні у лісових господарствах, деревообробній та меблевій промисловості, а також у будівництві.

Особливої уваги для використання як паливо заслуговує деревна тріска, ошурки й стружки. Тріска — подрібнені уздовж волокон шматочки деревини розміром до 50 мм, отримані зі стовбурів дерев, пнів і гілок. Ошурки й стружки — дрібні часточки деревини розміром до 5 мм, отримані при струганні, пилянні й т.д.

Під відходами деревини розуміють удруге використовувану деревину, що раніше застосовувалась з неенергетичною метою. До повторно використовуваної деревини можна віднести відходи будівництва й реконструкції будинків, дверні й віконні рами, дерев'яні контейнери й піддони, шпали, меблі. Така деревина значно відрізняється за розміром й подрібнюється перед спалюванням.

Для підприємств комунального сектора найбільш доступними паливами з умовно нульовою вартістю є деревні відходи під час будівництва й реконструкції житла, тріска, одержувана з дерев і гілок у процесі планових чисток міських насаджень, а також деревні відходи, які вивозяться на міські полігони твердих побутових відходів.

Слід зазначити, що для виробництва теплоти можна також використати змішані палива, наприклад деревина та лузга (лушпиння), деревина та торф, деревина та вугілля.

До місцевих видів палива можна віднести й геотермальні ресурси, їх теплоенергетичний потенціал в Україні сягає 441 млн Гкал / рік.

За використання існуючих технологій, обладнання та бурових свердловин в Україні можуть бути збудовані геотермальні установки загальною тепловою потужністю 12,4 тис. МВт, електричною — 414 МВт. Експлуатація цих установок дасть змогу генерувати 51,14 млн МВт · год / рік теплоти та 2,36 млн МВт · год / рік електроенергії. При цьому буде економитись 7,78 млн т умовного палива на рік, що зменшить імпорт в Україну паливно-енергетичних ресурсів на 7,3 %, а також знизить на 16,96 млн т / рік викиди CO_2.

Найбільш значні запаси цього первинного енергоджерела знаходяться на територіях Кримського півострова, в Закарпатті та деяких областях Дніпровсько-Донецької западини.

Для виробництва електроенергії у різних регіонах України використовується енергія малих річок. Річні обсяги виробництва електроенергії за використання технічно-досяжного потенціалу малих річок України оцінюються на рівні 8,3 млрд кВт · год / рік, що дасть змогу отримати економію органічного палива в обсягах, еквівалентних 3 млн т у. п., або 2,6 млрд м^3 природного газу.

2.4 Коротка історія енергокористування. Зростання енергоспоживання як одна з умов розвитку суспільства

У багатьох підручниках та посібниках з енергозбереження розглядаються п'ять етапів, упродовж яких відбувалось освоєння енергії.

Перший етап — етап м'язової енергії людини (до V...VII століття нашої ери); другий (VII...XVII століття) пов'язаний з початком використання енергії вітру та води; під час третього етапу (з XVIII до початку XX століття) значного розвитку досягла теплоенергетика, четвертий етап (з початку XX століття) став «золотим століттям»[20] електричної енергії та п'ятий етап пов'язаний з освоєнням та використанням атомної енергії.

Наведемо деякі цікаві факти з історії використання енергії.

Сонце і деревина були єдиним джерелом енергії упродовж декількох тисячоліть. Інші джерела енергії почали використовуватися лише 5000 років тому.

Вітер вважається першим джерелом енергії, яке людина використовувала для пересування. Люди почали будувати човни і парусні вітрильники, які використовували силу вітру. Приблизно 2500 років тому було побудовані перші вітрові і водяні млини, за допомогою яких мололи пшеницю. Пізніше люди використовували силу вітру для того, щоб викачувати з річок воду та пиляти деревину.

Згодом навчились використовувати різні джерела енергії.

Єгиптяни першими почали спалювати мінеральну олію для освітлення.

Американські індійці спалювали вугілля для того, щоб обпалювати посуд з глини.

Стародавні китайці викачували природний газ з неглибоких колодязів, де вони видобували сіль.

Приблизно в той самий час люди почали використовувати геотермальну енергію. Вони закачували воду з теплих джерел у свої будинки та використовували її для обігріву.

Проте навіть ще в XVII столітті сонце і деревина були переважними джерелами енергії. Варто сказати, що у деяких країнах вони залишаються єдиними енергоджерелами і сьогодні.

В Європі деревину широко використовували, поки вона була дешевою. Але вже у XVI столітті було втрачено багато лісів, дрова стали дорогими і їх почали заміняти вугіллям.

[20] Маляренко В.А., Немировский И.А. Энергосбережение и энергетический аудит: Учебное пособие / под ред. проф. Маляренко В.А. – Харьков : ХНАГХ, 2008. – 253 с.

До середини XX століття вугілля було найважливішим серед інших енергоносіїв. Згодом пальму першості у вугілля відібрали нафта і природний газ.

Нафта також відома здавна. Ще до нашої ери нафту використовували в Індії для освітлення і як паливо. Її додавали при виготовленні цегли, нею просочували кошики та днища кораблів.

Виливи нафти у природних умовах на земну поверхню траплялися нечасто. В історії людства були випадки її видобутку за допомогою звичайних колодязів, але цей спосіб одержання нафти не можна вважати масовим. Нафти було небагато, затрати на її видобуток — значними, а використання — обмеженим. Ситуація змінилася, коли людина навчилася видобувати нафту зі свердловин. Спочатку це робилося у досить зручних місцях суші, потім — у більш віддалених, бо людина навчилася транспортувати нафту за допомогою різних видів транспорту — водного, сухопутного та трубопровідного. Розвідавши в надрах морських просторів нафтові родовища, людство зуміло розв'язати низку непростих технічних проблем, а саме — видобувати нафту з морських надр і доставляти її на сушу.

Енергія є основою життя суспільства, прогресивний розвиток якого пов'язаний з невпинним зростанням енергоспоживання. Оволодіння енергією сприяло революційним змінам. Доступність дешевої енергії є однією з причин високого рівня життя. До певної міри існує прямий зв'язок між матеріальним добробутом суспільства і енергоспоживанням. Адже людство так влаштовано, що не може не споживати енергію в зростаючих масштабах. Нам усім потрібно готувати їжу, пересуватися з місця на місце, обігрівати житло. Повинні працювати численні заводи і фабрики. Все це вимагає великих витрат енергії.

За XX століття використання енергії на планеті збільшилося приблизно в 15 разів, а чисельність населення світу зросла більш як у тричі. Таким чином, споживання енергії на душу населення зросло в 4 рази. Енергоспоживання зростатиме і далі, оскільки населення світу теж збільшуватиметься. За даними багатьох інформаційних джерел, споживання енергії за останні роки збільшувалось, подвоюючись кожні 30 років.

Науково-технічний прогрес, підвищення комфортності життя і пов'язане з ним зростання енергоспоживання — об'єктивні речі. Але це зовсім не означає, що вони мають досягатися будь-якою ціною. Ми всі разом можемо почати з найпростішого рішення: навчитися використовувати енергію, що знаходиться в нашому розпорядженні, настільки ефективно і безпечно відносно навколишнього середовища, наскільки це можливо.

2. 5 Динаміка споживання енергії і прогнози зростання енергоспоживання. Енергетичний баланс виробництва і споживання енергії

Енергоспоживання — це кількість енергії, яку споживає об'єкт за одиницю часу.

Розрізняють енергоспоживання:

— у живому світі (наприклад, енергоспоживання людини);

— у техніці (наприклад, енергоспоживання пристрою, установки тощо);
— енергоспоживання територіальне — регіону, країни;
— глобальне енергоспоживання (енергоспоживання людства).

Сучасне енергоспоживання.

Мінімум енергії, необхідний для підтримки життєдіяльності людини (у первісному і сучасному світі), дорівнює 12,6 МДж на день або 4,18 $\cdot 10^3$ МДж на рік, що еквівалентно енергії, яка виділяється під час спалювання 125 кг нафти. У зв'язку з підвищенням вимог людей до комфорту на початку XX століття споживання енергії перевищило біологічно необхідний рівень у 5,5 раза, у 1980 р. — в 13,3 раза, а на початку XXI століття — в 23...25 разів.

У середньому одна людина на рік споживає енергію 2,2 т умовного палива. У США споживання енергії однією людиною дорівнює 12 т у. п., у Німеччині — 6, а в країнах Африки — 0,1 т у. п., що на 40 % менше мінімуму енергії для підтримки життєдіяльності людини.

Темпи приросту використання геоенергетичних ресурсів становлять 3...4 % на рік. Приріст у 4 % означає збільшення їх кількості за 30 років утричі, а за 100 років — в 50 разів, тобто приріст використання енергоресурсів випереджує приріст числа землян.

На початку XXI сторіччя на Землі щорічно споживається понад 14 млрд т у. п. енергії. За прогнозом Всесвітньої Енергетичної Ради і Міжнародного інституту прикладного системного аналізу (WEC/IIASA), у 2020 р. глобальне енергоспоживання людства становитиме 19,4 млрд т у. п.

Аналіз енергетичного балансу виробництва і споживання енергії свідчить (див. табл. 2.3), що виробництво енергії в світі зростає. В 1997 р. воно становило 13 млрд т у. п. У 2004 р. — близько 14 млрд т у. п. За прогнозами з урахуванням тенденції до енергозбереження, до 2050 р. виробництво енергії в світі зросте до 21,5 млрд т у. п.

Основними складовими виробленої енергії зараз є традиційні непоновлювані джерела — вугілля, нафта, природний газ. Їхня частка становить близько 82 %. Світові запаси непоновлюваних енергоресурсів досить обмежені. Особливо це стосується нафти та газу. Обмеженими є навіть ресурси ядерного палива (див. табл. 2.4). Інші енергоресурси: атомна енергія — близько 7 %; традиційні поновлювані джерела енергії — близько 10 % (це гідроенергія великих потоків — 3 %, біомаса у вигляді дров — 7 %); нові відновлювані джерела енергії — близько 1 % (вітрова, сонячна, геотермальна, енергія біомаси — за винятком дров). Аналіз прогнозованого співвідношення джерел свідчить, що частка поновлюваних джерел енергії, починаючи з нинішніх часів, буде інтенсивно зростати за рахунок нових джерел енергії, і насамперед за рахунок енергії біомаси – 22 % (див. рис. 2.1).

Таблиця 2.3

Енергетичний баланс виробництва та споживання енергії в світі[21]

Показники	Світове виробництво енергії в світі							
	1974		1986		1997		2004	
	млрд т у. п.	%	млрд т у. п.	%	млрд т у. п.	%	млрд т у. п.	%
Загальне виробництво,	8,54	100	10,94	100	13,00	100	14,00	100
у тому числі: тверде паливо	2,12	24,80	2,97	27,10	3,28	25,20	3,40	24,30
нафта	4,16	48,80	4,29	39,20	4,85	37,30	5,00	35,70
природний газ	1,45	17,00	2,10	19,20	2,82	21,70	3,23	23,10
ядерна енергія	0,10	1,20	0,59	5,40	0,88	6,80	1,05	7,50
гідроенергія	0,18	2,10	0,25	2,30	0,32	2,50	0,40	2,80
геотермічна енергія	0,01	0,01	0,03	0,30	0,05	0,30	0,07	0,50
енергія біомаси	0,51	6,10	0,71	6,50	0,80	6,20	0,85	6,10
Населення, млрд осіб	3,847		4,923		5,821		6,365	
Використання, т у. п. / люд.	2,16		2,20		2,23		2,20	
Емісія CO_2, т / люд.	4,03		3,89		3,92		3,95	

Таблиця 2.4

Світові запаси непоновлюваних енергоресурсів і прогнозні строки їх вичерпання[22]

Паливо	Розвідані запаси, млрд т у. п.	Потенційні запаси (розвідані та прогнозні) млрд т у. п.	Строк вичерпання, років	
			розвіданих	прогнозних
Вугілля	867	4862	200	1120
Нафта	196	286	36	53
Природний газ	155	315	36	73
Ядерне паливо	53	239	40	210
Усього	**1271**	**5702**		

21 Джерело: http://www.ndipvt.org.ua/konf2/2/1.htm
22 Джерело: Там само.

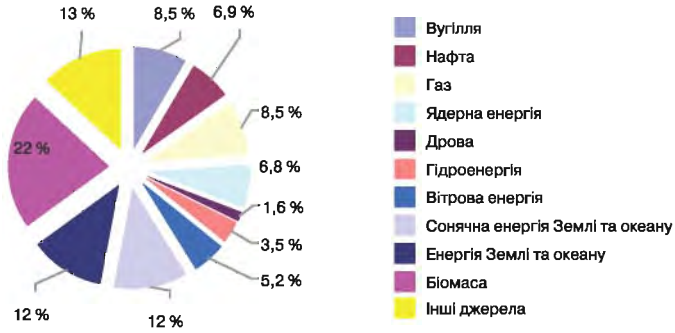


Рисунок 2.1 — Прогнозоване співвідношення джерел енергії у світовому енергоспоживанні[23]

Розподіл поновлюваних ресурсів в енергоспоживанні України подано у табл. 2.5.

Таблиця 2.5

Структура поновлюваних джерел енергії в енергоспоживанні України[24]

Вид паливно-енергетичних ресурсів	Од. виміру	Роки				
		1990	1995	2000	2005	2010
Загальна потреба в енергоносіях	млн т у. п. / %	308,2/100	187,8/100	250,8/100	268,4/100	273/100
Поновлювальні джерела енергії	млн т у. п. / %	5,052/1,64	4,418/2,35	7,735/3,1	17,03/6,3	41,872/15,3
усього традиційні:	млн т у. п.	4,852	4,168	5,5	6,04	9,64
у тому числі: гідроенергія	млн т у. п.	3,852	3,168	4,5	5,04	8,64
дрова	млн т у. п.	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
нетрадиційні	млн т у. п.	0,2	0,250	2,235	11,263	32,232

2.6 Глобальна проблема раціонального розвитку енергетики та її зв'язок з екологією

У третьому тисячолітті людство зіткнулося з надзвичайно гострими проблемами, які дістали назву «глобальні» і під якими розуміють сукупність суперечливих процесів, що є змістом сучасної кризи світової цивілізації. Глобальні проблеми створюють загрозу нормальному розвиткові і навіть існуванню цілих країн, потребують спільних зусиль задля відвернення цих катастрофічних наслідків, тобто мають всеохопний, планетарний, глобальний характер. До глобальних належать,

[23] Джерело: http://www.ndipvt.org.ua/konf2/2/1.htm
[24] Там само.

наприклад, проблеми, що виникають у сфері взаємодії природи і суспільства. Як приклад можна назвати проблему надійного забезпечення людства енергією, проблему раціонального природокористування, проблему збереження навколишнього середовища тощо.

На жаль, упродовж тисячоліть людина посилено втручалася в природу, не дбаючи про підтримку в ній рівноваги. Особливо ускладнилися відносини суспільства і природи в XX столітті, коли в процесі науково-технічної революції різко зріс антропогенний вплив на навколишнє середовище. Через різке збільшення кількості населення, інтенсивну індустріалізацію та урбанізацію на планеті господарські навантаження почали перевищувати здатність екологічних систем до самоочищення і відновлення.

Оскільки розвиток виробництва нерозривно пов'язаний з експлуатацією природних ресурсів, то в економічних і технічних рішеннях мають враховуватися і екологічні аспекти. Особливо гострою на цьому тлі є проблема раціонального розвитку енергетики.

Сьогодні споживання поновлюваних і непоновлюваних ресурсів досягло величезних масштабів, зростає високими темпами, і тому реально постає загроза їх вичерпання. У XX столітті з 1970 р. до 1995 р. спожито майже 35 % усіх природних ресурсів планети, а з 90-х років швидкість їх виснаження збільшилася до 3 % на рік.

Прогнозується, що енерговиробництво зростатиме високими темпами впродовж найближчих 75 років до досягнення енергетикою теплового бар'єра, а потім залишиться на такому ж самому рівні. За такої умови всі види використовуваного палива будуть вичерпані через 100...200 років, з огляду запасів, які прогнозуються на сьогоднішній день. Виникла ситуація, коли досить гостро виявляється суперечність між потребами суспільства в енергетичних та інших непоновлюваних природних ресурсах і можливостями природи задовольнити ці потреби.

Розв'язання цих проблем вимагає впровадження ресурсозберігальних технологій, регенерації вторинних ресурсів.

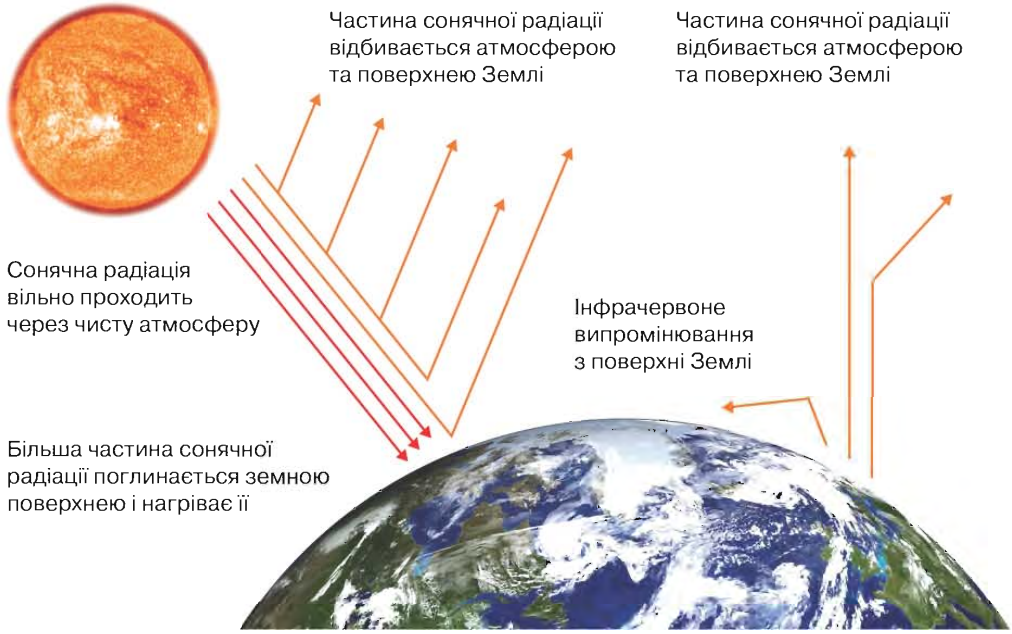
У сучасній структурі енергобалансу світової енергетики переважають вуглеводневі енергоносії — нафта та газ. Їх використання руйнує і забруднює землю, водні ресурси й повітря.

Непоновлювані джерела енергії, що знаходяться в землі, містять велику кількість вуглецю. Використання енергії з цих джерел, що отримана шляхом спалювання, призводить до викидів вуглецю в атмосферу у вигляді вуглекислого газу. Зростання концентрації вуглекислого газу в атмосфері спричинює «парниковий ефект», який, на думку багатьох учених, є серйозною загрозою людству.

2.7 Парниковий ефект та його наслідки

Температура довкілля є одним з найважливіших чинників існування життя на нашій Планеті. Стабільність температури на поверхні Землі забезпечують здебільшого випромінювання Сонця та парниковий ефект.

Явище парникового ефекту полягає в тому, що після відбиття від поверхні Землі частина сонячної енергії не цілком розсіюється в космічному просторі, а утримується парниковими газами, що входять до складу атмосфери Землі.



Теоретичне обґрунтування парникового ефекту дав французький учений Фур'є ще в 1827 р.: атмосфера пропускає короткохвильове сонячне випромінювання, але затримує відбите Землею довгохвильове теплове випромінювання. Саме завдяки цьому температура біля поверхні Землі підвищується. Без парникового ефекту вона не перевищувала б –18 ^{0}C, що означало б відсутність умов для життя, бо вода на земній поверхні існувала би лише у вигляді льоду.

Парниковий ефект спричинюється водяною парою, вуглекислим газом, метаном, закисом азоту і рештою інших газів, концентрація яких в атмосфері незначна. Звичайно, парниковий ефект існував з тих пір, як у Землі з'явилася атмосфера. Інша справа — посилення парникового ефекту через те, що людство почало спалювати вуглеводневе паливо та викидати вуглекислий газ, що мільйони років вилучався з атмосфери рослинами і «зберігався» у вигляді викопного палива (вугілля, нафти, природного газу). Індустріалізація призвела до збільшення використання цих видів палива. Під час спалювання вугілля, нафти та газу вуглекислий газ викидається у великій кількості. Причиною 45 % викидів CO_2 є транспорт і виробництво електроенергії та тепла. За оцінками вчених, за останні 200 років концентрація CO_2 в атмосфері збільшилася на 26 %. Це — найвищий рівень за всю історію людства.

Різкий викид вуглекислого газу — свого роду хімічний поштовх кліматичній системі. Спостереження за середньорічною температурою на Землі, що ведуться

упродовж багатьох років, виявили яскраво виражену тенденцію до її підвищення. Людству загрожує *глобальне потепління*.

Свій небезпечний внесок у явище глобального потепління робить і метан. Причинами збільшення його концентрації в атмосфері Землі є вирощування рису, утилізація відходів, видобування вугілля, тваринництво, видобування та транспортування природного газу тощо.

За прогнозами вчених, упродовж XXI століття середньорічна температура може підвищитись на 2...5 ^{0}С. Причому цей процес не буде відбуватися рівномірно. В певних регіонах температура може змінюватися швидше, в інших — повільніше. Наслідком цього буде зміна циркуляції вітрів і перерозподіл опадів. Це, у свою чергу, призведе до збільшення вологості в одних регіонах і посух в інших. Зміни температури, кількості опадів і рівня моря позначаться на життєдіяльності людей. Особливо істотним вплив глобального потепління буде в прибережних зонах. Деякі з них просто зникнуть. Значно зросте ерозія ґрунту, почастішають паводки, затоплення узбережжя, збільшиться кількість надмірно зволожених земель. У сільському господарстві зросте необхідність в іригаційних заходах, зміниться врожайність і якісний склад культур, а це, у свою чергу, позначиться на тваринництві.

Але нещодавно вчені виявили нову проблему. Глобальне потепління наносить шкоду одному з процесів, який регулює температуру Землі. Лід відбиває енергію сонця назад у космос і це сприяє охолоджуванню Землі. Під час танення залишається менше льоду, який відбиває сонячні промені, океани поглинають більше тепла, і ефект охолоджування послаблюється. У міру того, як дедалі більше льоду тане, на Землю потрапляє дедалі більше тепла, яке розтоплює ще більше льоду. Виникає своєрідне замкнене коло.

Відбивальна здатність поверхні відома під назвою альбедо. Альбедо арктичного льоду дорівнює 80 %, темного моря — близько 20 %. Покрита снігом земля відбивала б 80 % сонячного світла, земля без льоду поглинала б велику її частину. Десь між цими крайнощами є точка перелому, після досягнення якої не вистачатиме льоду, щоб нейтралізувати тепло, що поглинається більш темними океанами. Глобальна температура швидко підвищуватиметься, залишки льоду розтануть і рівень моря підніметься. Після низки теплих років крижаний шар починає скорочуватися на 10 %, 20 %, 30 %, таким чином, наближається ситуація, коли дедалі важче повернутися назад.

Вияви глобального потепління та зміни клімату ми спостерігаємо вже сьогодні. Рівень води в океанах піднявся на 10...25 см. За останніх півстоліття товщина льодовиків в середньому зменшилася на 40 %. І в світі, і в Україні спостерігається різке посилення частоти і сили екстремальних погодних явищ: повеней, посух, сильної спеки, різких перепадів погоди, тайфунів тощо.

У серпні 2010 р., коли ми пишемо цю книгу, небачені досі високі позначки показали градусники вже в 16 країнах світу. Найвищих показників цього літа градусні стовпчики досягали на величезному просторі від Фінляндії до Кіпру, якщо йти з півночі на південь, і від Колумбії до Соломонових островів — із заходу на схід. У сусідній Росії температура досягла пікового значення у +44 ^{0}С. В Україні температура +40 ^{0}С теж вже нікого не дивує.

В інших країнах люди потерпають від повеней. Зливи викликали повені в Центральній Європі. У зоні лиха — Польща, Чехія і Німеччина. У Пакистані у липні цього року від повені загинуло щонайменше 1500 людей, тисячі мешканців втратили дах над головою. Всього постраждало від повені близько мільйона пакистанців. Причиною повені стали мусонні дощі, які були охарактеризовані як найбільш сильні за останні 80 років. За даними метеорологічної служби Пакистану, за 36 годин випало 300 мм опадів. Повінню було зруйновано принаймні 45 мостів і змито більш як 15 тисяч будинків.

Зміни клімату негативно впливають на діяльність різних галузей господарства і життя людей. У деяких тропічних районах тропічні циклони знищують врожаї культур на величезних площах. Рибальство теж сильно залежить від коливань клімату. Зміна клімату позначається на розвитку транспорту, споживанні енергії і т.д.

Природний парниковий ефект на Землі підтримується завдяки віковому балансу між викидами парникових газів і утриманням їх поглиначами. Найбільшими поглиначами CO_2, частка якого становить близько 70 % викидів парникових газів, є океан і наземна біомаса. Таким чином, зменшення вирубки і додаткове насадження лісів можуть значною мірою знизити антропогенний тиск на клімат Землі. Крім того, зменшення викидів парникових газів за рахунок впровадження екологічно чистих технологій, підвищення ефективності використання енергоресурсів, а також застосування альтернативних (поновлюваних) джерел енергії може істотно вплинути на тенденцію зміни клімату.

Таким чином, парниковий ефект є природним явищем, яке позитивно впливає на рослинний і тваринний світ та життя людей. Але для підтримання життя на Землі необхідний правильний баланс між поглинанням та випромінюванням енергії. Збільшуючи викиди парникових газів в атмосферу, люди порушують баланс, що склався впродовж століть.

2.8 Підвищення енергоефективності — вимога часу

Останнім часом питання підвищення енергоефективності набули особливої актуальності як в Україні, так і у багатьох країнах світу. Вони пов'язані з забезпеченням енергетичної безпеки, сталого економічного зростання, конкурентоспроможності національного виробництва. За таких умов загальнодержавна концепція управління енерговикористанням та ефективного енерговиробництва повинна стати домінуючою.

Але в Україні, не зважаючи на заявлений пріоритет політики підвищення енергоефективності, її практичні результати є ще досить скромними. В цьому контексті досвід європейських країн, які досягли значних успіхів у підвищенні енергоефективності, може стати корисним і для України (табл. 2.6).

Таблиця 2.6

Деякі показники ефективності енергоспоживання у країнах світу (2001 р.)[25]

Країна	ВВП, $ млрд	Спожито палива, млн т н. е.	Населення, млн осіб	Енергоємність ВВП, т н. е. / $1000	Споживання енергії на душу населення, т н. е. / осіб
Велика Британія	1 293,48	235,16	59,79	0,18	4,00
Албанія	10,84	1,71	3,16	0,16	0,54
Данія	138,08	19,78	5,36	0,14	3,69
Франція	1 394,53	265,57	60,91	0,19	4,36
Німеччина	1 922,03	351,09	82,34	0,18	4,26
Італія	1 287,40	172,00	57,93	0,13	2,97
Норвегія	123,59	26,61	4,51	0,22	5,90
Іспанія	739,50	127,38	40,27	0,17	3,16
Швеція	215,55	51,05	8,90	0,24	5,74
Країни ОЕСР	24 803,26	5 332,81	1 138,52	0,22	4,68
Світ	42 374	10 029,1	6 102,56	0,24	1,64
Україна	196,12	141,58	49,09	0,72	2,88

Україна має більшу в 2,5 раза енергоємність внутрішнього валового продукту (ВВП) порівняно з індустріальними країнами світу.

Серед головних чинників низької енергоефективності в Україні можна назвати:

- застаріле та зношене технологічне обладнання,
- значні витрати енергії під час транспортування,
- значну частку в структурі ВВП енергоємних виробництв,
- неекономне використання енергоресурсів в усіх сферах господарського комплексу держави та населенням.

Так, порівняно з Україною в структурі ВВП розвинутих країн більшу частку займає сектор послуг, який є менш енергоємним на відміну від промислового виробництва та будівництва.

В Україні складова виробництва послуг у ВВП значно менша, ніж складова виробництва товарів в промисловості, будівництві тощо.

На відміну від промисловості європейських країн, які приділяють значну увагу впровадженню енергозберігальних технологій і витрачають на це величезні кошти, в нашій країні зношеність основних фондів підприємств сягає 60 %, а з них морально застарілі майже 95 %. Внаслідок дуже низьких темпів оновлення цих фондів промисловість має високу енергоємність.

[25] За даними IEA (Internasonal Energy Agency).

Питоме енергоспоживання на одиницю виробленої продукції в Україні вище у 15 разів, ніж у Японії, у 10 разів — ніж у Франції, у 5...6 разів — ніж у США.

На 1 долар США продукції в Японії витрачається 0,13 кг нафтового еквіваленту, у Франції – 0,19; у Південній Кореї — 0,3, у США – 0,35, а в Україні — близько 2 кг н. е. Це знову ж таки свідчить про низьку енергоефективність українського виробництва та значні можливості нашої країни у царині енергозбереження.

Слід зазначити, що здійснення необхідних заходів з раціоналізації енерговикористання потребує значно менших коштів, ніж уведення в дію нових генерувальних потужностей. При цих заходах може бути забезпечено зниження потреб в енергоресурсах не менш як на 10...15 %.

Тому енергозбереження в Україні повинно стати завданням національного масштабу на практиці. Лише за цих умов можна досягти високих темпів повсюдного впровадження енергозберігальних заходів у країні.

Запитання та завдання для самоперевірки до розділу 2

1. Що таке енергія?
2. Наведіть приклади форм енергії та видів енергії.
3. Сформулюйте закон перетворення та збереження енергії.
4. Що таке енергетичні ресурси (джерела енергії)?
5. Наведіть переваги та недоліки непоновлюваних джерел енергії.
6. Охарактеризуйте потенціал непоновлюваних джерел в Україні.
7. Опишіть переваги та недоліки поновлювальних джерел енергії.
8. Чим вигідне використання місцевих видів палива?
9. Що таке енергоспоживання?
10. Як енергоспоживання пов'язано з розвитком економіки та екологією?
11. У чому полягає небезпека парникового ефекту?
12. Наведіть основні чинники низької енергоефективності в Україні.

РОЗДІЛ 3
КОМУНАЛЬНА ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКА ТА ПРОБЛЕМИ ТЕПЛОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

3.1 Житлово-комунальне господарство України: структура та особливості функціонування

Житлово-комунальне господарство (ЖКГ) – складна і багатогалузева інженерна система підприємств міського господарства, що охоплює більш як 20 видів діяльності. У ЖКГ функціонує більше 5 тис. підприємств та організацій, де працює понад 5 % працездатного населення країни. Частка вартості основних фондів галузі сягає 25 % усієї вартості необоротних активів народного господарства України.

Житлово-комунальне господарство виконує важливу соціально-економічну функцію, надаючи мешканцям послуги, які створюють комфортні умови для життя населення. Передумовою ефективного функціонування житлово-комунального господарства є технічно грамотна експлуатація інфраструктури галузі – об'єктів водопостачання та водовідведення, теплопостачальних підприємств, житлових організацій, міськелектротранспорту, ремонтно-будівельних комплексів, споруд благоустрою населених пунктів, зеленого та шляхового господарства тощо.

Для виробничо-господарської діяльності ЖКГ характерною є низка специфічних особливостей: організаційна побудова за територіальною і галузевою ознакою, подвійне підпорядкування, соціальний відгук на результати діяльності, нерівномірність попиту та ін. Все це визначає житлово-комунальне господарство як складну багатоелементну динамічну організаційно-економічну систему.

Особливості ЖКГ обумовлюють своєрідність і специфіку його діяльності, яка надзвичайно багатогранна: це експлуатація житлового фонду; теплоенергетика; газове господарство; водопостачання; очищення стічних вод; міське освітлення; електричний транспорт; готельне господарство; зелене будівництво; озеленення; експлуатація ліфтового господарства тощо.

Житлово-комунальне господарство здійснює свою діяльність у межах населених пунктів. При цьому підприємства галузі становлять єдиний комплекс інфраструктури міста. Інженерні споруди й виробничі потужності кожного підприємства житлово-комунального господарства залежать від розмірів і типу населених пунктів. Мережі водопостачання і каналізації, газопостачання і теплопостачання, маршрути міського транспорту зазвичай відображають містобудівну схему планування міста.

Як і вся господарська галузь, ЖКГ в цілому і кожне підприємство зокрема розвиваються на основі галузевих, регіональних і місцевих стратегічних і поточних програм. Сьогодні активно проводиться реформування житлово-комунальної галузі: відбувається реструктуризація підприємств, втілюються в життя нові форми управління комунальною власністю тощо. Це потребує розробки та впровадження таких сучасних підходів, способів і методів організації виробництва на підприємствах міського господарства, які б давали можливість надавати споживачам конкурентноспроможні послуги.

У житлово-комунальному господарстві споживається левова частка енергії, що виробляється в Україні. Приблизно четверта частина палива, що спалюється, витрачається для теплопостачання житлових будинків і громадських будівель — на опалення та гаряче водопостачання (рис. 3.1).

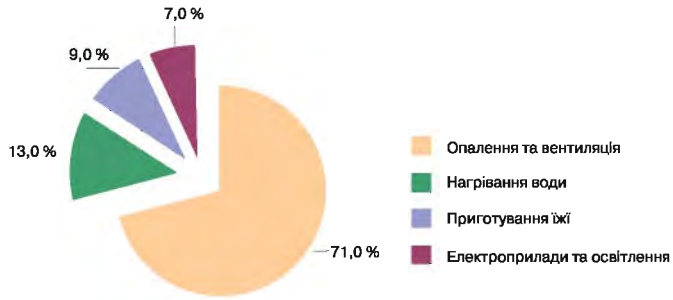


Рисунок 3.1 — Структура споживання енергії в житлових будинках України

Переважна більшість житлових і громадських будівель, у тому числі будівель і споруд ВНЗ, побудовані до прийняття сучасних вимог стосовно теплозахисних характеристик огороджувальних конструкцій (до 2006 р.). Енерговитратні нормативи у будівництві на той час були спричинені значною вартістю будівельних матеріалів, з одного боку, і дешевизною викопних вуглеводневих палив, ресурс яких здавався безмежним, з іншого. З огляду на сьогодення такі будівлі вимагають настільки багато енергії на потреби створення умов теплового комфорту, що їх експлуатація лягає важким тягарем на паливно-енергетичний комплекс, а будівництво нових будівель ще більше посилює проблему.

Водночас досвід розвинених країн доводить, що на нинішньому рівні розвитку техніки витрати тепла на потреби опалення, вентиляції і гарячого водопостачання можуть бути зменшеними більш як на третину, і цим визначаються значні резерви енергозбереження. Реалізувати ці резерви повною мірою можна, якщо вести роботу за двома основними напрямками:

— енергозбереження у системах теплопостачання;
— енергозбереження у будівлях.

3.2 Підприємства комунальної теплоенергетики

Важливою складовою житлово-комунального комплексу України є комунальна теплоенергетика, яка забезпечує теплом і гарячою водою 70 % житлового фонду України. Основними функціями комунальних підприємств теплопостачання є вироблення та транспортування теплової енергії споживачам на: опалення, гаряче водопостачання, вентиляцію будівель та технологічні процеси.

Щорічно підприємства теплопостачання України виробляють близько 100 млн Гкал теплової енергії. У комунальній теплоенергетиці експлуатується понад 11 тис. опалювальних котелень, де встановлено близько 30 тис. котлів різної потужності; понад 20 тис. км теплових мереж у двотрубному обчисленні діаметром від 50 до 800 мм; 3,5 тис. центральних теплових пунктів (ЦТП), що забезпечують гаряче водопостачання.

Виробничо-експлуатаційна діяльність підприємства теплопостачання здійснюються на основі виробничої програми. *Виробнича програма* — це завдання щодо кількості та якості продукції, що виробляється підприємством на певний плановий період. Продукція теплопостачальних підприємств є однорідною – це теплова енергія, тому показники виробничої програми наводяться в натуральному вираженні і відображають обсяг фактично виробленої продукції. Головним показником виробничої програми є відпуск теплової енергії споживачам.

3.2.1 Системи вироблення, транспортування і відпуску теплоти споживачам.

Сучасний рівень виробництва теплового обладнання (котлів, систем автоматизації, трубопроводів для теплових мереж тощо), нормативна база та стан справ із споживанням енергоносіїв дають можливість розвивати різні системи теплопостачання.

Одним з основних параметрів системи теплопостачання (за використання традиційних теплоносіїв) є величина теплової потужності джерела теплоти і ступінь децентралізації системи.

Теплоносієм називають гарячу воду і водяну пару, які утворюються у результаті нагрівання. Воду традиційно застосовують як теплоносій, оскільки вона є в достатній кількості, коштує недорого і має відносно велику теплоємність. Але використовуючи воду в якості теплоносія, її слід попередньо підготувати: видалити з неї розчинене повітря; додати різні хімічні речовини, аби на внутрішні стінки трубопроводів не випадали розчинені у воді мінерали.

Вибір системи залишається за споживачем теплової енергії і залежить від багатьох чинників. Але оптимальність прийнятої схеми визначається більш загальними критеріями, зокрема ефективністю роботи всієї системи, задіяної в комунально-енергетичному господарстві населеного пункту і ефективністю використання палива. У зв'язку з цим вибір систем теплопостачання здійснюють фахівці на підставі пріоритетних напрямів розвитку схем теплового господарства населених пунктів, які залежать від їх інфраструктури і повинні визначатися на основі науково-технічних та економічних обґрунтувань.

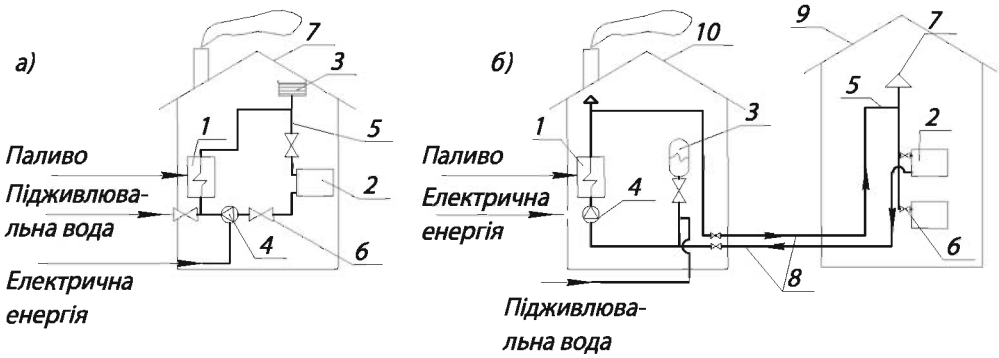
Залежно від теплової потужності джерел теплоти системи теплопостачання можна класифікувати за такими категоріями:

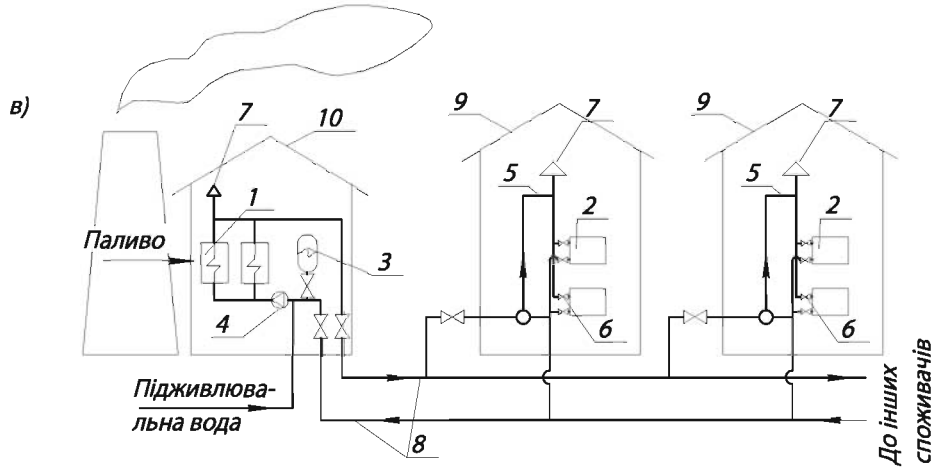
— централізовані – більш як 20 Гкал / год;
— помірно централізовані – від 3 до 20 Гкал / год;
— децентралізовані – від 1 до 3 Гкал / год;
— автономні – від 0,1 до 1 Гкал /год;
— місцеві (поквартирні) – до 0,1 Гкал / год.

Характерною ознакою місцевих і автономних систем теплопостачання є подача теплоносіїв від джерела теплоти до обмеженої кількості споживачів теплоти або гарячої води (від одного до 3...5), а також незначна величина теплової потужності джерела теплоти.

Джерело теплоти (котел) при цьому може бути у самій будівлі, яка опалюється, або безпосередньо біля неї в окремій споруді. Таким чином, скорочується довжина трубопроводів для транспортування теплоти від джерела до споживача. При цьому також зменшуються і втрати теплоти під час її транспортування. Але у централізованих джерелах теплоти ефективність її вироблення, як правило, вища.

На рис. 3.1 наведено загальні схеми різних систем теплопостачання.





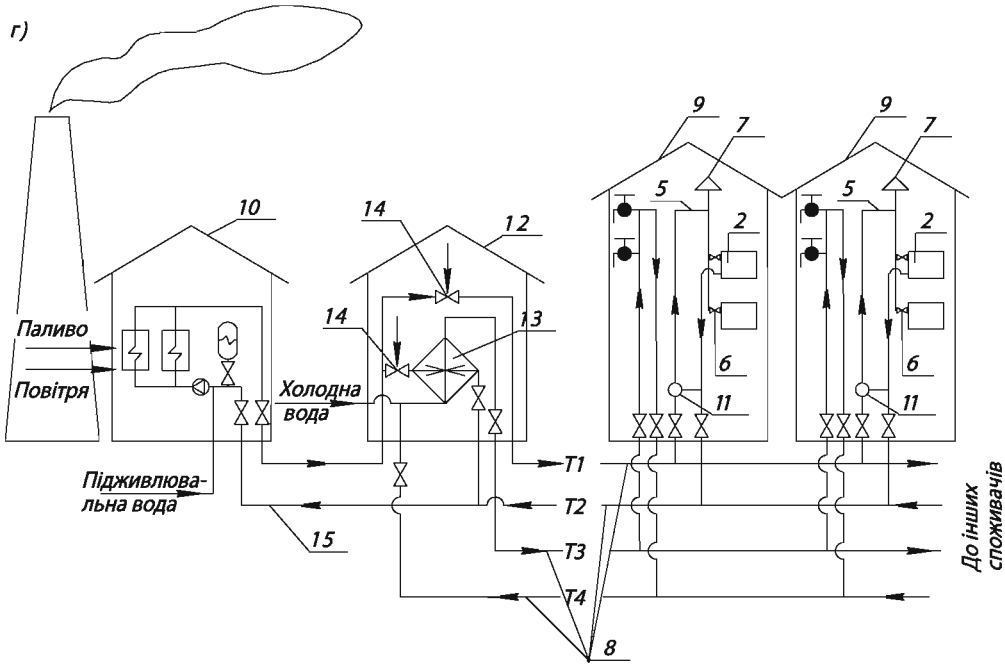


Рисунок 3.1 — Схеми систем теплопостачання:
а) місцева; б) автономна; в) централізована без гарячого водопостачання; г) централізована з гарячим водопостачанням

Розглянемо призначення окремих елементів зазначених схем та їх вплив на загальну ефективність вироблення, транспортування і відпуску теплоти.

На рис. 3.1 для кожної схеми позначено:

а) місцева: 1 – джерело теплоти (водогрійний або паровий котел); 2 – система опалення будинку; 3 – відкритий розширювальний бак (для компенсації теплового розширення води в системі); 4 – мережна циркуляційна помпа (для забезпечення циркуляції води у системі); 5 – трубопроводи системи опалення у будівлі; 6 – запірно-регулювальна арматура системи опалення; 7 – опалювальне приміщення;

б) автономна: 1 – джерело теплоти (водогрійний або паровий котел; 2 – система опалення будинку; 3 – закритий розширювальний бак; 4 – мережна циркуляційна помпа; 5 – трубопроводи системи опалення у будівлі; 6 – запірно-регулювальна арматура системи опалення; 7 – пристрій для видалення повітря із системи опалення; 8 – трубопроводи теплових мереж; 9 – опалювальна будівля; 10 – будівля джерела теплоти (котельня, або топкова);

в) централізована без гарячого водопостачання (1...10 як для б); 11 – індивідуальний тепловий вузол вводу до будинку;

г) централізована з гарячим водопостачанням: 8 – чотиритрубна теплова мережа на ділянці від ЦТП до споживачів теплоти: Т1 – подавальний трубопровід теплоносія (гарячої води) для систем опалення будівель; Т2 – зворотний трубопровід теплоносія із систем опалення; Т3 – подавальний трубопровід системи гарячого водопостачання; Т4 – циркуляційний трубопровід системи гарячого водопостачання; 12 – будівля ЦТП; 13 – теплообмінник для приготування гарячої води (для системи централізованого гарячого водопостачання); 14 – регулятори; 15 – двотрубна теплова мережа на ділянці від котельні до ЦТП.

В Україні частка централізованого опалення у загальній структурі теплопостачання на сьогодні є найбільшою і становить близько 42 %. Частка місцевих і автономних або, як їх називають, індивідуальних систем опалення, становить близько 30 %.

Централізоване теплопостачання (ЦТ) має незаперечні переваги перед децентралізованим теплопостачанням окремих будинків і споруд. ЦТ дає можливість значно підвищити економічність генераторів теплоти за рахунок можливості застосування сучасних засобів очищення продуктів згоряння палива і систем утилізації викидної теплоти. За централізованого теплопостачання генератори теплоти потребують значно меншої площі для їх розміщення порівняно з індивідуальними котельнями. Враховуючи високу вартість землі у містах, цей аргумент є досить вагомим. ЦТ дає можливість експлуатації систем на сучасному рівні з широким запровадженням ефективних автоматизованих систем управління і значно меншою кількістю обслуговуючого персоналу.

Згідно з перспективними планами розвитку в найближчі роки близько 70 % потреб у теплоті у більшості міст Європи буде забезпечуватись за рахунок централізованого теплопостачання. Водночас слід зазначити, що наявні системи централізованого теплопостачання мають свої проблеми, пов'язані здебільшого зі зношеністю основного обладнання і спричиненими великими втратами енергії та високою аварійністю теплових мереж.

3.2.2 Технічні проблеми підприємств теплопостачання.

Не зважаючи на інтенсифікацію в останні роки процесу децентралізації системи теплопостачання в Україні, централізовані системи є переважними в українських містах. Вироблення теплоти в них характеризується даними, наведеними в таблиці 3.1

Таблиця 3.1

Окремі техніко-економічні показники роботи системи теплозабезпечення у 2008 р.[26]

Показники	Од. виміру	2008
Усього котелень (на кінець року)	тис. од.	31,3
Сумарна потужність котелень (на кінець року)	тис. Гкал / год	133,3
Кількість установлених котлів (енергоустановок) на кінець року	тис. од.	72,3

[26] Джерело: Міністерство з питань ЖКГ.

Показники	Од. виміру	2008
Протяжність теплових та парових мереж двотрубному обчисленні (на кінець року)	тис. Км	35,8
Вироблено теплової енергії	млн Гкал	104,7
Одержано теплової енергії зі сторони	млн Гкал	7,4
Витрачено теплової енергії на власні виробничі потреби котелень	млн Гкал	3,6
Відпущено теплової енергії	млн Гкал	96,1
*у тому числі, н*аселенню	млн Гкал	51,8
Втрати теплової енергії	млн Гкал	12,4
До виробленої теплової енергії	%	11,0

За даними Міністерства з питань ЖКГ, внаслідок технічної відсталості устаткування та високого рівня його фізичного зносу втрати теплової енергії складають понад 12 млн Гкал щорічно, що становить близько 11 % обсягів виробленої теплової енергії (або 13 % обсягів відпущеної теплової енергії).

Технічний стан котелень та теплових мереж існуючої системи теплозабезпечення є незадовільним (табл. 3.2). Значною залишається частка котлів з терміном експлуатації понад 20 років (у 2006 р. – 24,0 %, у 2009 р. – 22,8 %), які характеризуються низьким коефіцієнтом корисної дії (ККД) — значна частина котлів має ККД менш як 82 %. Через брак коштів заміна зношеного обладнання та теплових мереж здійснюється в недостатніх обсягах, при цьому темпи старіння перевищують темпи відновлення і технічний стан підприємств повільно, але неухильно погіршується. Котельні обладнані енерговитратним обладнанням, як основним, так і допоміжним. Одночасно погіршується стан внутрішнього інженерного обладнання житлових будинків.

Значною проблемою теплового господарства є низька надійність теплотрас та їх незадовільна теплоізоляція. Теплові мережі прокладено переважно в непрохідних залізобетонних каналах різних конструкцій з ізоляцією з мінеральної вати. Вони не захищені від проникнення ґрунтових та інших вод з супутніх комунікацій, що призводить до руйнування теплоізоляції, інтенсивної зовнішньої корозії металу труб і, як наслідок, до пошкоджень і розривів трубопроводів. Станом на кінець 2009 р. до категорії зношених відносили 5,6 тис. км теплових і парових мереж, що становить 15,7 % їх загальної протяжності (для порівняння: за підсумками 2005 р. вимогам технічної експлуатації не відповідало 13,1 % мереж). За норми перекладання тепломереж 900 км щорічно замінюються лише 500 км, невиконання плану ремонту мереж становить понад 45 %.

Таблиця 3.2

Динаміка технічного стану котелень та теплових мереж України у 2006-2009 рр.[27]

Найменування показників	Од. виміру	2006	2007	2008	2009
Кількість установлених котлів	од.	65161	65408	69801	72298
з них терміном експлуатації більш як 20 років	од.	15641	16363	16546	16468
у % до загальної кількості котлів	%	24,0	25,0	23,7	22,8
Протяжність теплових та парових мереж у двотрубному обчисленні	км	37384,7	36708,3	35754,3	35834,2
у т.ч. ветхих та аварійних	км	4910,5	5499,6	5185,4	5620,7
у % до загальної протяжності мереж	%	13,1	15,0	14,5	15,7

Аналіз систем теплопостачання багатьох міст України дає можливість сформулювати такі технічні проблеми систем теплопостачання на етапах вироблення, транспортування і споживання теплоти:

1. На етапі вироблення теплоти:

— рівень автоматизації процесів виробництва теплової енергії є морально застарілим, погодне регулювання відсутнє, регулювання роботи котелень здійснюється зазвичай в ручному режимі відповідно до температурних графіків. Значна частина тепломеханічного обладнання унеможливлює впровадження сучасних систем автоматизації;

— низька якість насосного та тягодуттєвого (наприклад, димососи) обладнання, потужність електричних приводів якого значно перевищує необхідну величину. Робота обладнання супроводжується значними енерговитратами;

— невідповідність потужності встановленого обладнання котелень потребам споживачів у тепловій енергії. Обладнання працює із значним недовантаженням. За умови загальної теплової потужності котелень у 133,3 тис. Гкал / год станом на кінець 2008 р. приєднане до них теплове навантаження становило не більш як 65 тис. Гкал / год. Усе це призводить до суттєвого погіршення ефективності вироблення теплоти, зменшення ККД на етапі вироблення і збільшення непродуктивних втрат енергії;

— недосконалість прийнятих схем регулювання відпуску теплоти. У результаті цього виникає надлишкова подача теплоти у будівлі в осінньо-весняний період;

— недосконалість схем приєднання будівель та їх систем опалення до теплових мереж, що унеможливлює регулювання відпуску теплоти на етапі споживання, узалежнює роботу теплових мереж від роботи абонентських систем опалення;

— забруднення теплоносія в теплових мережах та системах опалення, робота стандартних пристроїв для очищення води (відмулювачів) та систем

[27] Джерело: Міністерство з питань ЖКГ.

докотлової підготовки води є неефективною, спостерігається занесення поверхонь нагрівання котлів брудом;
— недостатньо високий професійний рівень обслуговуючого персоналу та невиконання на обладнанні регламентних і планових ремонтних робіт.

2. У системі транспортування теплової енергії підприємств теплопостачання (тобто в теплових мережах) мають місце такі основні проблеми:
— гідравлічна розбалансованість теплових мереж системи теплопостачання;
— надмірне енергоспоживання під час транспортування та розподілу теплової енергії;
— фізичний знос трубопроводів теплових мереж;
— незадовільний стан будівельної складової теплових мереж;
— ненадійна запірно-регулювальна арматура і, як наслідок, втрати мережевої води під час виконання ремонтних робіт;
— втрати теплової енергії (через теплову ізоляцію) та теплоносія (через нещільності), що перевищують допустимі норми;
— відсутність та недосконалість системи автоматичного регулювання під час транспортування теплової енергії, її розподілу та споживання;
— підтоплення теплових мереж ґрунтовими водами, витоками води з місцевого водопроводу або витоками із теплової мережі і, як наслідок, порушення теплової ізоляції та втрати теплової енергії;
— відсутність ефективної обробки міської холодної води для систем гарячого водопостачання і, як результат, постійне відкладання солей на поверхнях нагріву теплообмінника системи гарячого водопостачання та втрати теплової енергії;
— відсутність систем автоматичного регулювання параметрів гарячої води в системах гарячого водопостачання;
— систематичне порушення роботи системи рециркуляції гарячого водопостачання, що призводить до додаткових збитків (мешканці зливають холодну воду з гарячого крана в каналізацію);
— неякісне і не завжди кваліфіковане обслуговування теплових пунктів, насосних станцій, теплових мереж.

3. Основними проблемами системи на етапі споживання теплоти є такі:
— неефективність теплової ізоляції житлових та громадських будівель, внаслідок чого втрати теплової енергії в будівлях перевищують допустимі норми;
— відсутність автоматичного регулювання температури в приміщеннях залежно від температури зовнішнього повітря;
— ненадійність арматури. Через відносно короткий проміжок часу арматура стає непрацездатною, перекрити стояк внутрішньої системи опалення неможливо, тому під час виконання ремонтних робіт мають місце значні втрати теплоносія;
— незадовільна якість послуг централізованого теплопостачання (несвоєчасний початок та закінчення опалювального сезону, відсутність можливості у споживача регулювати температуру повітря в кімнатах, перебої в наданні

послуг з опалення та недогрів приміщень, робота системи централізованого гарячого водопостачання за графіком);
— гідравлічна розбалансованість внутрішньої системи центрального опалення приміщень. Несанкціоноване втручання мешканців в роботу системи теплопостачання та системи гарячого водопостачання (додаткова установка приладів опалення, врізка системи опалення квартири в магістральну теплову мережу до елеваторного вузла, збільшення отвору сопла, розбір теплоносія із системи теплопостачання і т. п.);
— недостатній облік теплової енергії, яку використовує споживач;
— слабка участь працівників ЖЕКів в експлуатації внутрішніх систем опалення житлових будинків.

Окрім того, у всіх містах України тією чи іншою мірою має місце тенденція переходу від централізованого до індивідуального теплопостачання не лише юридичних осіб, але й населення. Через брак коштів, низьку платоспроможність населення та незбалансованість цінової політики держави на паливо (для підприємств централізованого теплопостачання вартість палива вища, ніж для населення) забезпечити стабілізацію та розвиток галузі теплопостачання власними силами для більшості міст України є непосильним завданням. Як наслідок, у деяких містах України послуги централізованого теплопостачання ліквідовано повністю.

Наявні в системі організаційно-управлінські проблеми поглиблюють проблеми технічні. До таких організаційних проблем можна віднести такі:
— низька пріоритетність політики енергоефективності в національній економіці, що призводить до прийняття рішень, орієнтованих на менш витратні й водночас найменш ефективні технології;
— у ході реалізації програм з енергозбереження перевага надається контролю та адміністративно-організаційним заходам, які полягають у силовому обмеженні тепло- і енергопостачання. Це ж саме призводить до порушень у ході проектування і будівництва об'єктів теплопостачання;
— відсутність економічних важелів для впровадження паливозберігальних технологій і обладнання;
— суб'єктам господарювання економічно не вигідно реалізовувати проекти з енергозбереження, оскільки вони мають можливості отримувати належний рівень прибутковості іншими — неекономічними методами;
— низька виконавча дисципліна, недобросовісне управління, лобіювання інтересів певних фінансово-промислових груп, зокрема виробників (продавців) обладнання для індивідуального теплопостачання тощо.

3.2.3 Основні елементи системи теплопостачання.

Джерелом теплоти у системі теплопостачання зазвичай є котельня або топкова, залежно від потужності джерела теплоти. Нагрівання води відбувається у котлах внаслідок спалювання палива. За умови використання вторинних або відновлюваних енергоносіїв для нагрівання води водогрійний котел, який працює на одному із видів органічного палива, залишають у схемі теплопостачання з огляду

важливості забезпечення теплотою будівель, особливо у районах з низькими значеннями температур зовнішнього повітря у холодний період року.

Ефективність роботи котлів визначається спеціалізованими налагоджувальними організаціями у ході теплових випробувань котлів (такі роботи повинні виконуватись не рідше одного разу за три роки, а також після проведення ремонту обладнання). Обстежуючи роботу котелень з метою визначення втрат теплоти, можна скористатись документацією, складеною за результатами таких випробувань — «Звітами з режимно-налагоджувальних робіт».

Середня по Україні величина ефективності вироблення теплоти в котельнях коливається у межах 80...85 %. Але у деяких випадках за недбалої експлуатації і незадовільного стану котлів ця величина може бути значно меншою — до 70 %, що означає 30 % втрат теплоти у довкілля. Потенціал енергозбереження у котельнях відображено на рис. 3.4, 3.5 та 3.6.

У процесах вироблення і транспортування теплоти мають місце її втрати, що спричинене наявністю різниці температур теплоносія і зовнішнього середовища. Зменшення таких втрат дає можливість скоротити витрати паливо-енергетичних ресурсів і, відповідно, собівартість вироблення теплової енергії, поліпшити екологічні показники процесу.

Відносна ефективність вироблення теплоти у джерелі теплоти оцінюється величиною ККД джерела теплоти ($\eta_к$), одиницею вимірювання якого є % або частка від одиниці (част. од). ККД джерела теплоти характеризує відношення кількості теплоти, яка вироблена у джерелі теплоти (наприклад, у котельні) і відпущена до системи транспортування теплоносія $Q_{вир.} = Q_к$, до кількості теплоти, яка була підведена до джерела теплоти з первинним енергоносієм (паливом) – $Q_п$:

$$\eta_к = Q_к / Q_п, \text{ част. од.; \%.} \quad (3.1)$$

Величини $Q_к$ і $Q_п$ оцінюють у кВт · год, ккал або кДж.

Відносні втрати теплоти на етапі вироблення можна визначити як різницю між підведеною з первинним енергоносієм теплотою, яку приймають за 1,0 або 100 %, і величиною ККД джерела теплоти:

$$\Delta q_к = 1 - \eta_к, \text{ част. од.; \%,} \quad (3.2)$$

де

$\Delta q_к$ — сумарні непродуктивні втрати теплоти у процесі її вироблення, част. од., або %;

$\eta_к$ — ККД джерела теплоти у част. од. або %; величину ККД визначають представники спеціалізованих налагоджувальних організацій за результатами теплотехнічних випробувань обладнання джерел теплоти і подають у режимних картах – інструкціях з експлуатації обладнання джерел теплоти. Такі режимні карти повинні періодично поновлюватись і перевірятись. Величина ККД джерела теплоти враховує не лише втрати теплоти у самих генераторах (котлах, опалювальних агрегатах тощо), а й втрати на власні потреби джерела

теплоти (втрати, пов'язані з вимушеним простоєм котлів, з їх пуском і підготовкою до роботи, втрати на опалення джерела теплоти, на транспортування теплоносія у самому джерелі теплоти тощо).

Абсолютну величину втрат теплоти $\Delta Q_к$ на етапі вироблення можна визначити за відомим ККД $\eta_к$ та кількістю підведеної теплоти (енергетичним потенціалом палива) $Q_п$ відповідно до залежності (3.3):

$$\Delta Q_к = Q_п - Q_п \cdot \eta_к, \text{ кВт} \cdot \text{год; ккал або кДж.} \quad (3.3)$$

Абсолютну величину $Q_п$ у кВт · год, ккал або кДж визначають за відомими витратами палива В за певний проміжок часу (період спостережень) і питомою теплотою згорання палива $Q_Н^Р$, яка вимірюється для природного газу у кВт · год / м^3, кДж / м^3 або ккал / м^3 (одиниці вимірювання $Q_Н^Р$ повинні бути вивіреними з одиницями вимірювання $Q_п$.

Теплоту згоряння $Q_Н^Р$ для практичних розрахунків необхідно прийняти за даними сертифікатів якості палива газорозподільної організації за місцем розташування будівлі, оскільки відмінність і у цій величині по території України є значною.

$$Q_п = В \cdot Q_н^р, \text{ кВт} \cdot \text{год; ккал або кДж,} \quad (3.4)$$

де

$Q_Н^Р$ – теплота згоряння палива, у кВт · год / м^3; кДж / м^3 або ккал / м^3;

В – витрати палива за період спостережень, м^3.

За умови виконання розрахунків за одну годину спостережень витрати газу вимірюються у м^3 / год, отримана відповідно до залежності (3.4) величина $Q_п$ матиме одиниці розмірності кВт; кДж / год або ккал / год і її називають *тепловою потужністю джерела теплоти*. У такому випадку величина $Q_к$, яку відповідно до залежності (3.1) можна визначити як $Q_к = Q_п \cdot \eta_к$, характеризуватиме *теплопродуктивність джерела теплоти.*

Тепловий пункт системи водяного опалення. В місцевих системах теплопостачання тепловим пунктом є саме джерело теплоти, в якому здійснюється регулювання відпуску теплоти залежно від температури зовнішнього повітря шляхом зміни витрат палива.

В централізованих системах тепловий пункт може бути місцевим – індивідуальним (ІТП) — для системи опалення і гарячого водопостачання однієї будівлі і груповим – центральним (ЦТП) — для системи опалення групи будівель. Система опалення може приєднуватись до зовнішніх теплових мереж по залежній і незалежній схемі. За незалежної схеми нагрівання води для системи опалення здійснюється у теплообміннику, а циркуляція води в системі опалення виконується за рахунок циркуляційного насосу системи опалення. Вода із теплової мережі за таких умов не потрапляє в систему опалення будівлі.

Залежна схема приєднання системи опалення до теплових мереж виконується за допомогою водоструминного елеватора, який здійснює підмішування більш гарячої води із теплових мереж до зворотної води з системи опалення

і забезпечує таким чином досягнення необхідної температури води на вході до системи опалення та регулювання відпуску теплоти. Таке саме змішування може здійснюватись за допомогою спеціального змішувального насосу.

У ході обстеження системи опалення необхідно з'ясувати схему приєднання системи опалення і спосіб змішування води в залежній схемі.

Схему елеватора показано на рис. 3.2.

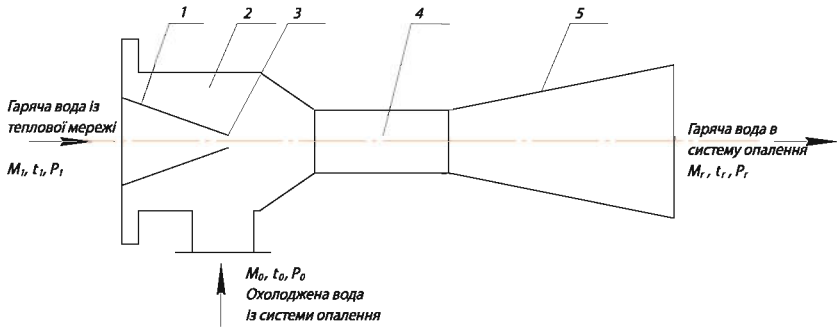


Рисунок 3.2 — Принципова схема водоструминного елеватора: 1 — сопло; 2 — камера всмоктування; 3 — змішувальний конус; 4 – горловина; 5 — дифузор

Елеватор дістав широке розповсюдження як простий, дешевий і надійний в експлуатації агрегат. За рахунок високої швидкості подачі гарячої води з теплової мережі через сопло він підсмоктує охолоджену воду із зворотного трубопроводу системи опалення для перемішування з високотемпературною водою в горловині і передає при цьому частину тиску, який створюється мережевою помпою в котельні в систему опалення для забезпечення у ній циркуляції води.

Але в елеватора є низка недоліків, які можуть спричинити зменшення ефективності використання теплоти та її перевитрати. До них належать такі:

— внаслідок низького коефіцієнту корисної дії елеватора як насосу різниця тиску в зовнішніх теплових мережах на вводі до будівлі повинна має не менш як у 10 разів перевищувати циркуляційний тиск, необхідний для циркуляції води в системі опалення;
— циркуляція води в системі опалення припиняється у разі аварії і зменшення тиску в теплових мережах;
— сталий коефіцієнт підмішування не завжди дає можливість забезпечити ефективне регулювання температури води для системи опалення за умови зміни температури зовнішнього повітря і запобігти явищам надлишкової подачі кількості теплоти або дефіциту теплоти у будівлі. Цей факт може бути виявленим під час контролю температури води у подавальному і зворотному трубопроводах системи опалення, про що йшлося вище.

Якщо під час обстежень буде виявлене значне відхилення температури води від нормованих значень, це означає, що факт неякісного регулювання відпуску

теплоти має місце. У такому разі у якості енергозберігальних заходів можна рекомендувати заміну змішувального елеватора на насосні змішувальні установки.

Деяке збільшення експлуатаційних і капітальних витрат, пов'язане з використанням змішувальних насосів, компенсується поліпшенням теплового режиму приміщень і економією теплоти, яка витрачається на опалення.

Для більш точного регулювання доцільно рекомендувати автоматичне управління таким вузлом змішування за рахунок встановлення регуляторів температури. Потенціал енергозбереження таких енергозберігальних заходів подано на рис. 3.5 і 3.6. Якщо температура в подавальному і зворотному трубопроводах теплових мереж збігається з температурою теплоносія у системі опалення будівлі, то необхідність у вузлах змішування у вигляді елеваторів відпадає.

Теплові мережі. Це система трубопроводів, по яких теплоносій передається від генератора теплоти до центрального теплового пункту і далі до споживача теплоти. За призначенням теплові мережі поділяють на мережі опалення і вентиляції та мережі гарячого водопостачання. Від джерела теплоти або від ЦТП ці мережі прокладають паралельно. Тому теплові мережі можуть бути двотрубними або чотиритрубними. Прокладка трубопроводів може бути надземною і підземною. Підземна прокладка є найбільш поширеною, втрати теплоти за умов підземної прокладки, як правило, менші порівняно з надземною. Розрізняють канальну і безканальну прокладку. При канальній прокладці теплова ізоляція розвантажена від зовнішніх навантажень ґрунту. При безканальній прокладці теплова ізоляція несе навантаження ґрунту. На рис. 3.3 показано схеми прокладання трубопроводів в непрохідному каналі та безканального прокладання. Безканальне прокладання попередньо ізольованих труб є більш досконалим. Такі труби мають менші втрати теплоти у довкілля.

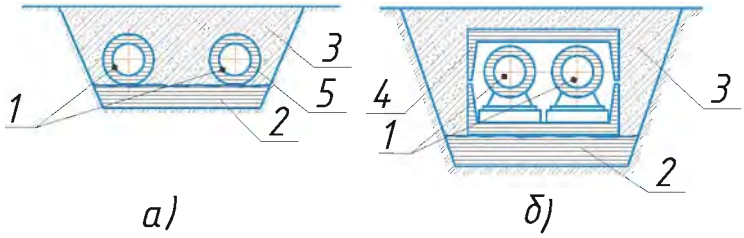


Рисунок 3.3 — Схема прокладання теплових мереж:
а) безканальна; б) у непрохідних каналах;

1 — подавальний і зворотний трубопроводи теплових мереж; 2 — піщана підготовка; 3 — засипка ґрунтом; 4 — залізобетонні канали; 5 — теплова ізоляція

Відповідно до чинних нормативів втрати теплоти в теплових мережах нормуються залежно від протяжності трубопроводів. Величина таких втрат є досить значною і в будь-якому разі необхідно зменшувати їх величину за рахунок підвищення якості теплової ізоляції трубопроводів.

Для теплових мереж завдовжки до 500 м втрати теплоти нормуються на рівні 3 % кількості теплоти, відпущеної до теплових мереж, на всю довжину теплотраси. При протяжності траси до 1 км втрати теплоти не повинні перевищувати 5 % кількості теплоти, а за умови протяжності більш як 1 км втрати теплоти повинні становити не більш як 0,6 % на кожні 100 м довжини трубопроводів, але не більш як 15 % на всю довжину теплотраси.

Втрати теплоти в теплових мережах відбуваються внаслідок охолодження води в трубопроводах і в результаті витоків води з теплових мереж. Загальна величина втрат теплоти в теплових мережах визначається за сумою вказаних складових:

$$\Delta Q_т = Q_{втр.} + Q_{вит.} \text{ МВт} \cdot \text{год; Гкал або ГДж,}$$

де

$\Delta Q_т$ – загальні втрати теплоти в теплових мережах, МВт · год; Гкал або ГДж;

$Q_{втр.}$ – втрати теплоти з охолодженням води в трубопроводах, МВт · год; Гкал або ГДж;

$Q_{вит.}$ — втрати теплоти з витоками води із трубопроводів, МВт · год; Гкал або ГДж.

Втрати теплоти в теплових мережах протягом опалювального періоду або іншого відрізка часу внаслідок охолодження води $Q_{втр.}$ визначають за відомими величинами питомих втрат теплоти на один метр довжини теплопроводу за залежністю (3.5):

$$Q_{втр.} = \Sigma (l_i \cdot q_i) \cdot n_{оп.} \cdot 10^{-6} \text{ МВт} \cdot \text{год,} \quad (3.5)$$

де

$Q_{втр.}$ – величина втрат теплоти з довільної довжини трубопроводів;

l – довжина трубопроводів теплових мереж певного діаметра, м;

q — величина питомих втрат теплоти (щільність теплового потоку), Вт / м.

Для трубопроводів різних способів прокладання нормовані величини питомих втрат теплоти q наведено у додатках Б і В та Д. Такі дані можуть бути використаними для визначення втрат теплоти на теплових мережах і економії теплоти і під час впровадження заходів із заміни трубопроводів теплових мереж. Значення втрат теплоти, які будуть отримані для трубопроводів усіх діаметрів, складаються у межах усієї довжини теплових мереж;

$n_{оп.}$ – тривалість опалювального періоду або іншого звітного періоду часу, год.

Втрати теплоти з витоками води $Q_{вит.}$ із теплових мереж визначають за залежністю (3.6):

$$Q_{вит.} = M_в \cdot C_в \cdot (t_{сер.}^{т} - t_{пв}) \cdot 10^{-6}, \text{ ГДж,} \quad (3.6)$$

де

$M_в$ – масові витоки мережевої води (теплоносія) з теплової мережі протягом періоду часу $n_{оп.}$ в кг (л), визначаються відповідно до показань лічильника води,

яка подається на підживлення. Нормована допустима величина витоку води становить 0,25 % за годину від об'єму води в теплових мережах та абонентських системах, які підключені до цих теплових мереж. Це означає, що середньорічні витоки води не повинні перевищувати 2.5 л / год на кожний 1 м^3 об'єму води у теплових мережах та абонентських системах. Таким чином, для будь-якого об'єму води у теплових мережах $V_{нап.} \approx M_{нап.}$ протягом будь-якого часу роботи системи $n_{оп..}$ (год) нормована величина витоку води в т або м^3 визначатиметься за формулою $M_в = 0{,}00250 \cdot V_{нап.} \cdot n_{оп.}$ (густина води прийнята приблизно 1000 кг / м^3);

$C_в$ — масова теплоємність води, кДж / кг ▪ град., $C_в$ = 4,2 кДж / кг · град.;

$t_{сер.}^{т}$ – середня температура теплоносія у зворотному і подавальному трубопроводах протягом періоду часу $n_{оп.}$, ^{0}С;

$t_{пв}$ — середня температура підживлювальної води з водогону; в холодний період року за відсутністю даних приймається рівною +5 ^{o}С.

Дійсна величина витоку води за звітний період визначається за показаннями лічильника води відповідно до залежності (3.7):

$$M_в = M_{ліч.} - (M_{нап.} + M_{гв}^{від.}), \text{ т; м}^3, \quad (3.7)$$

де

$M_{ліч.}$ — загальні витрати води на підживлення за звітний період згідно показань лічильника води, т;

$M_{нап.}$ — втрата води на наповнення трубопроводів мережі та абонентських систем за звітний період, т;

$M_{гв}^{від.}$ – сумарна втрат води на гаряче водопостачання споживачів для систем з безпосереднім відбором води з мережі, т.

Кількість наповнень приймають згідно з результатами енергетичного аудиту, об'єм трубопроводів теплових мереж – за даними таблиці И.1 додатку И залежно від діаметру трубопроводів і їх протяжності, а об'єм внутрішніх абонентських систем – за величиною розрахункового теплового навантаження будинків за даними таблиці И.2 додатку И.

Теплову ефективність роботи теплових мереж характеризує відношення кількості теплоти $Q_{сп.}$, яка відпущена споживачам, до кількості теплоти, яка була підведена від джерела теплоти до теплових мереж – $Q_к$:

$$\eta_Т = Q_{сп} / Q_к, \text{ част. од.; \%}, \quad (3.8)$$

де

$\eta_т$ — теплова ефективність роботи теплових мереж;

$Q_{сп}$ — кількість теплоти, яка відпускається з теплових мереж споживачам теплоти, МВт · год; Гкал або ГДж; визначається як різниця виробленої в котельні теплоти і втрат теплоти у теплових мережах: $Q_{сп} = Q_к - \Delta Q_т$, МВт · год; Гкал або ГДж.

Відносні втрати теплоти на етапі транспортування можна визначити як різницю між теплотою, підведеною від котельні (її приймають за 1,0 або 100 %), і величиною теплової ефективності мережі:

$$\Delta q_т = 1 - \eta_т = \Delta Q_т / Q_к, \text{ част. од.; \%}, \quad (3.9)$$

де $\Delta q_т$ — сумарні непродуктивні втрати теплоти під час її транспортування, част. од. або %.

Приклад 3.1. *Протяжність водяних теплових мереж від котельні до навчального корпусу ВНЗ у м. Хмельницькому становить 500 м у двотрубному обчисленні (по 500 м подавального і зворотного трубопроводів), із них 300 м трубопроводів діаметром умовного проходу 125 мм і 200 м діаметром умовного проходу 80 мм. У результаті енергетичного аудиту було виявлено, що наявна мережа прокладена в непрохідних каналах, а 20 м трубопроводів діаметром 80 мм – наземного прокладання без теплової ізоляції. Трубопроводи в каналах ізольовано мінеральною ватою, канали заповнено водою. Визначити втрати теплоти з охолодженням води в наявних теплових мережах. Визначити економію теплоти у разі впровадження заходу із заміни наявних теплових мереж на попередньо ізольовані трубопроводи такого самого діаметру за умови безканального прокладання. Графік температур теплоносія 105/70 ^{0}С.*

Розв'язання.

1. Визначимо метеорологічні параметри зовнішнього повітря згідно додатку Г. Розрахункова температура зовнішнього повітря для м. Хмельницького $t_з = -21$ ^{0}С. Середня нормована температура опалювального періоду –0,5 ^{0}С. Тривалість опалювального періоду — 181 доба.

2. Визначимо величину втрат теплоти з охолодженням води в наявних трубопроводах згідно з залежністю (3.5):

$$Q_{втр.} = (l_1 \cdot q_1 + l_2 \cdot q_2) \cdot k_{зв.} + l_3 \cdot q_3 \text{ , Вт},$$

де l_1 = 300 м — довжина трубопроводів діаметром 125 мм канального прокладання;

l_2 =180 м — довжина трубопроводів діаметром 80 мм канального прокладання;

l_3 = 20 м — довжина трубопроводів діаметром 80 мм наземного прокладання без теплової ізоляції;

q_1, q_2, q_3 – нормовані значення щільності теплового потоку з поверхні подавальних і зворотних трубопроводів відповідно до графіків і таблиць додатку Д (для середньої упродовж опалювального періоду температури в подавальному трубопроводі близько 65 ^{0}С і зворотному трубопроводі – 50 ^{0}С);

$k_{зв.}$ — коефіцієнт, який враховує зволоження теплової ізоляції і збільшення втрат теплоти

$k_{зв.}$ = 2,0; q_1 = 31 + 21 = 52 Вт / м; q_2 = 25 + 17 = 42 Вт / м; q_3 = 600 + 479 = 1079 Вт / м. $Q_{втр.}$ = (300 · 52 +180 · 42) · 2 + 20 ·1079 = 23160 + 21580 = 44740 Вт = 44,74 кВт (кДж / с).

Втрати теплоти у теплових мережах упродовж усього опалювального періоду визначатимуться з урахуванням нормованої тривалості опалювального періоду $n_{оп.\ н}$, який виражають у секундах:

$$Q_{втр.}^{оп} = Q_{втр.} \cdot n_{оп.\ н.} \cdot 10^{-6} = 44{,}74 \cdot 181 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 10^{-6} = 699{,}6 \text{ ГДж.}$$

3. Визначимо величину втрат теплоти з охолодженням води в трубопроводах теплових мереж після реконструкції — заміни на попередньо ізольовані трубопроводи:

$Q'_{втр.} = l_1 \cdot q'_1 + l'_2 \cdot q'_2 = 300 \cdot 28 + 200 \cdot 21 = 8400 + 4200 = 12600$ Вт = 12,6 кВт (кДж / с),

де q'_1 — нормована щільність теплового потоку згідно з графіком додатку Б за даними заводу-виготовлювача попередньо ізольовані трубопроводів для діаметру 125 мм, $q'_1 = 28$ Вт / м; q'_2 — те саме для трубопроводів діаметром 80 мм, $q'_2 = 21$ Вт / м.

Втрати теплоти упродовж опалювального періоду після заміни теплових мереж:

$$Q'^{оп}_{втр.} = Q'_{втр.} \cdot n_{оп.\ н.} \cdot 10^{-6} = 12{,}6 \cdot 181 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 10^{-6} = 197{,}0 \text{ ГДж.}$$

Зменшення втрат теплоти на теплових мережах загальною довжиною 500 м протягом опалювального періоду:

$$\Delta Q_{втр.}^{оп.} = Q_{втр.}^{оп.} - Q'^{оп.}_{втр.} = 699{,}6 - 197{,}0 = 502{,}6 \text{ ГДж.}$$

Втрати теплоти у результаті заміни трубопроводів вдалося зменшити у 3,5 раза. Економія природного газу на етапі вироблення теплоти за рахунок упровадження такого заходу може становити до 17,6 тис. м^3 за опалювальний період. За умови вартості природного газу близько 2,6 грн за 1 м^3, такий захід дасть економію близько 45,7 тис. грн.

Економічний ефект заміни трубопроводів канального прокладання на попередньо ізольовані трубопроводи зазвичай менший, а втрати теплоти після реконструкції менші за наявні у 2...2,5 раза. Суттєве збільшення економічного ефекту заміни трубопроводів, який був отриманий у наведеному вище прикладі, спричинений значними витратами у неізольованих трубопроводах наземного прокладання. Зауважте, що втрати теплоти у 20 м такого трубопроводу наземного прокладання еквівалентні втратам на 480 м теплових мереж у непрохідних каналах.

3.2.4 Фінансові проблеми підприємств теплопостачання. Економічний аспект енергозбереження.

Розглянемо фінансово-економічні проблеми, які утруднюють проведення енергоефективної політики у комунальній енергетиці.

1. *Проблеми впровадження заходів з енергозбереження на генеруючих підприємствах.* Переважна більшість підприємств теплопостачання належать

до комунальної форми власності. Комунальна власність є власністю відповідної територіальної громади. Сама територіальна громада розглядається як спільнота громадян України — жителів міста, села, селища або добровільного об'єднання жителів декількох сіл, що утворюють окреме поселення, наділене правом самостійно вирішувати питання місцевого значення у межах Конституції і законів України. Отже, суб'єктом права комунальної власності за Конституцією є територіальна громада, а від її імені це право здійснює орган місцевого самоврядування, що обирається жителями міста, села, селища або об'єднання сіл. Таким чином, більшість підприємств теплопостачання належать людям, яким ці підприємства надають послуги. Лише невелика частина генерувальних підприємств перебуває у приватній власності або орендується приватними структурами.

У розділі 3.2.2 йшлося про технічні проблеми підприємств теплозабезпечення. Технічні проблеми тісно переплетені з фінансовими проблемами комунальних підприємств. Перша проблема полягає в тому, що більш як 80 % усіх підприємств теплопостачання в цілому по Україні є збитковими, причому упродовж багатьох років. Відповідно в них немає фінансових ресурсів, які можна було б спрямувати на модернізацію і заміну зношеного, застарілого та енерговитратного обладнання.

Витоки цієї проблеми криються у неефективній системі ціноутворення на послуги підприємств теплопостачання.

Тарифи. В основі розрахунків тарифів на послуги підприємства теплопостачання лежать розрахунки їх собівартості на базі економічно обґрунтованих витрат.

Планування, облік і калькулювання собівартості підприємств теплового господарства проводяться за стадіями технологічного процесу – виробництво, розподіл, транспортування і за видами продукції — теплова енергія, гаряча вода.

Під час калькування витрат у собівартості теплової енергії виділяються *умовно-змінні витрати*: паливо, електроенергія та покупне тепло, що залежать від обсягів споживання теплової енергії (зима, літо) та *умовно-постійні витрати*: всі інші, що не залежать від обсягів споживання теплової енергії.

Для планування та калькулювання собівартості теплової енергії здійснюється таке групування за статтями витрат:

— матеріали;
— паливо та енергія;
— покупна теплова енергія;
— роботи та послуги виробничого характеру сторонніх підприємств і організацій;
— витрати на оплату праці;
— відрахування на соціальні заходи;
— витрати, пов'язані з підготовкою та освоєнням нових потужностей виробництва;
— витрати з утримання та експлуатації устаткування;
— загально виробничі та загальногосподарські витрати тощо.

Витрати на матеріали, паливо та енергію для технологічних потреб підприємств теплового господарства визначаються на підставі затверджених у

встановленому порядку норм витрат кожного виду матеріальних ресурсів, цін на них і запланованих обсягів виробництва. Зокрема, до цих витрат належать:

— витрати на матеріали для підготовки технологічного процесу (сіль, сульфовугілля, хімреактиви тощо) відповідно до норм витрат, обсягів виробництва і цін на матеріали;
— витрати на воду у тому числі на ту, що використовується для подачі гарячої води споживачам з урахуванням витрат на хімпідготовку, промивку фільтрів на стадії технологічної підготовки виробництва, підживлення котлоагрегатів відповідно до норм витрат, обсягів виробництва та цін на воду;
— витрати на всі види палива відповідно до норм та цін на паливо. Перерахунок умовного палива в натуральні одиниці здійснюється на підставі паспортних даних конкретного виду палива.

За статтею «покупна теплова енергія» враховуються витрати на придбання теплової енергії від сторонніх організацій.

Витрати на роботи та послуги виробничого характеру сторонніх підприємств і організацій визначаються на підставі запланованих обсягів виконання таких робіт (послуг), цін (тарифів) на них, а також умов укладених договорів.

Витрати на оплату праці плануються відповідно до штатного розпису підприємств теплопостачання, норм трудових витрат на проведення кожного виду робіт та нормативів обслуговування, тарифних ставок, посадових окладів, надбавок і доплат, що передбачені чинним законодавством і обумовлені колективним договором.

Розмір відрахувань на соціальні заходи визначається на підставі норм відповідних відрахувань, визначених законодавством, та обсягу витрат на оплату праці.

Витрати, пов'язані з підготовкою та освоєнням нових потужностей виробництва (котельні, котли, теплові мережі тощо), визначаються на підставі кошторисів цих витрат, складених відповідно до умов технічної документації і нормативів проведення пускових робіт.

Витрати з утримання та експлуатації устаткування враховуються на підставі витрат на повне відновлення та капітальний ремонт основних фондів у вигляді амортизаційних відрахувань від їх вартості; вартості матеріалів, що є необхідними для проведення технічного огляду, обслуговування та експлуатації устаткування відповідно до норм їх використання; вартості палива, енергії, води тощо, спожитих для забезпечення роботи виробничого устаткування тощо.

До загальновиробничих та загальногосподарських витрат на підприємствах теплового господарства відносяться витрати на проведення робіт з контролю за фізико-хімічними параметрами виробництва теплової енергії та з технічного обслуговування внутрішньобудинкових мереж і обладнання (промивка, наладка, паспортизація); витрати на організацію прийому платежів від населення; витрати на утримання та благоустрій територій підприємств і санітарних зон тощо.

Тариф — це ціна за одиницю послуги, яку підприємство надає споживачеві. Тариф на послугу гарячого водопостачання — ціна за підігрівання 1 куб. м води

або ціна 1 куб. м гарячої води. Тариф на послугу опалення — ціна 1 Гкал. спожитого тепла (для жителів будинків з лічильниками тепла) або ціна опалення 1 кв. м загальній площі квартири (для жителів будинків без лічильників тепла).

На величину тарифу послуг теплопостачальних підприємств великий вплив також має система його формування. Дійсний витратний метод формування тарифів не стимулює комунальні підприємства до підвищення ефективності діяльності, бо зменшення витрат призводить до зниження тарифу, тоді як зростання витрат компенсується збільшенням тарифу.

Навіть якщо генерувальне підприємство знаходиться у приватній власності, то свої послуги населенню, бюджетним споживачам і промисловим підприємствам воно надає за тарифами, що затверджує місцева влада.

Як правило, комунальні підприємства диференціюють споживачів на три групи: населення, бюджетні організації та інші (комерційний сектор) і, відповідно, величина тарифу також змінюється залежно від групи споживачів (для населення — найменший, для комерційних підприємств — найвищий).

Тривалий час вважалося, що тариф для населення має бути соціально захищеним і перекривати лише витрати на виробництво і доставку теплової енергії, а прибуток підприємство теплопостачання повинно отримувати, надаючи послуги іншим двом групам споживачів. Проте для більшості маленьких і середніх міст, у тому числі, для багатьох обласних центрів, особливо західної України, населення є основним споживачем комунальних послуг. У результаті з'являлися величезні диспропорції у величині тарифу (іноді до 10...20 разів), що негативно позначалося на конкурентоспроможності підприємств і на економіці міста в цілому, а теплопостачальне підприємство все одно зазнавало збитків.

У багатьох містах України введено двоставковий тариф на оплату послуг теплопостачання, який складається з:

— платні за одиницю приєднаного теплового навантаження, яку сплачують упродовж усього року всі споживачі (з лічильниками тепла і без них). Ця платня включає в себе умовно-постійну частину витрат виробництва та транспортування теплової енергії – витрати, які не залежать від обсягів виробництва. Це витрати на обслуговування та ремонт мереж, котелень та інших споруд, зарплатню, податки тощо. Нараховується ця платня з розрахунку на 1 кв. м площі квартири;
— платні за фактично спожиту чи реалізовану теплову енергію, яка нараховується лише під час опалювального сезону. Вона відшкодовує умовно-змінну частину витрат на виробництво та транспортування тепла. Це витрати на природний газ та електроенергію.

Власне тому тариф називають двоставковим: одну його «ставку» споживачі сплачують протягом усього року, а іншу – лише в опалювальний період. Застосування двоставкового тарифу дає змогу зменшити фінансове навантаження на споживачів, а також забезпечити підприємству теплопостачання надходження грошових коштів від споживачів упродовж року (рис. 3.4).

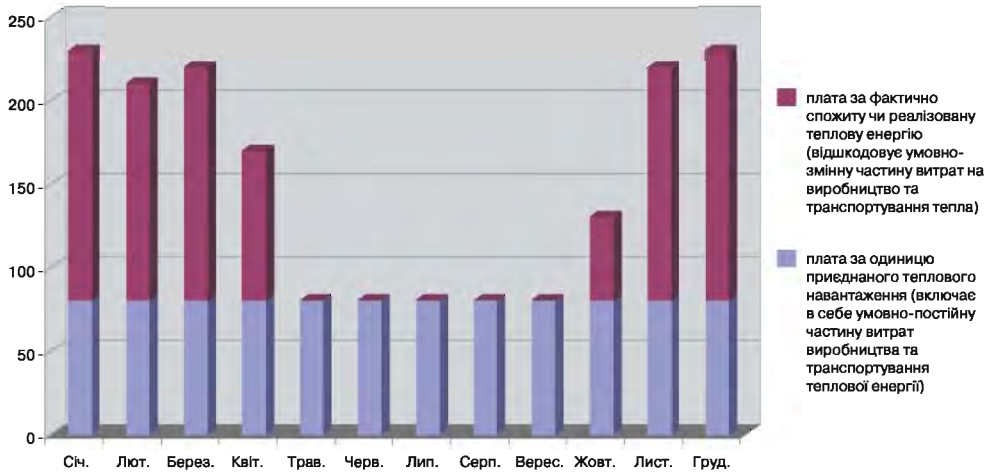


Рисунок 3.4 — Приклад сплати за послуги теплопостачання за двоставковим тарифом (з лічильником тепла)

Останнім часом на державному рівні дещо змінився підхід до ціноутворення у сфері теплопостачання. Нині діяльність у сфері теплопостачання ліцензується за трьома видами діяльності:

— виробництво теплової енергії;
— транспортування теплової енергії;
— збут теплової енергії.

Кожному виду діяльності має відповідати свій тариф. Переважна більшість підприємств теплопостачання здійснюють і завжди здійснювали усі три описані види діяльності. Тому таке нововведення лише ускладнює їх бухгалтерську звітність, а сума трьох новоутворених тарифів і складає старий «єдиний» тариф.

Ефективному упровадженню політики енергозбереження на комунальних підприємствах перешкоджають три особливості, що стосуються тарифів на теплопостачання, негативні наслідки яких, незважаючи на усі нововведення, ніяк не вдається подолати.

Перша особливість — економічна необґрунтованість тарифів. Затвердження тарифів є досить тривалою процедурою, яка передбачає, з-поміж іншого, опублікування нових тарифів у ЗМІ не пізніше як за місяць до їх затвердження.

Також обов'язковим заходом є проведення громадського слухання. Громадське слухання проводиться з метою інформування мешканців щодо необхідності зміни тарифу, ознайомлення учасників слухання зі структурою тарифу та надання економічного обґрунтування його величини. Під час громадського слухання мешканці можуть висловити свої зауваження та пропозиції щодо теми обговорення та отримати відповіді від посадових осіб на питання, пов'язані зі зміною тарифів. Лише після цього тарифи можуть бути затверджені. Але, як показує досвід, за цей час складові витрат підприємств можуть суттєво зрости.

Може підвищитися вартість газу, електроенергії, матеріалів тощо (рис. 3.5). Тому затверджений тариф уже не відповідатиме економічно обґрунтованим витратам і буде збитковим.

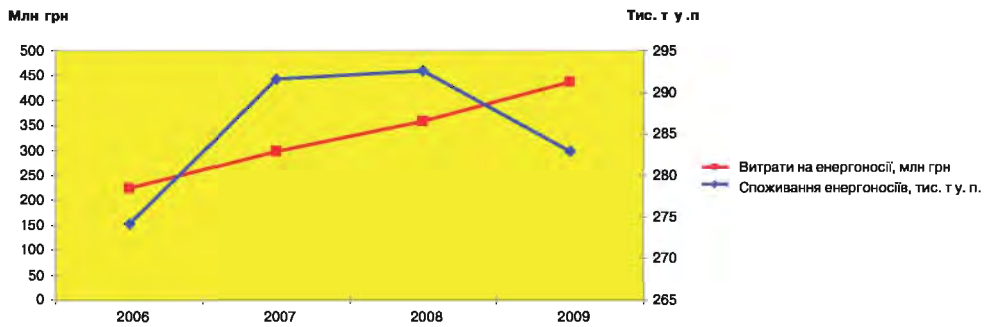


Рисунок 3.5 — Витрати на енергоносії та обсяги споживання енергоносіїв (на прикладі м. Луцька)

Друга особливість — заполітизованість тарифів. Тариф — це економічна категорія. У всьому світі в усі часи до всіх без винятку товарів (послуг) застосовується єдиний економічний закон — зростання собівартості товару або послуги супроводжується зростанням їх ціни.

В Україні прийняття рішення про підвищення тарифів для органів місцевої влади – це насамперед питання політичне. Як висловилася одна публічна особа: «Ковбаса – це кулінарний виріб, а дешева ковбаса – політичний виріб». На жаль, таким «політичним виробом» є і комунальні тарифи. Чим ближче до чергових виборів, тим більше депутатів міських рад починає хвилювати соціальна захищеність людей, споживачів комунальних послуг, яку це підвищення «знищує».

«Прийду до влади — зменшу тарифи» – основний сенс принадних гасел багатьох депутатів, яких більше хвилює перша частина гасла, бо друга — це вже обіцянка, яку все одно виконати неможливо.

В результаті у деяких містах України тарифи не підвищують роками, кредиторська заборгованість комунальних підприємств (заборгованість перед організаціями — постачальниками газу, електроенергії, перед бюджетом тощо) зростає до десятків і навіть сотень мільйонів гривень. За таких умов підприємству теплопостачання іноді важко знайти гроші навіть для виплати заробітної платні, годі вже говорити про впровадження заходів з енергозбереження.

Третя особливість — відсутність у тарифі інвестиційної складової. Комунальне підприємство може здійснювати інвестування енергозберігальних проектів власними силами лише за рахунок прибутку та амортизаційних відрахувань. Як вже зазначалося, більшість підприємств теплопостачання є збитковими, тому прибуток, як джерело інвестування, використовувати не можуть. Його просто немає.

Амортизація — процес поступового перенесення вартості основних фондів на продукт, що виготовляється за їх допомогою. Для заміщення зношеної частини основних засобів виробництва підприємства здійснюють амортизаційні відрахування, тобто відрахування певних грошових сум відповідно до розмірів фізичного та морального зносу засобів виробництва.

Амортизаційні відрахування здійснюються за встановленими нормативами. Річна норма амортизаційних відрахувань визначається у відсотках від початкової вартості об'єктів. Амортизаційні відрахування обчислюються щомісяця у розмірі 1/12 частини річних норм, зараховуються до амортизаційного фонду і включаються у собівартість продукції або витрати обігу.

За рахунок амортизації підприємство виводить певну суму грошей з суми оподаткування на прибуток і може спрямовувати ці кошти на закупівлю більш енергоефективного устаткування, заміну зношених ділянок тепломереж тощо.

Проте якщо підприємство працює у збиток, його амортизація залишається лише на папері і ніяк не може бути джерелом фінансування інвестиційних проектів.

Вирішенням цієї проблеми могло б стати введення у структуру тарифу інвестиційної складової, як це відбувається у багатьох країнах, наприклад США. Структура тарифу тоді б передбачала:

— витрати (собівартість);
— інвестиційну складову;
— прибуток.

Внесення в тариф інвестиційної складової дало б змогу акумулювати грошові кошти на спеціальному рахунку, тим самим забезпечивши їх цільове призначення. Кошти могли б спрямовуватися на реалізацію енергозберігальних проектів, а у випадку їх невикористання — вилучалися б державою. Такий механізм стимулював би комунальні підприємства розробляти та реалізовувати енергоефективні проекти.

Дебіторська заборгованість населення. Інша, не менш важлива фінансова проблема підприємства виникає тому, що не всі споживачі своєчасно та у повному обсязі розраховуються за отримані послуги теплопостачання. Найбільшим споживачем та боржником комунального підприємства практично у всіх містах України є населення. Населення у більшості міст споживає від 50 до 80 % виробленого комунальним підприємством тепла. Відповідно і оплата населення за послуги повинна становити левову частку доходів підприємства.

Сума коштів, яку підприємство мало б отримати від споживачів за надані ним послуги, називають доходами нарахованими ($Д_{нар.}$). Сума коштів, яку споживачі насправді заплатили підприємству за послуги – доходи отримані ($Д_{отр.}$). Різниця між нарахованими та отриманими доходами складає так звану дебіторську заборгованість (ДЗ):

$$ДЗ = Д_{нар.} - Д_{отр.} \quad (3.10)$$

Заборгованість населення по оплаті житлово-комунальних послуг на початок серпня 2010 р. сягнула більш як 10 млрд грн. Середній термін заборгованості населення за всі послуги становив 4 місяці.

Якщо комунальне підприємство має велику дебіторську заборгованість, то внаслідок браку коштів воно не може розрахуватися із постачальниками природного газу, електроенергії, матеріалів, не може вчасно виплачувати зарплатню своїм працівникам, не може сплатити податки, його фінансове становище ще більше погіршується. Підприємство саме стає боржником.

Сума коштів, яку підприємство мало б заплатити своїм кредиторам (постачальникам енергоресурсів та матеріалів, працівникам підприємства, бюджету тощо) називають витратами нарахованими ($В_{нар.}$). Сума коштів, яку підприємство сплатило своїм кредиторам, – витрати оплачені ($В_{опл.}$). Різниця між нарахованими та оплаченими витратами складає так звану кредиторську заборгованість (КЗ):

$$КЗ = В_{нар.} - В_{опл.} \quad (3.11)$$

Тобто кредиторська заборгованість – це сума коштів, яку підприємство має сплатити своїм кредиторам.

Високий рівень дебіторської і кредиторської заборгованості негативно позначається на фінансовому стані підприємства. Через велику суму заборгованості перед постачальниками енергоресурсів підприємства теплопостачання часто не можуть підготуватися до опалювального сезону належним чином та вчасно його розпочати, не кажучи вже про підвищення якості послуг.

Низькі показники фінансової стійкості та ліквідності, відсутність прибутку практично повністю закривають перед підприємствами теплопостачання можливість залучення міжнародних кредитів з низькою відсотковою ставкою, які можна було б спрямувати на енергоефективні проекти.

Проблеми впровадження заходів з енергозбереження на тепломережах (при транспортуванні теплової енергії). Економічні проблеми, пов'язані з енергозбереженням під час транспортування теплової енергії, виокремлено з трьох причин.

По-перше, в деяких містах України генерувальні підприємства належать приватним структурам, але тепломережі все одно залишаються в комунальній власності.

По-друге, за новими умовами ліцензування на транспортування теплової енергії розраховується окремий тариф, навіть якщо підприємство теплопостачання і генерує теплову енергію та постачає її споживачам.

По-третє, енергозберігальні проекти у сфері транспортування теплової енергії полягають здебільшого в заміні зношених труб на нові, попередньо ізольовані, з меншим коефіцієнтом втрат тепла. Такі проекти значно більш витратні, ніж усі інші і належать до проектів з дуже тривалим періодом окупності. Наприклад, заміна наявних трубопроводів зовнішніх теплових мереж попередньо ізольованими трубами коштуватиме м. Луцьку майже 465 млн грн, а розрахунковий

термін окупності проекту становить більш як 30 років. При цьому в середньому досяжне зниження тепловтрат не перевищуватиме 5...6 %.

Проблеми впровадження заходів з енергозбереження, пов'язані із споживанням теплової енергії. Впровадження енергозберігальних заходів потребує значних інвестицій, особливо для масштабних проектів, наприклад термомодернізація будівлі. Визначимо джерела можливого фінансування такого проекту.

Місцевий бюджет. У середньому звичайна низка заходів з утеплення типового будинку потребуватиме 1,6...2 млн грн. У такому відносно невеликому місті, як Луцьк житловий фонд і об'єкти комунальної власності налічують близько 1700 будівель. Бюджет міста Луцька в 2009 р. склав 329 млн грн, у тому числі, бюджет розвитку, з якого можуть фінансуватися подібні проекти, — 23,4 млн грн. Неважко порахувати, що повна термомодернізація житлового і муніципального секторів обійшлася б місту до 26 міських бюджетів 2009 р. або до 363 бюджетів розвитку. Хоча потенціал енергозбереження (при зниженні витрат у 2 рази) приніс би місту і його мешканцям лише в 2009 р. економію в 220 млн грн, причому зі зростанням цін на енергоресурси ця економія б лише збільшувалася.

Держава. У проекті бюджету на 2010 р. на енергозбереження в цілому по Україні заплановано 500 млн грн. Навіть якщо б в Україні було лише одне місто – Луцьк, — державі довелося би витратити 20 років на термомодернізацію його житлового фонду. А Луцьк не найбільше місто з 459 міст України (на 1.01.2010 р.).

Мешканці будинків. Залежно від глибини термомодернізації і стану будинку витрати в перерахунку на сім'ю, що проживає в квартирі багатоповерхового будинку, можуть скласти 20...35 тис. грн. Безумовно, що у кожному середньому будинку є сім'ї, які можуть собі це дозволити, але значно більше таких, у яких немає відповідних грошей, а якби були, то зовсім не обов'язково, що у них з'явиться бажання ці гроші витрачати на енергозбереження.

Тому вкрай важливим є проведення інформаційно-роз'яснювальної роботи серед населення, щоб пояснити мешканцям необхідність їх участі у заходах з енергозбереження.

Формування нових економічних відносин у сфері теплопостачання має враховувати особливості діяльності підприємств, які виробляють та надають тепло, зокрема:

— природний монополізм;
— нерозривність, взаємозв'язок та послідовність технологічних процесів виробництва, транспортування та споживання послуг;
— складність інженерної інфраструктури, що відноситься до конкретної території, залежність організації виробництва від місцевих умов;
— неможливість для споживача компенсації ненаданих послуг в один період за рахунок більшого обсягу в інший період.

У зв'язку з цим діяльність підприємств теплопостачання потребує ефективного регулювання з боку держави і місцевих органів влади, яке передбачає:

— формування виробничих та інвестиційних програм на основі перспективних схем теплопостачання міст і населених пунктів;

— щорічне тарифне регулювання з урахуванням скорочення свідомо нераціональних витрат;
— прозорість формування тарифів;
— проведення моніторингу діяльності підприємств;
— забезпечення обліку та регулювання споживання основних комунальних послуг, що дасть можливість здійснити перехід від оплати за нормативами споживання до оплати згідно з показниками приладів обліку;
— економічно обґрунтований розвиток схем теплопостачання населених пунктів.

Для упровадження ефективного ринкового механізму функціонування комунальної теплоенергетики необхідно прийняти низку нових законодавчих актів та змін до чинних законів, цільову програму стабілізації роботи та розвитку комунальної теплоенергетики України.

3.3 Проблеми споживачів тепла

Ви ознайомились з проблемами підприємства теплопостачання, а які ж проблеми турбують споживачів його послуг?

Як правило, більшість проблем споживачів пов'язані з невідповідністю дійсних параметрів внутрішнього повітря очікуваним комфортним умовам у приміщеннях будівель.

Поняття теплового комфорту є досить складним, а межі зони комфорту для різних людей становлять від +18 ^{0}C до +28 ^{0}C температури повітря у приміщенні. Стан комфортності визначається не лише температурою повітря, а й його вологістю, температурою огороджень, повітрообміном, характеристиками одягу, характером занять і роботи людини[28] .

На сьогодні централізовані системи теплопостачання з центральним регулюванням відпуску теплоти практично не в змозі забезпечити *індивідуальний* рівень вимог до комфортних умов.

Таким чином, виникає ще одна суттєва проблема на рівні споживання теплової енергії – забезпечення можливості місцевого регулювання тепловіддачі нагрівальних пристроїв у кожній кімнаті будівлі і отримання, таким чином, бажаних для кожного споживача, параметрів внутрішнього повітря. Це саме стосується і температури гарячої води.

Центральне регулювання на центральному тепловому пункті або котельні за умови подачі теплоти різним за призначенням будівлям (житловим, громадським, виробничим) і режиму споживання теплоти їх інженерних систем (опалення, гаряче водопостачання, вентиляція) не може забезпечити ідеальне регулювання і стійку роботу систем опалення.

[28] 1. Холщевников В.В. Климат местности и микроклимат помещений. — М., 2001.
2. Делль Р.А., Афанасьева Р.Ф., Чубарова З.С. Гигиена одежды. — М.: Легпромбытиздат, 1991.

Стійкість роботи підвищується за умови наближення місця проведення регулювання до споживача, за рахунок більш повного врахування різноманітних чинників, які визначають теплоспоживання будівлі та уподобання людей. У ході такого місцевого регулювання виникає можливість враховувати такі особливості його експлуатації, як орієнтацію приміщень за сторонами горизонту, дію вітру, сонячної радіації, інші теплові надходження, які спричиняють зміну температурної ситуації у кожному приміщенні.

Значного економічного ефекту досягають за умови переривчастого опалення із змінним режимом роботи і зменшенням температури внутрішнього повітря у неробочий період часу (наприклад, у навчальних закладах) або у нічні години (в житлових будинках).

Але така проблема породжує ще одне невирішене до цього часу питання – в умовах індивідуального регулювання тепловіддачі опалювальних приладів необхідно забезпечити й *індивідуальний облік теплової енергії*.

Збільшення температури внутрішнього повітря у приміщенні повинно позначатися збільшенням суми оплати у рахунках за теплову енергію. Зауважимо, що збільшення середньої за опалювальний період температури внутрішнього повітря *лише на один градус* спричиняє збільшення витрат природного газу на опалення будинку об'ємом 10000 м^3 на 600 м^3. Зазначений вище рівень регулювання, на жаль, поки що неможливо реалізувати у більшості будівель з вертикальними системами опалення.

Намагання жителів регулювати тепловіддачу опалювальних приладів за рахунок несанкціонованого втручання в роботу таких систем опалення, заміни приладів і трубопроводів, зміни конфігурації системи, елементів теплового вузла вводу тощо призводить до повного розрегулювання не лише системи опалення в будинках, а й зовнішніх теплових мереж. І це є ще однією досить значною проблемою на рівні споживання теплоти.

Забезпечення місцевого регулювання можливе лише за умови повної реконструкції інженерних систем у будинку, встановлення балансувальних клапанів і регуляторів.

За усталеними правилами для будівель із незначними тепловиділеннями тривалість опалювального періоду визначається за кількістю днів із стійкою середньою добовою температурою зовнішнього повітря меншою за +8 ^{0}С. Це спричинено тими міркуваннями, що за таких і більших температур теплонадходження у будинку повинні компенсувати тепловтрати, тоді будуть забезпечені комфортні теплові умови у приміщеннях. Але часто після періоду потепління знову приходять холоди, а роботу централізованої системи теплопостачання вже не поновлюють. У такий період температура внутрішнього повітря зменшується нижче нормованих параметрів, що спричиняє нарікання і скарги споживачів.

Природним було б продовжувати опалювальний період і подачу теплоносія споживачам до більш усталених позитивних температур зовнішнього повітря. Початок опалювального періоду і циркуляцію теплоносія в теплових мережах також логічно було б перенести на період із більшими температурами зовнішнього повітря.

В умовах можливості місцевого регулювання відпуску теплоти сам споживач повинен зробити вибір щодо необхідності підключення до централізованих мереж і подачі теплоти у приміщення. Система теплопостачання має надати можливість споживачеві реалізувати таке бажання за власним вибором.

Проте впровадження такого режиму роботи мережі потребує змін у схемі не лише теплопостачання, а й переходу на інші способи регулювання відпуску теплоти, змін нормативної бази і методики визначення тарифів.

Узагальнюючи можна зазначити, що основні проблеми споживачів лежать у площині необхідності впровадження систем індивідуального споживання, регулювання і обліку теплової енергії, яка подається з централізованих систем теплопостачання.

Також споживачів турбують проблеми, пов'язані з гарячою водою. Досить багато мешканців скаржаться на недостатню температуру гарячої води. Іноді для отримання більш високої температури води необхідно значну кількість води випустити в каналізацію. Така ситуація спричинена відсутністю циркуляційних трубопроводів у будівлях. Це, по-перше, марні витрати води, а по-друге, якщо у квартирі є лічильник гарячої води, то споживачеві доводиться платити за фактично не використану гарячу воду.

У деяких містах узагалі немає централізованого гарячого водопостачання.

Проблеми підприємства теплопостачання та проблеми споживачів пов'язані між собою. Фінансові та технічні проблеми підприємства, про які зазначалось вище, знижують його спроможність надавати якісні послуги опалення та гарячого водопостачання.

Брак коштів внаслідок заборгованості споживачів та збиткових тарифів не дозволяє підприємству теплопостачання своєчасно та у необхідному обсязі закупати природний газ, що призводить до запізнення початку опалювального сезону та утруднює підтримку комфортної температури у помешканнях.

Але не все залежить від комунального підприємства. На температурні умови у квартирах, гуртожитках, приміщеннях ВНЗ також впливає стан внутрішньо будинкових систем опалення і опалювальних приладів у помешканнях.

Система опалення будівлі – це замкнута система трубопроводів, які забезпечують циркуляцію теплоносія (гарячої води) через опалювальні прилади системи, в яких відбувається охолодження теплоносія і нагрівання внутрішнього повітря та конструкцій будівлі. Через значну кількість приміщень у будівлі виникає необхідність прокладання трубопроводів – магістралей системи опалення (подавальної і зворотної). Вони прокладаються, як правило, у неопалювальних приміщеннях будинків – у підвалах або горищах. Для запобігання непродуктивних втрат теплоти на таких транзитних ділянках трубопроводів необхідно передбачити їх теплову ізоляцію.

Приєднання нагрівальних приладів до трубопроводів системи опалення може здійснюватись паралельно або послідовно (за рухом води). За цією ознакою системи називають однотрубними або двотрубними. Циркуляція теплоносія в трубопроводах системи опалення здійснюється примусово за допомогою циркуля-

ційних помп (це потребує додаткових витрат електричної енергії на приведення у дію таких помп) або природно за рахунок гравітаційного тиску, який виникає внаслідок різної ваги води у вертикальних ділянках подавальних трубопроводів з більш високою температурою води і зворотних трубопроводів – з охолодженою водою.

Температура води в системах опалення житлових будинків, гуртожитків і приміщень ВНЗ повинна становити 95 ^{0}C – в подавальній магістралі і 70 ^{0}C – у зворотній – після віддачі теплоти у нагрівальних пристроях. Але такі значення температури матимуть місце лише за умови розрахункової температури зовнішнього повітря для розрахунку системи опалення – за таку температуру приймається температура найбільш холодної п'ятиденки ($t_з$).

Значення розрахункових температур приймається за нормативною документацією (СНиП 23—01—99 «Строительная климатология») залежно від району розташування будівлі. За інших температур зовнішнього повітря (наприклад, за умови потепління) температура води в системі опалення буде меншою за 95/70 ^{0}C. Таким чином, здійснюється регулювання тепловіддачі нагрівальних пристроїв і забезпечення комфортних умов у приміщеннях за будь-яких температур зовнішнього повітря.

Отже, кожній температурі зовнішнього повітря відповідає певне значення температур в подавальному і зворотному трубопроводі системи опалення. При перевищенні зазначених величин будівля перевитрачає теплову енергію, що призводить до підвищення температури внутрішнього повітря. Для забезпечення комфортних умов життєзабезпечення люди змушені відкривати кватирки і здійснювати таким чином регулювання відпуску теплоти. Так виникають додаткові втрати теплоти.

Іншими причинами необхідності збільшувати відпуск теплоти до системи опалення або підтримувати підвищену, порівняно з нормованими величинами, температуру теплоносія з метою забезпечення нормованих параметрів мікроклімату в приміщеннях можуть бути такі:

— низькі теплозахисні характеристики огороджувальних конструкцій;
— зношені віконні рами;
— відсутність ущільнення в рамах;
— відсутність теплової ізоляції на перекритті горища;
— постійно відкриті вхідні двері до будівлі у холодний період року;
— нещільності у вхідних дверях;
— закриті шторами або декоративними екранами нагрівальні прилади;
— замулення трубопроводів і нагрівальних пристроїв системи опалення (результат відсутності періодичного міжсезонного промивання системи опалення);
— наявність повітря в трубопроводах і нагрівальних пристроях системи;
— відсутність або непрацездатність регулювальної арматури на стояках і біля опалювальних пристроїв системи опалення;
— гідравлічна і теплова розрегульованість систем і все інше, що призводить до марнування теплоти і збільшення платежів за комунальні послуги.

Більш детально із способами запобігання втрат теплоти на етапі її розподі-

лення по будинку і споживання ми ознайомимось під час розгляду правил проведення енергетичного аудиту будівель.

Контроль за температурою води у подавальному і зворотному трубопроводах системи опалення дає можливість у першому наближенні зробити оцінку ефективності системи регулювання відпуску теплоти.

Вимірювання температури води необхідно здійснювати у тепловому вузлі вводу за показаннями штатних термометрів, які містяться після теплового вузла вводу. За наявності у вузлі вводу теплового лічильника можна скористатись показаннями датчиків температури води у подавальній і зворотній магістралях, які виводяться за певною командою на дисплей лічильника.

Регулювання величини температури води в системі опалення здійснюється в котельні за рахунок відповідної зміни кількості палива (за умови відпуску теплоти з котельні за температурним графіком 95/70 ^{0}C), у котельні і тепловому вузлі вводу будинку або в центральному тепловому пункті (за умови відпуску теплоти з котельні за температурним графіком, який вище за 95/70 ^{0}C) залежно від прийнятої схеми теплопостачання.

Для можливості контролю і порівняння одержаних значень температур води з нормованими значеннями у таблиці додатку Г наводяться значення розрахункової для системи опалення температури зовнішнього повітря для деяких міст України (середньої температури найбільш холодної п'ятиденки, нормоване значення середньої температури опалювального періоду і тривалість опалювального періоду).

Тривалість опалювального періоду в Україні визначається як тривалість періоду часу з середньою добовою температурою повітря, меншою або рівною +8 ^{0}C. Так, для м. Львова розрахункова температура зовнішнього повітря становить –19 ^{0}C, середня температура опалювального періоду –0 ^{0}C, а нормована тривалість опалювального періоду — 179 діб.

У результаті зміни клімату нормовані параметри зовнішнього повітря можуть відрізнятись від фактичних. У зв'язку із зазначеним вище, під час обстежень будинків характеристики зовнішнього повітря доцільно приймати за даними місцевих гідрометеостанцій.

Таблиця додатку Е дає можливість визначити нормовані величини температур води в подавальній і зворотній магістралях системи опалення за будь-яких температур зовнішнього повітря. Для зручності користування такими даними рекомендується побудувати графік температур у подавальному і зворотному трубопроводах залежно від температури зовнішнього повітря для свого населеного пункту.

В подальшому на такий графік можна наносити результати спостережень за дійсними значеннями температури води і робити відповідні висновки. Зразок побудови такого графіка показаний на рис. 6.7.

Для забезпечення можливості теплового розширення води система опалення повинна мати розширювальний бак, а для видалення повітря із води – пристрої для збирання повітря і його видалення – вони встановлюються у найвищих точках системи і від них необхідно забезпечити ухил вниз трубопроводів системи опалення.

Система опалення має бути забезпечена системою подачі палива з можливістю постійного контролю витрат палива, системою подачі підживлювальної води з обов'язковим контролем кількості витраченої на підживлення води і системою подачі електричної енергії з її обов'язковим обліком. Вказані енергоносії і вода, разом з іншими витратами на експлуатацію системи, визначатимуть економічну ефективність роботи системи. У ході обстеження таких систем необхідно контролювати показання лічильників палива, води і електроенергії залежно від температури зовнішнього повітря.

Порівняння отриманих величин з нормованими значеннями дасть можливість вчасно виявити причину наднормативних витрат енергоносіїв і запобігти значним втратам. Так, підвищення витрат води в системі підживлення означає наявність витоків води в системі, які необхідно якомога швидше ліквідувати. Збільшення витрат палива свідчить про втрати теплоти в системі вироблення, транспортування або споживання. Такий контроль за витратами енергоносіїв, разом з контролем за температурою теплоносія, дає можливість створити систему енергоменеджменту, яка є одним із енергозберігальних заходів, можливих і найбільш вірогідних до впровадження.

Опалювальні прилади – один із основних елементів системи опалення – призначений для передачі теплоти від теплоносія до приміщення, яке обігрівається.

Тепловіддача нагрівальних пристроїв і трубопроводів системи опалення повинна компенсувати потребу приміщення у теплоті. Це є запорукою забезпечення необхідних параметрів внутрішнього повітря. Саме з таких умов і визначається необхідна поверхня нагрівальних пристроїв – F, м^2. Для забезпечення необхідної тепловіддачі у прилад повинна надходити певна кількість теплоносія в одиницю часу M кг / год.

Для оцінювання ситуації під час проведення обстеження кімнати гуртожитку чи аудиторії ВНЗ необхідно знати, що існують радіаційні опалювальні прилади, які не менш як 50 % теплоти загального теплового потоку передають випромінюванням. До них належать випромінювачі та панелі, які розміщуються у верхній зоні приміщення; конвекційно-радіаційні прилади, які передають конвекцією від 50 до 75 % загального теплового потоку – радіатори, опалювальні панелі; та конвективні прилади, які передають конвекцією не менш як 75 % загального теплового потоку. Такі прилади називають конвекторами.

Вид і тип встановлюваного у приміщенні приладу повинні задовольняти низці вимог:

— необхідна тепловіддача за умови незначної поверхні, особливо горизонтальної, для зменшення відкладення пилу. Якщо відносну величину тепловіддачі приладу віднести до 1 м його довжини, то найбільшу величину тепловіддачі матиме радіатор секційний, який широко використовується в житлових кімнатах і аудиторіях. Його тепловіддачу приймають за 100 %, відносна тепловіддача конвектора становить близько 70 %, панельного радіатора – 50 %, конвектора без кожуха – 30 %, гладкої труби –13 % тепловіддачі одиниці довжини секційного радіатора;
— поверхня приладу повинна бути доступною і зручною для очистки від пилу;

— прилад доцільно встановлювати уздовж зовнішньої стіни під вікном, що зменшує радіаційне охолодження, оскільки запобігає утворенню холодного потоку повітря від вікна і підвищує температуру внутрішньої поверхні зовнішньої стіни. Довжина приладу повинна бути не менш як 75 % ширини вікна. Збільшення довжини приладу і зменшення його висоти покращує тепловий режим приміщення і зменшує витрати теплоти на опалення. Для суцільно засклених приміщень з низькою температурою на внутрішній поверхні огородження доцільно використовувати низькі конвектори;
— суттєве скорочення витрат теплоти можна досягти за рахунок запобігання перегрівання верхньої зони сходових клітин і встановлення опалювальних приладів у нижній їх частині, біля вхідних дверей;
— пофарбування приладу – покриття цинковими білилами збільшує теплопередачу чавунного секційного радіатора на 2...3 %, а алюмінієва фарба, яка розчинена у нітролаку, скорочує на 8...9 %. Пофарбування ж конвекторів не впливає на їх теплопередачу;
— можливість індивідуального регулювання тепловіддачі приладів за допомогою кранів на подавальному або зворотному трубопроводах, автоматичне регулювання тепловіддачі нагрівальних приладів забезпечується за допомогою термостатичних клапанів. Їх встановлення перед приладами є обов'язковим відповідно до вимог нормативної документації. В конвекторі ж регулювання здійснюється повітряним клапаном за рахунок зміни кількості повітря, яке циркулює через конвектор;
— коефіцієнт теплопередачі опалювального приладу зменшується за умови перенесення приладу в нішу стіни. Декоративне огородження, виконане без урахування теплотехнічних вимог, може суттєво зменшити коефіцієнт теплопередачі і тепловіддачу опалювального пристрою.

Тому конструкція такого огородження, яка зменшує тепловіддачу приладу, наприклад випромінюванням (за рахунок закривання фронтальної поверхні приладу), повинна сприяти збільшенню конвективної тепловіддачі. Вертикальний щит, який розміщується вздовж поверхні радіатора, перетворює радіатор у конвектор і відповідає таким вимогам.

Якщо за естетичними вимогами все ж таки декорування приладу необхідне, то відповідно до вимог нормативної документації тепловіддача укритого приладу не повинна зменшуватись більш ніж на 10 % порівняно з відкритим.

3.4 Потенціал енергозбереження в комунальній теплоенергетиці

Розглянемо потенціал енергозбереження, який існує сьогодні у теплоенергетиці під час вироблення, транспортування та споживання теплоти.

На рис. 3.4 подано схему подачі теплоти від котельні до споживача з оцінюванням можливих втрат теплоти на окремих ділянках схеми, елементах будівель і етапах генерування. На схемі подано графіки, які показують, як змінюється

первинна, запозичена у природи і підведена у вигляді палива, енергія у процесі її вироблення, транспортування та споживання. Верхній графік (синього кольору) характеризує мінімально можливі, з огляду на сучасний рівень розвитку систем теплопостачання на базі не конденсаційних котлів, втрати теплоти на усіх рівнях трансформації (ідеальна система), а нижній (червоного кольору) характеризує динаміку зміни первинного потенціалу палива і втрати теплоти на усереднений фактичний стан систем теплопостачання в Україні.

Як видно з рис. 3.4, із 100 % теплоти, яка надходить із потенціалом палива в теплогенерувальні пристрої, частина енергії буде втраченою вже на самому етапі вироблення теплоти – у котельні. До 8...9 % первинного потенціалу втрачається з відхідними гарячими газами з котлів (мінімально можлива середньорічна величина таких втрат становить до 7 %); до 2 % теплоти втрачається від нагрітої поверхні котлів у довкілля (вказані втрати можуть бути мінімізовані до 1 %); втрати на власні потреби котельні становлять 2...3 % (для котелень, які працюють із значним недовантаженням, такі втрати можуть збільшуватись до 8...10 %), хоча цілком реально зменшити величину таких втрат до 1 % теплового потенціалу палива.

Усереднена сумарна величина втрат теплоти на етапі її вироблення в Україні становить, за експертною оцінкою, до 16...19 %, а в ідеальній системі дорівнює 11...12 % (див. рис. 3.8 і 3.9).

Наступний етап – транспортування теплоносіїв. На цьому лінійному відрізку також є втрати теплоти, тому лінія витрат теплоти плавно спадає вниз. Загальні втрати енергії на етапі транспортування: усереднений фактичний стан — 12...14 %, можливий (за умови використання попередньо ізольованих трубопроводів) – до 7...9 % на протяжних трасах теплових мереж.

Після етапу транспортування теплова енергія надходить до споживачів теплоти. Втрати теплоти через окремі елементи будівлі (у % первинної кількості теплоти палива) також показано на рис. 3.4. До прикладу, усереднена величина втрат теплоти через вікна в будівлях становить 19,2 %, але за умови заміни вікон чи їх реконструкції з метою досягнення сучасного рівня вимог до теплозахисних характеристик огороджень частку втрат теплоти через вікна може бути суттєво знижено.

Частка втрат теплоти через зовнішні стіни на сьогодні становить близько 38 % первинної енергії палива, але за умови збільшення термічного опору теплопередачі стін до нормованих значень ці втрати теплоти можуть бути зменшені до вказаної на графіку величини — 14 %. Аналогічно по інших конструкціях будівлі.

Таким чином, враховуючи втрати «на шляху до споживача», можемо зробити висновок, що до споживачів надходить лише 68...72 % енергетичного потенціалу палива (або 81...84 % виробленої в котельні теплової енергії). Втрати у споживачів, які становлять 37...42 % енергетичного потенціалу палива або 54...58 % теплової енергії, яка відпущена споживачеві, розподіляються таким чином (див. рис. 3.8):

— втрати у внутрішньо будинковій розподільній системі. Це втрати, пов'язані з відсутністю теплової ізоляції на трубопроводах, що прокладаються

у неопалювальних приміщеннях будинку та ін. За *відсутності* такої ізоляції (або недостатньо якісної ізоляції) втрати не перевищують 5,5...6,5 % потенціалу палива, або 8,1...9,0 % теплової енергії, що відпущена споживачеві;

— втрати, пов'язані з неефективним виділенням теплоти у нагрівальних приладах (втрати під час тепловіддачі). Ці втрати зумовлені відсутністю регулювання відпуску теплової енергії та температури внутрішнього повітря, неправильним встановленням нагрівальних приладів, відсутністю балансування, відсутністю використання теплоакумуляційних властивостей будівлі. У середньому величина таких втрат теплової енергії може досягати 7...8 % потенціалу палива, або 10,3...11,1 % теплової енергії, що відпущена споживачеві;

— втрати теплової енергії, які виникають внаслідок низьких теплозахисних характеристик будинків і відсутності регулювання у вузлі вводу, складають 24,5...27,5 % потенціалу палива (або 36...38 % теплової енергії, що відпущена споживачеві).

Отже, у будинку втрачається в середньому до 56 % теплової енергії, що відпущена споживачеві.

Наведене вище свідчить про те, що якби теплозахисні характеристики всіх будівель привести у відповідність до сучасних вимог, то потреба у тепловій енергії для опалення житлового фонду становила би близько 44 % того, що сьогодні подається до будинку. Втратам цієї кількості теплоти у будівлях запобігти важче, оскільки ця величина відповідає встановленим сучасним нормативам теплозахисних характеристик огороджень, величина яких визначається техніко-економічними розрахунками та відповідає сучасному стану ринку будівельних матеріалів і енергоносіїв.

Потенціал енергозбереження у системі централізованого теплопостачання будемо визначати як різницю між втратами теплової енергії, які є сьогодні, та тими втратами, які би мали місце у так званій ідеальній системі теплопостачання. При цьому ідеальна система теплопостачання характеризується сукупністю таких ознак (рис. 3.6):

— коефіцієнт корисної дії котлів становить 89...90 % (тобто втрати теплової енергії у котлах на етапі її виробництва складають не більш як 10...11 % потенціалу палива);

— втрати теплової енергії на власні потреби – 1 % енергетичного потенціалу палива;

— втрати в теплових мережах (за умови, що всі мережі будуть попередньо ізольовані) – 7...8 % енергетичного потенціалу палива;

— втрати теплової енергії у внутрішньо будинковій розподільній системі та при тепловіддачі – 3...5 % енергетичного потенціалу палива.

Як свідчать дані, наведені на рис. 3.6, втрати теплової енергії в ідеальній системі теплопостачання можуть складати 20...24 % потенціалу палива. Водночас сьогодні втрати теплової енергії у системі централізованого теплопостачання (рис. 3.5) оцінюються на рівні 65...74 % потенціалу палива.

Отже, потенціал енергозбереження у системі централізованого теплопостачання в Україні орієнтовно становить 45...50 % енергетичного потенціалу палива. Зокрема:

— на етапі виробництва – 4...8 %;
— на етапі транспортування – 5...6 %;
— на етапі споживання – 34...37 % потенціалу палива.

Реалізація цього потенціалу потребує впровадження низки енергозберігальних заходів, зокрема:

1. Термомодернізація усіх житлових і громадських будинків.
2. Повна заміна трубопроводів теплових мереж канального і надземного прокладання на попередньо ізольовані.
3. Облаштування у всіх будинках сучасних теплових вузлів вводу з погодним регулюванням.
4. Теплова ізоляція трубопроводів гарячої води у котельних і будинках.
5. Модернізація котелень з метою досягнення середньорічного ККД вироблення теплоти не менш як 90 %.

Повноцінна реалізація потенціалу енергозбереження на етапі виробництва, транспортування та споживання теплоти могла би забезпечити економію теплової енергії та еквівалентну їй економію палива орієнтовно до 50 %.

Витрати газу у комунальній енергетиці у 2008 р. становили 13 млрд м^3. Із них понад 70 % — витрати газу у житлових будинках. Таким чином, ефективно реалізовуючи потенціал енергозбереження, можна було б зекономити близько 6,5 млрд м^3 газу у житлових і громадських будинках: 4,8 млрд м^3 – у житлових будинках та 1,7 млрд м^3 – у громадських будинках.

Отже, за результатами наших розрахунків можна стверджувати, що в системах теплопостачання житлових і громадських будівель є значний потенціал енергозбереження. Проте реально оцінити енерговитрати та наявний потенціал енергозбереження конкретної будівлі ВНЗ можливо лише на основі проведення енергетичного аудиту таких будівель.

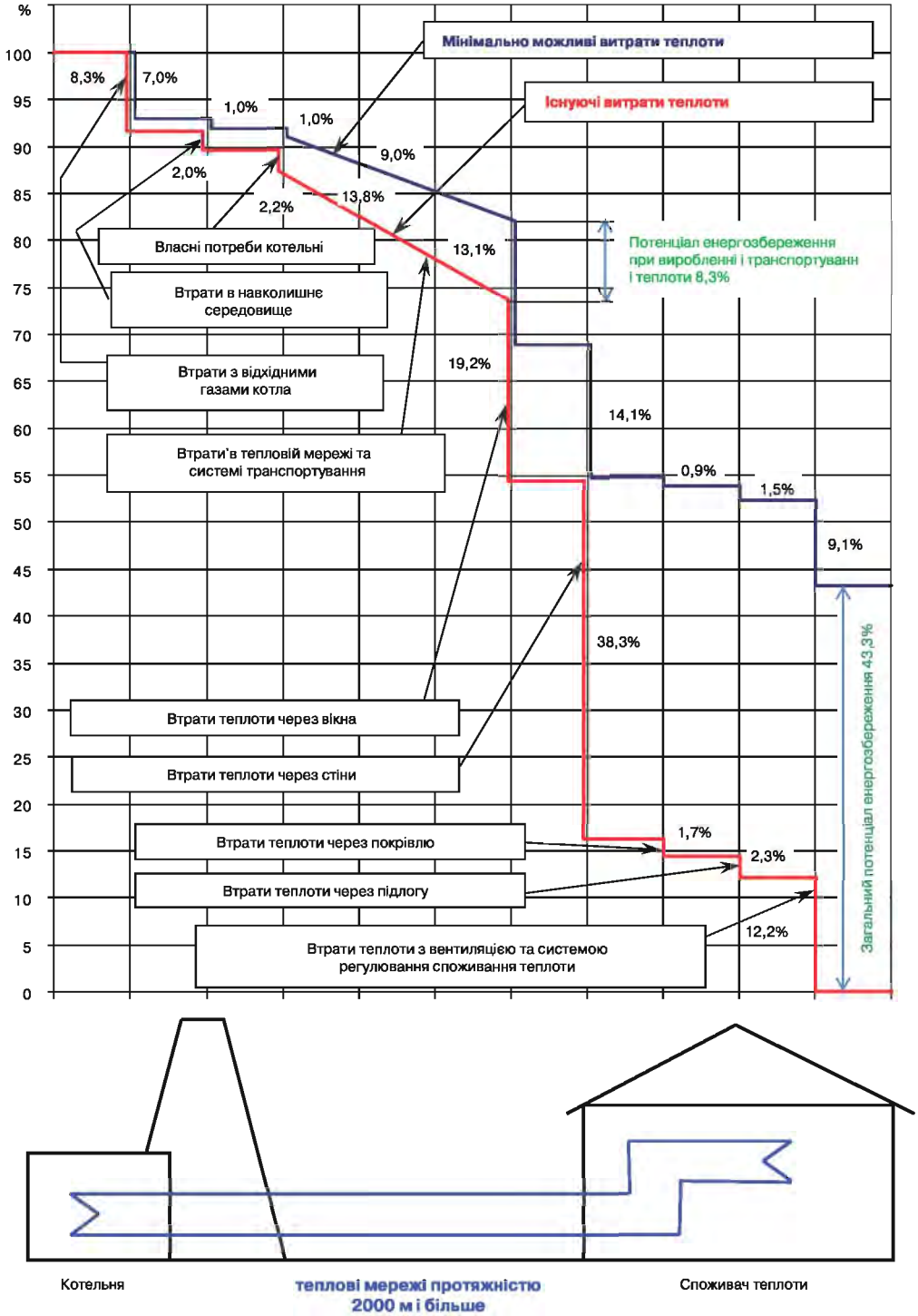


Рисунок 3.4 – Втрати тепла та оцінка потенціалу енергозбереження у системі теплопостачання

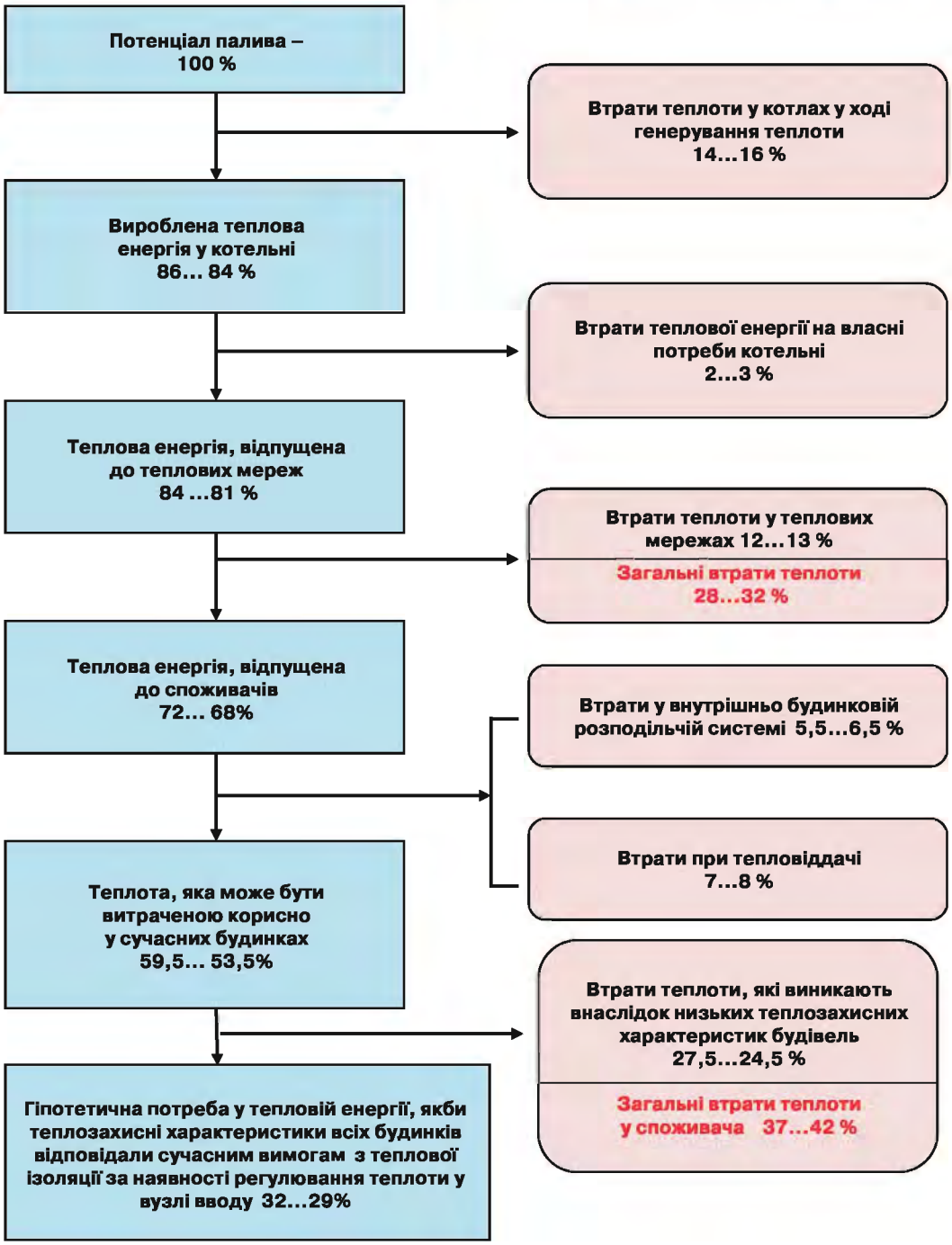


Рисунок 3.5 — Втрати теплової енергії у чинній системі централізованого теплопостачання (у % потенціалу палива)

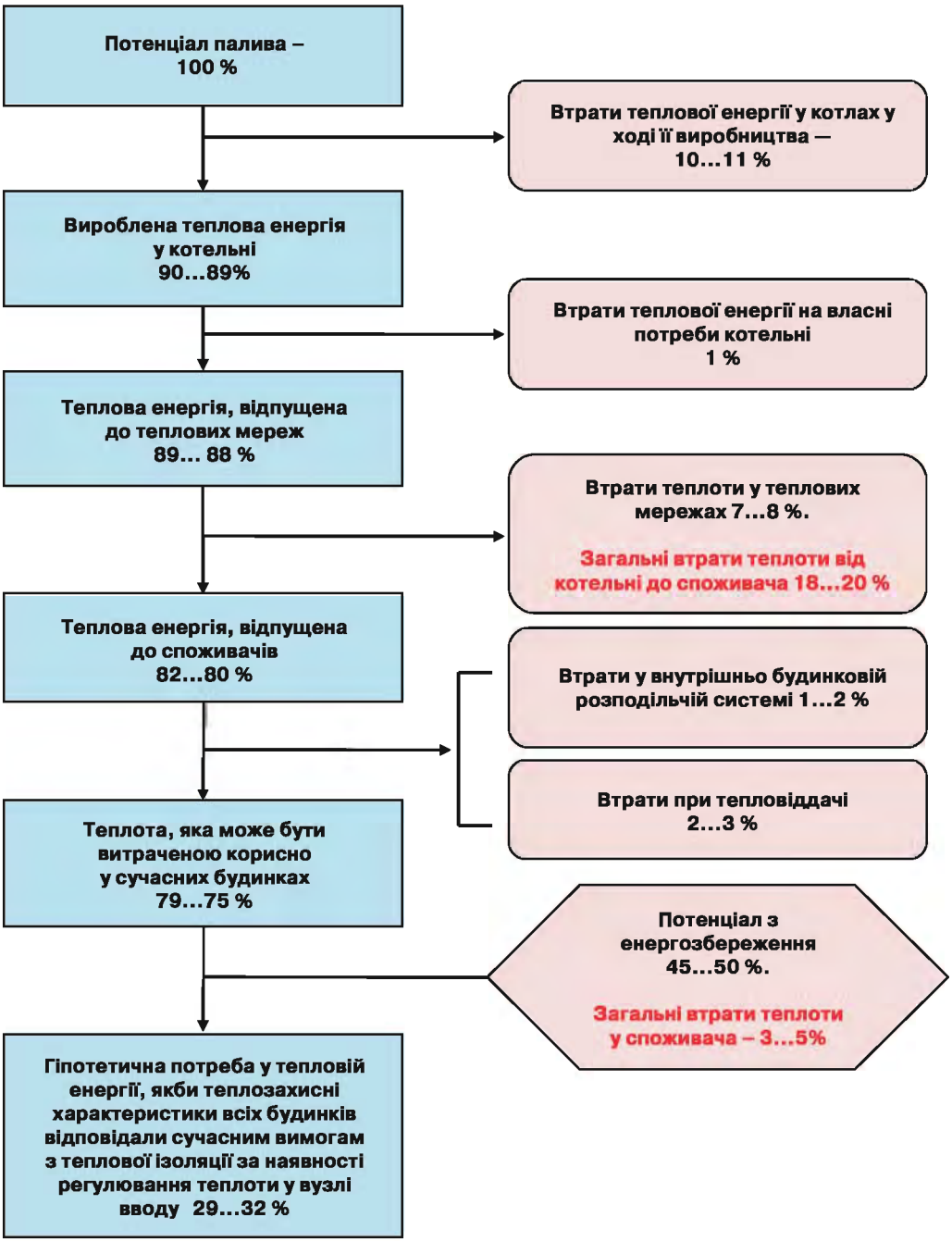


Рисунок 3.6 — Втрати теплової енергії в так званій ідеальній системі централізованого теплопостачання (у % потенціалу палива)

3.5 Екологічний аспект енергозбереження

Будь-які енергозберігальні заходи, які впроваджуються на етапах вироблення, транспортування і відпуску теплоти, спричиняють зменшення первинної кількості теплової енергії, яка використовується в джерелі вироблення енергії. Це, у свою чергу, призводить до еквівалентного скорочення витрат палива або іншого первинного енергоносія, оскільки зазначені витрати однозначно залежать від кількості теплоти, яка підводиться з паливом і визначається теплотою його згоряння.

Визначення величини витрат палив, які необхідні для отримання тієї чи іншої кількості теплоти на потреби життєдіяльності людини або виробничі процеси, здійснюється згідно із залежністю:

$$B = \frac{Q_к}{Q_н^р \cdot \eta_к}, \text{ нм}^3; \text{ кг}, \quad (3.12)$$

де

B – витрати енергоносія (палива) – для природного газу у м^3, під тиском в 1ат (101,3 кПа) і за температури 0 ^{0}С. Такі умови називають «нормальними» і позначають як нм^3. Для решти палив — у кг;

$Q_{н.}^р$ – довідникова величина теплоти згоряння палива за умов відсутності конденсації водяної пари у складі продуктів згоряння палива. Таку теплоту згоряння називають «нижчою теплотою згоряння» (на відміну від «вищої»[29]) і виражають у кВт · год / кг (м^3) або ккал / кг (м^3) і кДж / кг (м^3) – при використанні природного газу теплоту згоряння відносять до 1 м^3, а для решти палив – до 1 кг; 1 кВт · год = 860 ккал, а 1 ккал = 4,2 кДж;

$Q_к$ – кількість теплоти, яку необхідно виробити у джерелі теплоти для забезпечення потреб життєдіяльності людини або здійснення виробничих процесів. Ми вже зазначали, що цю величину називають теплопродуктивністю джерела теплоти і визначають за величиною потреби у тепловій енергії для створення нормованих умов життєдіяльності людини, нагрівання води для санітарно-гігієнічних потреб, здійснення того чи іншого технологічного виробничого процесу тощо з урахуванням втрат теплоти на етапах її споживання і транспортування.

Величину кількості теплоти виражають у кВт · год; ккал або кДж. Зменшення таких витрат теплоти є основним завданням у розробленні та впровадженні заходів з енергозбереження, яке потребує неординарних підходів, уважного ставлення до наявного стану речей і аналітичного мислення;

$\eta_к$ – коефіцієнт корисної дії процесу вироблення теплоти у теплогенерувальному пристрої. Зазначена величина залежить від виду пристрою, його конструкції, режиму роботи. Величину ККД приймають за паспортними даними

[29] Вища теплота згоряння палива – теплота згоряння палива з урахуванням теплоти конденсації водяної пари у складі продуктів згоряння.

теплогенерувальних пристроїв з урахуванням їх дійсного теплового навантаження. При зменшенні теплового навантаження відносно паспортних номінальних величин ККД має тенденцію до зменшення.

Разом із зменшенням витрат палива у ході впровадження енергозберігальних заходів, використання енергозаощадного обладнання і технологічних процесів скорочуються і викиди шкідливих речовин у атмосферу. Таке зменшення об'єму викидів називають *опосередкованим*, або *непрямим* — тобто таким, яке виникає не у результаті підвищення ефективності роботи газоочисного обладнання або якісних змін складу шкідливих інгредієнтів викидів, а є наслідком самого процесу зменшення споживання палива.

Із зазначеного випливає такий висновок: скорочення втрат теплоти на стадіях вироблення, транспортування і споживання дає можливість зменшити викиди шкідливих інгредієнтів у атмосферу.

Пояснимо зв'язок між енергозберігальним і екологічним ефектом. Найбільш розповсюдженими забруднювальними компонентами, які утворюються при згорянні палива, є такі:

CO_2 — діоксид вуглецю (вуглекислий газ) — неотруйний газ, нешкідливий для життя і навколишнього середовища, основний учасник процесу фотосинтезу у зеленому листі рослин. Але водночас, за рахунок селективної пропускної здатності відносно електромагнітного випромінювання Сонця, діоксид вуглецю CO_2 вважається одним із основних парникових газів (див. п. 2.7).

Основним джерелом надходження CO_2 в атмосферу є процеси згоряння вуглеводневого палива і отримання теплової енергії, тому CO_2 є індикатором теплового забруднення атмосфери. Існує точка зору, що порівняно з 1800 р. концентрація CO_2 у атмосфері збільшилась у 50 разів.

CO_2 — неодмінний основний компонент продуктів згоряння усіх вуглецевих видів палива. Тому основним способом зменшення викидів діоксиду вуглецю в атмосферу є скорочення витрат вуглеводневого палива через впровадження енергозберігальних заходів і технологій.

Сам процес згоряння вуглецевого палива з метою отримання теплоти є, по суті, процесом окиснення вуглецю. У процесі окиснення (горіння) і відбувається вивільнення енергії міжатомарних і молекулярних зв'язків палива. Отже, без утворення CO_2, на сучасному рівні розвитку науки і техніки не можливе і отримання енергії від вуглецевого палива.

Реакція горіння вуглецю (твердого палива у вигляді деревини або вугілля) у повітрі записується у такий спосіб:

$$C + (O_2 + 3{,}76\ N_2) = CO_2 + 3{,}76\ N_2 + Q\ ,$$

де комплекс (O_2 + 3,76 N_2) і являє собою хімічну формулу повітря, яке на 21 % складається із кисню і на 79 % — із азоту. А стехіометричні[30] коефіцієнти реакції горіння вказують на кількісні співвідношення між реагуючими компонентами.

[30] Стехіометричні коефіцієнти реакцій горіння – коефіцієнти, які встановлюють кількісні співвідношення між реагуючими речовинами реакцій горіння.

Так, із реакції горіння вуглецю випливає, що теоретична потреба у повітрі для повного згоряння вуглецю становить:1нм^3 кисню; O_2 + 3,76 нм^3 азоту; N_2 = 4,76 нм^3 повітря.

Реакція горіння основного компоненту природного газу – метану записується формулою:

$$CH_4 + 2 \cdot (O_2 + 3{,}76\ N_2) = CO_2 + 2\ H_2O + 7{,}52\ N_2 + Q.$$

Саме із зазначеного стехіометричного рівняння горіння метану і випливають вражаючі кількісні характеристики процесу горіння вуглеводневого палива – *для повного згоряння 1нм^3 метану необхідно вилучити із атмосфери теоретично 9,5 нм^3 (практично 10...11 нм^3) повітря.*

Для згоряння 1 нм^3 іншого горючого газу, який входить до складу скрапленого газу — пропану C_3H_8, потреба у повітрі становить уже близько 25 нм^3, із яких 5 нм^3 – потреба у кисні (O_2).

На його місце реакція горіння згенерує і поверне в атмосферу вже інші гази, а саме – 1 нм^3 (1,96 кг) CO_2 та 2 нм^3 (1,6 кг) водяної пари H_2O, яка, до речі, є основним природним парниковим газом, відповідальним за 60 % парникового ефекту[31]; крім того, до складу продуктів згоряння входить низка токсичних інгредієнтів.

Із наведених співвідношень зовсім нескладно визначити, наприклад, скільки чистого повітря залишиться в атмосфері кухні після годинної роботи лише однієї газової плити з витратами природного газу (метану) близько 1,2 нм^3 за годину, якщо початковий об'єм повітря у кухні становив 36 м^3 (для прикладу була прийнята типова кухня багатоквартирного будинку з площею 12 м^2 і висотою 3 м). А якщо таких плит на кухні гуртожитку встановлено три або чотири?

Так само нескладно визначити, якою буде концентрація CO_2, азоту і водяної пари після годинної роботи такої плити в такій кухні за умови відсутності або недостатньої вентиляції, що цілком реально за умови зачиненого вікна (склопакет у металопластиковій рамі) і при непрацюючому витяжному каналі внаслідок невиконання періодичних робіт з прочищення вентиляційних каналів. Мабуть, після виконання таких розрахунків стає зрозумілою обов'язкова необхідність заходів із забезпечення вентиляції у житлових приміщеннях або кімнатах, кухнях, вбиральнях (туалетах) і душових кімнат гуртожитків.

При згорянні водню діоксид вуглецю CO_2, так само як і CO, не утворюються (у складі водневого палива відсутній вуглець) і у продуктах згоряння такі компоненти будуть відсутні. Це суттєво зменшує шкідливий вплив продуктів згоряння палива на довкілля. Цим і спричинена назва водню, як «екологічно чистого

[31] Вплив водяної пари на парниковий ефект є неоднозначним. З одного боку, H_2O є парниковим газом, причому вміст водяної пари у повітрі суттєво залежить від температури. Збільшення температури повітря у разі потепління спричинить, за наявності природних і штучних джерел надходження H_2O, самочинне зростання вмісту водяної пари в атмосфері, збільшуючи парниковий ефект. Але одночасно з цим хмари з високим вмістом водяної пари віддзеркалюють частину прямих сонячних променів. При цьому збільшується альбедо Землі, що дещо зменшує парниковий ефект.

палива». До основних продуктів згоряння водню буде входити лише водяна пара і азот; із токсичних інгредієнтів можлива наявність оксидів азоту.

При спалюванні відновлювальних видів вуглеводневого палива (деревини, брикетів із соломи та іншої сировини рослинного походження) або біопалива значення питомих викидів CO_2 на одиницю виробленої теплоти (на 1 МВт · год виробленої енергії) нормативно зменшують (скорочуючи, таким чином, і розмір екологічного податку за викиди CO_2 в атмосферу). Отже, на рівні держави можна створювати певні преференції у справі використання альтернативних видів палива, спонукати до скорочення витрат природного газу і зменшення енергетичної залежності країн – споживачів газу від країн – постачальників природного газу та інших викопних видів вуглеводневого палива.

Так, згідно з нормативами EN 15603 у країнах ЄС коефіцієнт викидів у кг CO_2 на 1 МВт · год первинної енергії палива становить такі величини:

- для нафтового палива — 330 кг / 1 МВт · год;
- для природного газу — 277;
- для антрациту — 394;
- для дров із хвойних порід — 20;
- для дров із бука – 13;
- для електроенергії від теплових електростанцій на вугіллі – 1340;
- для електроенергії від когенераційних електростанцій – 617.

В основі суттєвого зменшення питомих викидів CO_2 на одиницю виробленої теплової енергії з деревини лежать не лише політичні та стратегічні міркування, а й слушне посилання на те, що деревина за період свого життя і росту, поглинаючи CO_2, генерує кисень. Тому, якщо у процесі горіння деревини буде спожита така сама кількість кисню, яка була у свій час вироблена деревом, то можна вважати, що баланс по кисню досягнутий. Так само можна визначити і баланс по CO_2 — надлишкового виділення CO_2 у довкілля не буде, якщо виділення діоксиду вуглецю у процесі згоряння не перевищує його кількості, яка була поглинута деревом у період росту.

SO_2 — діоксид сірки — газ, який виділяється під час спалювання сірчистого палива. Впливає на навколишнє середовище на місцевому і глобальному рівнях. Величина викидів залежить від вмісту сірки у паливі, що використовується, та якості встановленого обладнання. Природний газ практично не містить сірки, її вміст обмежений ГОСТ 5542-87 на рівні 0,036 % об.[32]. Але мазут і усі види твердого палива містять сірку у досить великій кількості. У разі переходу на спалювання твердого палива це спричинить суттєве збільшення концентрації SO_2 у продуктах згоряння. Справа в тому, що уся сірка, яка входить до складу палива, у процесі згоряння перетвориться у токсичний $S0_2$ згідно з реакцією горіння сірки у повітрі:

$$S + (O_2 + 3{,}76\ N_2) = SO_2 + 3{,}76\ N_2 + Q.$$

Із наведеної реакції випливає, що з кожного 1 кг сірки у складі палива буде утворено 2 кг токсичного діоксиду сірки SO_2 . Тоді за умови переходу з природного

[32] об. — об'ємна частка.

газу на мазут, вміст сірки у якому становить близько 3 % мас.[33], в атмосферне повітря надійде додатково 60 кг SO_2 на кожну 1 т спаленого мазуту.

Вміст сірки у торфі становить до 0,2 %, у соломі – до 0,1 %, у соняшниковому лушпинні – до 0,2 %, у вугіллі – до 2,5 %. Зазначені обставини необхідно враховувати плануючи заходи з переходу джерел теплоти з природного газу на тверді види палива.

NO_x — оксиди азоту — загальне позначення азотовмісних компонентів (в основному N0 і $N0_2$). Це високотоксичний газ, який генерується у високотемпературній зоні горіння будь-якого палива, спричиняє кислотні опади, впливає на якість ґрунту.

СО — монооксид вуглецю (чадний газ) — отруйний газ, що виділяється при неповному згорянні вуглеводневого палива.

ТЧ — тверді частинки — містять усі частинки діаметром менш як 15 мікрон (сажа, попіл). Ці частинки з'являються при спалюванні рідкого і твердого палива. Можливе утворення сажі і при спалюванні природного газу із значним хімічним недопалом. Тверді частинки небезпечні тим, що поглинають і розносять інші небезпечні частинки, наприклад важкі метали, сірку, ПАВ і т.д. ПАВ — поліциклічні ароматичні вуглеводні, що виділяються під час спалювання вуглеводневих видів палива за умови хімічного недопалу. Це токсичні аерозолі, які мають канцерогенну активність.

У таблиці 3.3 наведено величини гранично допустимих концентрацій забруднювальних речовин у атмосферному повітрі та повітрі робочої зони приміщень. Із наведених даних видно, що більша частина інгредієнтів продуктів згоряння належать до токсичних речовин, вміст яких у повітрі обмежується санітарно-гігієнічними нормативами (СН 245-71 «Санітарні норми проектування промислових підприємств»).

Таблиця 3.3

Гранично допустимі концентрації забруднюючих речовин у повітрі і показники відносної токсичності речовин

Вид токсичної речовини	Гранично допустимі концентрації ГДК, мг / м^3		Відносна токсичність
	в атмосферному повітрі, ГДК $_{мр}$	у повітрі робочої зони, ГДК $_{рз}$	
Оксид вуглецю	5,0	20,0	1
Діоксид азоту	0, 085	5,0	75
Діоксид сірки	0,5	10,0	60
Тверді речовини	0,5	—	20
Сажа	0,15	—	60

Відносна токсичність тієї чи іншої речовини визначається відношенням її дійсної концентрації до величини гранично допустимої концентрації в атмосферному

[33] мас. – масова частка.

повітрі. Якщо таке відношення менше за одиницю, то атмосферне повітря вважається безпечним.

Але за наявності у повітрі речовин єдиноспрямовувальної біологічної дії на живий організм відбувається посилення токсичної дії. Цим спричинена вимога складання показників токсичності таких речовин. Тому умову безпечності повітряного середовища записують таким чином:

$$T = \Sigma C_i / ГДК_{мр\ i} \leq 1{,}0, \quad (3.13)$$

де

T – показник токсичності речовини;

C_i – концентрація забруднювальних речовин у складі викидів у атмосферу, мг /м^3;

$ГДК_{мр\ i}$ – гранично допустима максимально разова концентрація забруднювальних речовин, мг / м^3.

За таких умов гранично допустима концентрація кожної із забруднювальних речовин у атмосферному повітрі повинна бути значно меншою, порівняно із випадком відсутності ефекту сумарності дії шкідливих речовин або поодинокій присутності таких речовин у атмосфері.

Під час згоряння палива утворюються речовини, які мають ефект спільної посилюючої дії (сумації), що суттєво погіршує ситуацію з нормуванням допустимого вмісту забруднюючих речовин – продуктів згоряння палива в атмосфері. До інгредієнтів продуктів згоряння з ефектом єдиноспрямовувальної дії належать такі групи речовин:

- діоксид азоту та формальдегід;
- оксиди азоту та оксиди сірки;
- оксиди азоту та канцерогенні вуглеводні.

Вид речовини — забруднювача повітря — та її концентрація у продуктах згоряння під час спалювання палива залежать від виду палива, організації процесу горіння, конструкції пальника і виду паливоспалювального обладнання. Основним способом обмеження викидів забруднювальних речовин в атмосферу є запобігання їх утворенню за рахунок впровадження пальникових і топкових пристроїв із зменшеним виходом забруднювальних речовин, а також скорочення витрат палива.

Скорочення викидів парникового газу $C0_2$ досягають зазвичай за рахунок упровадження енергоощадних технологій, які дають можливість скоротити витрати вуглеводневого палива, або переходу на відновлювальні види палива (деревина, солома, соняшникове лушпиння, біодизель). Орієнтовне визначення викидів M_i шкідливих інгредієнтів у атмосферу можна здійснити за залежністю (3.14):

$$M_i = B \cdot C_i,\ г / м^3, \quad (3.14)$$

де

B – витрати палива на генерування теплоти у паливоспалювальному обладнанні;

C_i – питома величина викиду шкідливого інгредієнта в атмосферу на одиницю спаленого палива (див. табл. 3.4).

Економічний ефект, який виникає внаслідок зменшення платежів за викиди в атмосферу забруднювальних речовин, або економічні вигоди за рахунок продажі квот на викиди парникових газів повинен бути врахованим при техніко-економічних розрахунках фінансової ефективності енергозберігальних заходів.

Таблиця 3.4

Питомі показники викидів в атмосферу шкідливих інгредієнтів у складі продуктів згоряння палива[34]

Вид палива	Теплота згоряння палива	CO_2	CO_2	CH_4	N_2O	NO_x	CO	Органічні сполуки	SO_2	Тверді частинки
	кВт · год / кг	г / кВт·год	г / кг	г / кг	г / кг	г / кг	г / кг	г / кг	г / кг	г / кг
Природний газ (на нм^3)	9,9	202,0	1 880	0,17	0,003	1,68	1,68	0,17	незначн.	0,12
СПБТ (зріджений пропан-бутан і т.д.)	13,14	227,0	2 984	0,05	0,09	2,37	0,47	0,05	незначн.	0,13
Керосин	12,43	258,7	3 216	0,45	0,03	4,48	0,90	0,22	1,0	0,29
Легке нафтове пальне (ШФЛУ і т.д., Б<0,3 %)	12,50	264,0	3 301	0,45	0,03	4,50	0,90	0,23	6,0	0,28
Важке нафтове паливо (мазут і т.д., Б < 1 %)	11,16	278,5	3 109	0,40	0,02	4,02	0,80	0,20	20,0	0,71
Вугілля (Б < 1,5 %)	6,25	353,8	2 211	0,23	0,03	2,25	45,0	0,11	16,2	5,45
Деревне паливо (20 % вологості)	4,17	359,0	1 496	4,50	0,06	1,5	75,00	9,00	2,16	0,22

Величини питомих викидів шкідливих інгредієнтів дають можливість визначити кількість забруднювальних речовин під час спалювання будь-якого палива або переході з одного палива на інше.

Скорочення витрат органічного палива за рахунок упровадження енергозберігальних заходів має ще один екологічний аспект. Річ у тому, що процес горіння палива є за своєю природою процесом окиснення горючих компонентів палива. Таким чином, цей процес супроводжується поглинанням кисню з атмосферного повітря і заміною його продуктами згоряння. Причому кількість повітря і кисню, які при цьому поглинаються, є досить великою. Таким чином, скорочення витрат палива дає можливість запобігти поглинанню кисню з атмосфери і надходженню в атмосферне повітря продуктів згоряння.

Визначимо кількісні характеристики такого процесу.

Для виконання орієнтовних розрахунків можна скористатись формулами для визначення витрат повітря, V_T^C, які необхідні для повного згоряння, за умови невідомого хімічного складу палива:

[34] Джерело: EN 15603.

$$V_T^C = 3600 \cdot Q_н^р / 3770, \text{ нм}^3 / \text{нм}^3; \text{ нм}^3 / \text{кг}, \quad (3.15)$$

де

V_T^C — теоретичні витрати повітря у м^3, які необхідні для повного згоряння 1кг палива (для газоподібного палива розрахунки приводяться до 1 м^3 палива);

$Q_н^р$ – довідникова величина теплоти згоряння палива кВт · год / кг (м^3), приймається за даними табл. 3.4.

Дійсні витрати повітря під час процесу згоряння палива будуть більшими за теоретичні на величину коефіцієнта надлишку повітря, який можна приймати для паливовикористовувального обладнання систем теплопостачання у межах 1.2...1,25. Таким чином, визначимо дійсні витрати повітря на згоряння палива за залежністю:

$$V_Д = V_T^C \cdot \alpha \text{ нм}^3 / \text{нм}^3; \text{ нм}^3 / \text{кг}, \quad (3.16)$$

де α – коефіцієнт надлишку повітря, α = 1,2...1,25.

Об'єм продуктів згоряння $V_{ПЗ}$ палива можна визначити за наступною приблизною залежністю:

$$V_{ПЗ} = 1{,}032 \cdot Q_н^р + 0{,}25, \text{ нм}^3 / \text{нм}^3; \text{ нм}^3 / \text{кг}. \quad (3.17).$$

Визначення об'єму продуктів згоряння $V_{ПЗ}$ і викидів шкідливих інгредієнтів в атмосферу M_i дає можливість оцінити такі екологічні параметри, як концентрації забруднювальних речовин у продуктах згоряння і секундні масові викиди цих речовин у повітря. На основі зазначених величин здійснюється розрахунок розсіювання викидів у атмосфері, розробка проектів гранично допустимих викидів (ГДВ), підготовка даних для одержання дозволів на викиди в атмосферу і виконується поточний контроль за викидами.

Визначення концентрації забруднювальних речовин у продуктах згорання, які надходять у атмосферу, можна здійснити відповідно до залежності :

$$k_i = M_i \cdot 10^3 / V_{ПЗ} \cdot B = C_i \cdot 10^3 / V_{ПЗ}, \text{ мг / м}^3,$$

де

$V_{ПЗ}$ — питомий об'єм продуктів згоряння палива у розрахунку на одиницю витрат палива в нм^3/ нм^3; нм^3/ кг;

k_i – концентрація забруднювальних речовин у продуктах згоряння, мг / м^3;

C_i – питома величина викиду шкідливого інгредієнта в атмосферу на одиницю спаленого палива, г / кг, або г / м^3 палива (див. табл. 3.5).

B – витрати палива на генерування теплоти у паливоспалювальному обладнанні;

Величина секундних викидів , або потужність джерела викиду визначається за залежністю:

$$M_i^{сек.} = C_i \cdot B_{сек.}, \text{ г / с},$$

де

$B_{сек.}$ – секундні витрати палива на генерування теплоти у паливоспалювальному обладнанні.

Річні витрати природного газу в Україні становлять близько 67 млрд м³. Якщо прийняти потенціал енергозбереження на рівні 25 %, то реалізація заходів з енергозбереження дасть можливість зменшити витрати В природного газу на 16,75 млрд м³. Таке скорочення лише природного газу дасть можливість отримати наступний екологічний ефект:

— викиди парникового газу CO_2 зменшаться на величину: $M_{CO2} = B \cdot C_{CO2} = 16{,}75 \cdot 10^9 \cdot 1880 \cdot 10^{-6} = 31{,}49 \cdot 10^6$ т;
— викиди в атмосферу монооксиду вуглецю CO скоротяться на $M_{CO} = B \cdot C_{CO} = 16{,}75 \cdot 10^9 \cdot 1{,}68 \cdot 10^{-6} = 28{,}14 \cdot 10^3$ т;
— викиди в атмосферу оксидів азоту NO_x зменшаться на величину: $M_{NOx} = B \cdot C_{NOx} = 16{,}75 \cdot 10^9 \cdot 1{,}68 \cdot 10^{-6} = 28{,}14 \cdot 10^3$ т;
— викиди в атмосферу продуктів згоряння скоротяться на величину:
  $V_{пз} = (1{,}032 \cdot Q_н^р + 0{,}25) \cdot B = (1{,}032 \cdot 9{,}9 + 0{,}25) \cdot 16{,}75 \cdot 10^9 = 175{,}3 \cdot 10^9$ м³;
  із атмосфери не буде вилучена наступна кількість повітря:
  $V_{пов.} = 3600\ B \cdot (\alpha \cdot Q_н^р / 3770) = 3600 \cdot 16{,}75 \cdot 10^9 \cdot (1{,}2 \cdot 9{,}9 / 3770) = 158{,}3 \cdot 10^9$ м³.

При цьому буде досягнутий ефект збереження в атмосфері кисню у кількості:

$V_{O2} = 0{,}21 \cdot V_{пов.} = 0{,}21 \cdot 158{,}3 \cdot 10^9$ м³ $= 33{,}24 \cdot 10^9$ м³ кисню або $47{,}53 \cdot 10^9$ т. Густина кисню дорівнює 1,43 кг / нм³; тому маса кисню визначається у такий спосіб:

$33{,}24 \cdot 10^9$ м³ $\cdot 1{,}43 = 47{,}53 \cdot 10^9$ т.

Таким чином, енергозберігальні заходи запобігають утворенню парникового ефекту і дозволяють людині у гармонії з зеленими насадженнями і природою сприяти збереженню життєво необхідного вмісту кисню у повітрі та забезпеченню життєдіяльності на Землі.

Основним джерелом кисню в атмосфери є процеси фотосинтезу. В листі дерев хлорофілові зерна поглинають діоксид вуглецю і виділяють кисень. Учені з Оклендського університету вважають, що одне дерево після першого року росту поглинає 25 кг CO_2, а за 80 років життя – до 1 тонни. Одне доросле дерево упродовж року виділяє в середньому близько 120 кг кисню. А 1 га лісу за один сонячний день поглинає з повітря до 280 кг CO_2 і генерує 180...200 кг кисню.

Отже, економія 25 % природного газу за рік еквівалентна насадженню 28000 км² лісу за показником поповнення або запобігання вилучення з атмосфери кисню.

Інший орієнтовний розрахунок показує, що з одного дерева тривалістю життя до 15 років можна отримати до 600 кг сухих дров. Для згоряння 1 кг дров необхідно витратити до 5 нм³ повітря. Отже, загальна кількість повітря, яке буде спожите при повному спалюванні такої кількості дров, становить 3000 нм³, із них 21 %, або 630 нм³, – кисню. При густині кисню 1,43 кг / нм³ це становить близько 900 кг O_2. Кількість же кисню, яку, на думку новозеландських учених, виділить таке дерево, становить за період його росту близько 800...900 кг. Таким чином, витрати кисню на згоряння деревини є збалансованими з виробленням деревом киснем.

Кількість CO_2, яка виділиться при згорянні кожного 1 кг деревини, становить близько 1 нм^3; спалювання 600 кг дров спричинить виділення у атмосферу відповідно близько 600 нм^3 діоксиду вуглецю, а це близько 1200 кг CO_2 при його густині 1,96 кг / нм^3. Якщо взяти за основу дослідження вчених, то за 15 років життя дерево поглинає із атмосфери до 250...300 кг діоксиду вуглецю. Отже, відносно CO_2 збалансованість відсутня – при згорянні деревини в атмосферу виділяється приблизно у 2 рази більше діоксиду вуглецю, ніж дерево спроможне його поглинути. Тому для деревини нормативами EN 15603 доводиться деяка величина коефіцієнту викиду CO_2 на 1 МВт первинної енергії палива.

Приклад 3.2. *Розрахункова теплопродуктивність котельні, яка до впровадження заходів з енергозбереження працювала на важкому нафтовому паливі, становила $Q_к$ = 10 МВт (МДж / с). При цьому 70 % зазначеної кількості теплоти витрачалось на потреби опалення гуртожитків і навчальних корпусів ВНЗ у м. Харкові, а решта – на потреби гарячого водопостачання гуртожитків. У результаті розроблення і впровадження заходів з енергозбереження на етапах споживання і транспортування теплоти потребу у теплоті для споживачів скоротили і, як результат, теплопродуктивність котельні вдалося зменшити на 45 %. Крім того, впровадження енергозберігальних заходів на етапі вироблення теплоти дало можливість збільшити ефективність роботи котельні, і ККД джерела теплоти зріс з 83 % до 88 %. Роботу котельні перевели з нафтового важкого палива на природний газ.*

Співвідношення між витратами теплоти на потреби опалення і гарячого водопостачання після реконструкції склало 50 % на 50 % величини теплопродуктивності котельні, що спричинене тим, що основний економічний ефект з енергозбереження був досягнутий за рахунок зменшення витрат теплоти на потреби опалення.

Визначити екологічний ефект впровадження енергозберігальних заходів і переведення котельні на газове паливо. Теплоту згоряння мазуту прийняти $Q_н^р$ = 9420 ккал / кг = 39564 кДж / кг, теплоту згоряння газу — $Q_н^р$ = 8550 ккал / м^3 = 35700 кДж / м^3. Тривалість роботи системи гарячого водопостачання за рік становить $n_{гв}$ = 1800 годин. Середня температура в приміщеннях гуртожитків +20 ^oC.

Розв'язання.

Оцінку екологічного ефекту будемо здійснювати за такими показниками:

— зменшення витрат повітря і кисню на процеси горіння палива у результаті скорочення витрат палива на вироблення теплоти;
— скорочення викидів токсичних інгредієнтів у атмосферу завдяки скороченню витрат палива (непрямий екологічний ефект) і зміна складу та концентрацій токсичних інгредієнтів у зв'язку з переходом з рідкого палива на природний газ;
— зменшення викидів парникових газів у атмосферу внаслідок скорочення витрат палива у результаті впровадження енергозберігальних заходів.

1. Визначимо розрахункові годинні витрати рідкого палива, з огляду на існуючу ситуацію, і природного газу після реалізації енергозберігальних заходів та реконструкції котельні. Розрахунки виконуються або відповідно до залежності (3.15):

— витрати за теперішнього стану:

$$B = \frac{3600 \cdot Q_к \cdot 10^3}{Q_н^р \cdot \eta_к} = \frac{10{,}0 \cdot 3600 \cdot 10^3}{39564 \cdot 0{,}83} = 1096 \text{ кг/год.}$$

З них на вироблення теплоти на потреби опалення витрачається 70 %, або $B_{оп.}$ =767 кг / год, а на потреби гарячого водопостачання $B_{гв}$ = 329 кг / год;

— після реконструкції:

$$B' = \frac{3600 \cdot Q'_к \cdot}{Q'^р_н \cdot \eta'_к} = \frac{0{,}45 \cdot 10{,}0 \cdot 3600 \cdot 10^3}{35700 \cdot 0{,}88} = 516 \text{ м}^3\text{/год.}$$

Із них на потреби опалення витрачається 50 % або $B'_{оп.}$ = 258 м³ / год і на потреби гарячого водопостачання $B'_{гв}$ = 258 м³ / год.

2. Визначимо річні витрати палива котельнею до і після впровадження енергозберігальних заходів. Для цього необхідно перейти з розрахункових витрат палива на середні протягом опалювального періоду, а також врахувати дійсну тривалість опалювального періоду та тривалість роботи системи гарячого водопостачання.

Із таблиці додатку Г визначимо нормовані параметри зовнішнього повітря для м. Харкова: розрахункова температура зовнішнього повітря $t_з$ = –23 ⁰С, середня температура опалювального періоду $t_{сер.}$ = –1,5 ⁰С, тривалість опалювального періоду $n_{оп.\ н}$ = 179 діб.

Середні за опалювальний період годинні витрати газу на вироблення теплоти для опалення (витрати газу, які приведені до середньої температури опалювального періоду) визначаються відповідно до залежності:

$$B_{оп.}^{сер.} = B_{оп.} \cdot [(t_в - t_{сер.}) / (t_в - t_з)].$$

До реконструкції $B_{оп.}^{сер.} = B_{оп.} \cdot [(t_в - t_{сер.}) / (t_в - t_з)]$ = 767· [(20+1,5) / (20+23)] = 384 кг / год; після реконструкції $B'^{сер.}_{оп.} = B'_{оп.} \cdot [(t_в - t_{сер.}) / (t_в - t_з)]$ = 258 · [(20+1,5) / (20+23)]= 129 м³/ год.

Визначаємо для котельні річні витрати палива на опалення за відомими величинами середньогодинних витрат палива на потреби опалення і нормованій тривалості роботи джерела теплоти:

$B_{рік}^{оп.} = B_{оп.}^{сер.} \cdot n_{оп.\ н}$ = 384 ·179 ·24 = 1649664 кг — до реконструкції.

Після реконструкції котельні та термомодернізації будівель річні витрати на опалення становитимуть $B'_{рік}{}^{оп.} = B'^{сер.}_{оп.} \cdot n_{оп.\ н}$ = 129 ·179 ·24 = 554184 м³.

Тепер визначимо річні витрати палива на потреби гарячого водопостачання з огляду на відому з умови задачі кількість годин роботи системи гарячого водопостачання ($n_{гв}$ = 1800 год) та відому величину середньогодинних витрат газу на приготування гарячої води до і після модернізації системи. Визначення річних витрат газу:

— до реконструкції системи $B_{рік}^{гв} = B_{гв}^{сер.} \cdot n_{гв} = 329 \cdot 1800 = 592200$ кг за рік;

— після реконструкції $B'_{рік}^{гв} = B'_{гв}^{сер.} \cdot n_{гв} = 258 \cdot 1800 = 464400$ м³ за рік.

Складемо витрати палива на потреби опалення та гарячого водопостачання і таким чином визначимо загальні витрати палива на котельню:

— до реконструкції $B_{рік}^{кот.} = B_{рік}^{оп.} + B_{рік}^{гв} = 1649664 + 592200 = 2241864$ кг за рік;

— після реконструкції $B'_{рік}^{кот.} = B'_{рік}^{оп.} + B'_{рік}^{гв} = 554184 + 464400 = 1018\,584$ м³ за рік.

Порівняння величин річних витрат палива показує, що не зважаючи на перехід роботи котельні на паливо з меншою теплотою згорання (з рідкого нафтового палива на природний газ), впровадження енергозберігальних заходів на рівні вироблення, транспортування та споживання теплоти дало можливість скоротити загальні витрати палива котельнею у 2,2 раза (2 241864 / 1018584 = 2,2).

3. Визначимо об'єм викидів шкідливих газів у атмосферу в ході спалювання палива до і після реконструкції системи, а також об'єм спожитого повітря та кисню у процесі горіння.

Для визначення потреби повітря для горіння палива скористаємось залежностями 3.15 і 3.16.

Теоретичні та дійсні питомі витрати повітря на горіння одиничної кількості палива:

— до реконструкції

$$V_T^c = \frac{3600 \cdot Q_н^р}{3770} = \frac{3600 \cdot 11{,}16}{3770} = 10{,}6 \text{ нм}^3/\text{кг}; \quad V_д = 13{,}25 \text{ нм}^3/\text{кг};$$

— після реконструкції

$$V_T^{/c} = \frac{3600 \cdot Q_н^{/р}}{3770} = \frac{3600 \cdot 9{,}9}{3770} = 9{,}45 \text{ нм}^3/\text{нм}^3; \quad V_д^{/} = 11{,}8 \text{ нм}^3/\text{нм}^3.$$

Річні витрати повітря на горіння палива:

— до реконструкції

$$V_д^{рік} = V_д \cdot B_{рік}^{кот.} \cdot 10^{-6} = 13{,}25 \cdot 2241864 \cdot 10^{-6} = 29{,}7 \text{ млн м}^3;$$

— після реконструкції

$$V'_д^{рік} = V'_д \cdot B'_{рік}^{кот.} \cdot 10^{-6} = 11{,}8 \cdot 1018584 \cdot 10^{-6} = 12{,}0 \text{ млн м}^3.$$

Таким чином, у результаті впровадження енергозберігальних заходів витрати повітря, які вилучаються із атмосфери на процеси горіння і безповоротно втрачаються, лише для однієї котельні, вдається зменшити на 17,7 млн м³, що у 2,5 раза менше за витрати повітря для цієї котельні до реконструкції. За рахунок енергозберігальних технологій вдасться зберегти в атмосфері до 0,21 · 17,7 = 3,7 млн м³ кисню за рік, а це результат річної життєдіяльності близько 40 000 тис. дерев!

Визначимо склад і об'єм викидів шкідливих газів у атмосферу до і після впровадження енергозберігальних заходів. Для цього скористаємось даними табл. 3.4.

Річні викиди шкідливих інгредієнтів в атмосферу у процесі спалювання рідкого палива:

— викиди парникового газу CO_2 $M_{CO2} = B_{рік}^{кот.} \cdot C_{CO2} = 2{,}241 \cdot 2211 = 4955$ т;
— викиди оксидів азоту NO_x $M_{NO_x} = B_{рік}^{кот.} \cdot C_{NO_x} = 2{,}241 \cdot 4{,}02 = 9{,}0$ т;
— викиди моноксиду вуглецю CO $M_{CO} = B_{рік}^{кот.} \cdot C_{CO} = 2{,}241 \cdot 0{,}8 = 1{,}79$ т;
— викиди діоксиду сірки SO_2 $M_{SO2} = B_{рік}^{кот.} \cdot C_{SO2} = 2{,}241 \cdot 20 = 44{,}82$ т;
— викиди сажі і попелу $M_{тч} = B_{рік}^{кот.} \cdot C_{тч} = 2{,}241 \cdot 0{,}71 = 1{,}59$ т.

Річні викиди шкідливих газів у атмосферу у ході спалювання природного газу:

— викиди парникового газу CO_2 $M'_{CO2} = B'_{рік}^{кот.} \cdot C_{CO2} = 1{,}018 \cdot 1880 = 1913$ т;
— викиди оксидів азоту NO_x $M'_{NO_x} = B'_{рік}^{кот.} \cdot C_{NO_x} = 1{,}018 \cdot 1{,}68 = 1{,}71$ т;
— викиди моноксиду вуглецю CO $M'_{CO} = B'_{рік}^{кот.} \cdot C_{CO} = 1{,}018 \cdot 1{,}68 = 1{,}71$ т;
— викиди діоксиду сірки SO_2 практично відсутні;
— викиди сажі і попелу $M'_{тч} = B_{рік}^{кот.} \cdot C_{тч} = 1{,}018 \cdot 0{,}12 = 0{,}122$ т.

Отже, впровадження енергозберігальних заходів дало можливість суттєво скоротити річні викиди шкідливих газів у атмосферу, а саме: парникового газу CO_2 – на 3042 т (у 2,6 раза); оксидів азоту NO_x — на 7,3 т (у 5,2 раза); викидів сажі та попелу на 1,5 т (у 13 разів) та уникнути викидів діоксиду сірки SO_2.

Запитання та завдання для самоперевірки до розділу 3

1. Опишіть особливості виробничо-господарської діяльності підприємств ЖКГ.
2. Наведіть класифікацію систем теплопостачання відповідно до потужності джерела теплової енергії.
3. Дайте характеристику системи централізованого теплопостачання.
4. Назвіть основні технічні проблеми підприємств теплопостачання.
5. Які основні елементи має система централізованого теплопостачання?
6. Поясніть принцип дії водоструминного елеватора.
7. Яким чином нормуються втрати теплоти в теплових мережах?
8. Як впливає заборгованість населення на якість послуг теплопостачання?
9. Що таке двоставковий тариф?
10. Які вимоги має задовольняти опалювальний прилад, що встановлюється у приміщенні?
11. Прокоментуйте рис. 3.4...3.6 з точки зору потенціалу енергозбереження в елементах системи теплопостачання.
12. За якою залежністю визначають величину витрати палива, необхідної для отримання кількості теплоти, що йде на потреби життєдіяльності людини або на виробничі процеси?
13. Які забруднювальні речовини є продуктами згоряння органічного палива?
14. Чому згідно з нормативами EN 15603 у країнах ЄС коефіцієнт викидів CO2 для дров набагато менший, ніж для нафти, газу, вугілля?
15. Запишіть умову безпечності повітряного середовища.

РОЗДІЛ 4
ОСНОВИ ТЕПЛОФІЗИКИ БУДІВЕЛЬ

Теоретичною основою енергозбереження є загальні фізичні закони, включаючи закони термодинаміки і теплообміну.

Щоб найефективніше використовувати теплову енергію, необхідно знати основні способи передачі тепла і характеристики, що впливають на процес його розповсюдження. В зв'язку з цим доцільно більш детально розглянути процеси розповсюдження теплоти.

У техніці та побуті часто відбуваються процеси теплообміну між різними газами або рідинами і твердою стінкою, а також між рідинами (газами), розділеними стінкою. Тому необхідно ввести поняття процесів тепловіддачі і теплопередачі.

Доцільно навести також математичний запис законів, що характеризують вказані процеси, дати визначення таких основних параметрів цих процесів, як коефіцієнти теплопровідності, тепловіддачі і теплопередачі. Все це дасть можливість наводити приклади вирішення деяких завдань, безпосередньо пов'язаних з проблемами енергозбереження.

Одним із шляхів зниження використання енергії під час обігріву приміщень є вдосконалення якості їх огороджувальних конструкцій. Огороджувальні конструкції будівель (житлових будинків) складаються з таких елементів, як стіни, дах, підлоги, двері, вікна. Для визначення тепловтрат через них можуть бути використані основні розрахункові співвідношення, що описують процеси передачі теплоти.

Джерелом значних теплових втрат може бути недостатній опір теплопередачі огороджувальних конструкцій. Тому для оцінки теплоізоляційних властивостей матеріалів використовується спеціальний параметр — величина термічного опору.

Наведення простих прикладів зменшення втрат тепла в будинках за рахунок збільшення термічного опору теплопередачі, в трубах теплотрас — за рахунок підбору теплоізоляційних матеріалів з необхідними фізичними характеристиками — уможливить визначити шляхи раціонального використання енергії та підвищення енергоефективності.

4.1 Основні закономірності процесів розповсюдження теплоти

Теплова рівновага. Поняття теплової рівноваги зустрічатиметься дуже часто під час розгляду теплових процесів.

Великими законами природи є 1-й і 2-й закони термодинаміки, які безпосередньо стосуються поняття теплової рівноваги.

1-й закон термодинаміки, автором якого вважають німецького фізика Р. Клаузиса, визначає еквівалентність у взаємоперетвореннях теплоти і роботи та стверджує, що теплота, підведена ззовні до робочого тіла, витрачається на роботу зі зміни об'єму тіла і зміни його внутрішньої енергії. Оскільки у практиці використання теплоти на потреби опалення, вентиляції і гарячого водопостачання

житлових і громадських будинків робота розширення, як правило, не використовується, то можна говорити про еквівалентність зовнішньої теплоти і внутрішньої енергії тіла:

$$Q = \Delta U, \quad (4.1)$$

де

Q — підведена кількість теплоти;

ΔU – зміна внутрішньої енергії.

Згодом У. Томсон (лорд Кельвін) назвав цей закон «Першим началом термодинаміки».

2-й закон термодинаміки визначає напрямок перебігу розглянутих вище процесів теплопровідності, конвекції, випромінювання і та їх комбінацій.

Одне із формулювань 2-го закону таке: неможливий самочинний перехід теплоти від тіла з меншою температурою до тіла з більшою температурою без компенсації у вигляді витрат зовнішньої роботи. Нагадаємо, що для одержання зовнішньої роботи необхідна теплота природних енергоресурсів.

Крім того, необхідно пам'ятати що усі зазначені процеси перетворення теплоти є **незворотними.** І якщо теплота Q була передана від природних енергоносіїв (ПЕ) високого потенціалу до теплоносіїв (робочих тіл) інженерних систем будівель з більш низьким потенціалом і при цьому не відновлюється (не регенерується), то загальна енергія системи при цьому зменшується внаслідок її розсіювання.

Механічний маятник може розкачуватись у різних площинах і напрямах, колесо також може обертатись як в один, так і в інший бік, але з теплотою — інша справа. Тепле повітря у приміщенні охолоджується взимку само по собі, але само по собі воно не може нагрітись. За рахунок теплоти спалювання палива можна нагріти воду, вода, у свою чергу, проходячи опалювальним пристроєм, спричинить нагрівання повітря у приміщенні, але сам опалювальний прилад за рахунок охолодження кімнати нагріти не можна.

Теплота перетікає від більш гарячого тіла до більш холодного, при цьому температура обох тіл вирівнюється, система переходить у стан теплової рівноваги, а потоки теплоти врешті розсіюються.

Теплота може переходити у роботу, можливий також процес виникнення теплоти у ході виконання роботи, теплота може передаватись від одного тіла до іншого, але жодної *тенденції до самозбереження теплота не має.*

Другий закон термодинаміки ставить поза законом вічний двигун другого роду, який отримував би енергію від одного джерела енергії і виключав необхідність перепаду температур і різниці потенціалів енергії.

Але незворотність процесів передачі теплоти не робить задачу ощадного використання енергії неможливою. Передача теплоти від тіла з більшим енергетичним потенціалом до тіла з меншим потенціалом може здійснюватись у різний спосіб, за різних процесів. І залежно від перебігу процесів передачі теплоти можна отримувати різну кількість теплоти. Саме організація процесу передачі

теплоти може визначати ступінь її ефективності. Кінцеві параметри ж стану гарячого і холодного джерел теплоти при цьому можуть не змінюватись.

Для задачі ефективного споживання теплоти комунально-побутовими споживачами параметри стану гарячого джерела визначаються як характеристики теплоносія у системі опалення на вході до будинку, а параметри стану холодного джерела – це зазвичай параметри внутрішнього повітря у житловому будинку чи іншій споруді. Зміна ж організації процесу передачі теплоти може здійснюватись за рахунок енергозберігальних заходів, які упроваджуються на рівні розподілу і споживання теплової енергії у будівлі.

Кількість теплоти, яка передається від енергоносія з високим потенціалом Q_1 (наприклад, гарячої води системи опалення), дорівнюватиме кількості теплоти, яка буде одержана робочим тілом з більш низьким потенціалом Q_2 (наприклад, внутрішнім повітрям у приміщенні) і перетворена у його внутрішню енергію. Така ж кількість теплоти дещо пізніше самочинно надійде від внутрішнього повітря приміщення у довкілля, буде розсіяна і втрачена.

У результаті з часом, якщо не поновлювати подачу енергії, температури всіх робочих тіл і довкілля у цілому вирівняються. Температура внутрішнього повітря у приміщенні буде зменшуватись, що призведе до погіршення умов теплового комфорту.

Отже, наявність перепаду температур (більшої температури – у приміщенні і меншої – зовнішнього повітря) постійно потребує подачі нової енергії для забезпечення необхідних умов життєдіяльності у приміщеннях. Незважаючи на незворотність процесу, кількість такої енергії можна оптимізувати.

Рівняння теплової рівноваги (4.1) запишемо в узагальненому вигляді:

$$Q_1 = Q_2 = \Delta U.$$

Рівняння теплової рівноваги покладене в основу всіх розрахунків, пов'язаних із передаванням теплоти від одного робочого тіла до іншого (за умов відсутності виконання роботи розширення).

Тепловий потік може бути спричинений не лише різницею температури, а ще й фазовим переходом робочого тіла (теплоносія). Наприклад, перетворенням пари у конденсат (скрапленням робочого тіла) або зворотним процесом – пароутворенням. При скрапленні теплота виділяється робочим тілом, а при пароутворенні – поглинається. Тепловий потік виникає також і при переході із твердого стану у рідкий (танення льоду) або навпаки (замерзанні води). Процеси фазових переходів відбуваються ізотермічно – за незмінної температури робочого тіла T = const.

Процеси пароутворення робочих тіл (теплоносіїв) або переходу їх із твердого стану у рідкий можна використовувати для збільшення енергії теплоносія або акумулювання теплоти у системах забезпечення життєдіяльності за рахунок контакту теплоносіїв з більш високоенергетичними джерелами теплоти. Передача теплоти від теплоносія із зміненим фазовим станом до середовища перебування людини може здійснюватись уже шляхом реалізації зворотних процесів: конденсації теплоносія або переходу його в твердий стан. Такі процеси

супроводжуються виділенням тієї кількості теплоти, яка була поглинутою у процесі випаровування або переходу із твердого у рідкий стан.

Особливістю такого способу передачі теплоти, який супроводжується фазовим переходом, є не лише ізотермічний перебіг процесу, а ще й надзвичайно висока ефективність теплопередачі. Саме тому, напевно, у процесах терморегуляції багатьох живих організмів, не є винятком і людина, фазові переходи використовуються для підтримання оптимальної температури тіла. Так, процеси потовиділення запобігають перегріванню тіла за рахунок підвищення ефективності відведення теплоти від поверхні тіла у разі його зволоження.

А у «російській» парній має місце швидке прогрівання тіла людини за рахунок конденсації водяної пари на поверхні. У атмосфері ж сауни водяна пара відсутня і прогрівання відбувається уже за рахунок інших теплових процесів.

Теплова потужність генераторів теплоти (котлів, електронагрівників тощо) вимірюються у ккал / год та кВт. Таку саму одиницю вимірювання має величина теплового навантаження на потреби опалення, вентиляції чи гарячого водопостачання. Кількість теплоти, яка виділяється поверхнею нагрівального приладу за одиницю часу, також виражається у ккал / год або кВт.

Щоб охарактеризувати кількість теплоти, яка була спожитою за певний проміжок часу, необхідно отримати добуток кількості теплоти за одиницю часу на необхідний проміжок часу (наприклад, опалювальний період, виражений у год).

Для м. Полтави нормативний проміжок часу опалювального періоду становить, наприклад, $n_{оп.\ н}$ = 4248 год, для Львова – 4296 год, а для Ялти — 2856 год. Згідно з нормативною документацією за тривалість опалювального періоду приймається період із середньою температурою зовнішнього повітря меншою або рівною +8 ^{0}С.

Так, будівля у м. Львові, для якої розрахункова середня величина потреби у теплоті на опалення (тепловий потік на потреби опалення за середньої температури опалювального періоду) становить 300 кВт (257142 ккал / год), характеризується загальними витратами теплоти на опалення упродовж опалювального періоду величиною, яка визначається у такий спосіб:

Q = 300 ▪ 4296 = 1288800 кВт ▪ год = 1288,8 МВт ▪ год за опалювальний період або Q = 257142 ▪ 4296 = 1104682032 ккал = 1104,68 Гкал за опалювальний період.

Одиниці вимірювання, які подані вище, широко використовуються в розрахунках з визначення втрат теплоти та її надходження у будівлях, а також під час визначення кількості теплоти, спожитої будівлями, за результатами обліку теплоти лічильниками.

У ході повного згоряння 1 м^3 природного газу виділяється близько 8500 ккал / год або 8500 ▪ 4,187 = 35589,5 кДж = 9,92 кВт ▪ год теплоти. Порівняння поданих вище цифр показує, що у разі повного (без втрат теплоти) згоряння 1 м^3 природного газу можна нагріти лише 100 кг води на 85 ^{0}С. А з урахуванням неминучих втрат теплоти ця величина буде ще меншою (у разі нагрівання у котлі – на 85...90 %, а за умови нагрівання на газовій плиті – на 40...45 %).

Приклад 4.1. *Нагрівальний прилад водяної системи опалення має розрахункову теплову потужність N = 1 кВт. З такою тепловіддачею прилад працював протягом t = 400 годин. У результаті регулювання роботи приладу його тепловіддача протягом 800 годин становила 0,5 кВт, а ще протягом 1000 год – 300 Вт.*

Визначити кількість теплоти, яка буде отримана від приладу і передана до приміщення за весь час роботи системи опалення. Отриману кількість теплоти виразити у кВт · год; Гкал; МДж. Визначити кількість спожитої електричної енергії при переведенні роботи такого приладу на електроенергію. Коефіцієнт ефективності перетворення електричної енергії в теплоту прийняти η = 95 %.

Розв'язання.

1. Визначимо кількість теплоти, отриманої від приладу в кВт · год:

$$Q = N_1 \cdot t_1 + N_2 \cdot t_2 + N_3 \cdot t_3 = 1 \cdot 400 + 0{,}5 \cdot 1000 + 0{,}3 \cdot 300 = 990 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

2. Переведемо отриману кількість теплоти до інших розмірностей:

$$Q = 990 \cdot 857 \cdot 10^{-6} = 0{,}848 \text{ Гкал}; \quad Q = 0{,}848 \cdot 4{,}187 \cdot 10^{+3} = 3550{,}6 \text{ МДж.}$$

3. Визначимо кількість спожитої електричної енергії за умови підключення приладу до електромережі (встановлення електронагрівника):

$$N_e = Q / \eta = 990 / 0{,}95 = 1042 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

4.2 Способи передачі теплоти

У ході детального розгляду питання про способи передачі теплоти головним завданням є ознайомлення з основними розрахунковими залежностями для визначення кількості теплоти, яке передається від одних робочих тіл до інших і спричиняє втрати теплоти із приміщення.

4.2.1 Розповсюдження теплоти теплопровідністю.

Для процесу теплопровідності необхідна різниця температур у різних точках тіла. Для огороджувальних конструкцій будівель перепад температур має місце на внутрішній і зовнішній поверхні огороджень.

За законом Фур'є — основним законом теплопровідності — кількість теплоти, яка проходить через певну площу тіла протягом певного часу, пропорційна перепаду температур, площі і проміжку часу. Для однорідної одношарової стінки кількість теплоти визначиться за залежністю:

$$Q_т = \lambda \cdot F \cdot \tau \, (t_{ст\,1} - t_{ст\,2}) / \delta \quad \text{ккал, кДж, кВт} \cdot \text{год,} \qquad (4.2)$$

де

$t_{ст1}$ – температура на внутрішній поверхні стінки, ^{0}C;

$t_{ст2}$ — температура на зовнішній поверхні стінки, ^{0}C, графік зміни температури по товщині стінки має лінійний характер і наведений на рис. 4.1;

F – поверхня стінки, м^2;

δ — товщина стінки, м;

λ — коефіцієнт теплопровідності матеріалу стіни, характеризує кількість теплоти, яка проходить через одиницю поверхні в одиницю часу за умови перепаду температури в 1 град. (Вт / м · град.; ккал / м · град.).

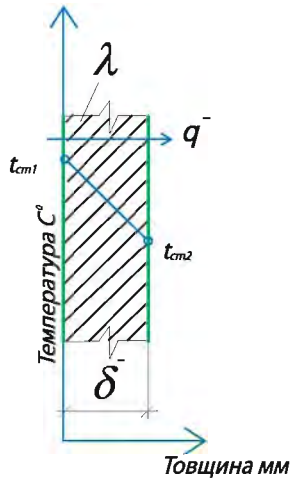


Рисунок 4.1 — Графік зміни температури по товщині однорідної плоскої стінки

Із збільшенням величини λ теплопровідність матеріалу збільшується. У загальному випадку коефіцієнт теплопровідності для певної речовини не є постійною величиною[35]. Для твердих тіл він залежить від температури і вологості, а для рідких і газоподібних – ще й від тиску. Теплопровідність металів змінюється у межах від 5 (для ртуті) до 450 Вт / м · град. (для срібла).

Коефіцієнт теплопровідності теплоізоляційних матеріалів значно менший і має значення 0,02...3 Вт / м · град. Основний ефект зменшення теплопровідності теплоізоляційним матеріалам забезпечують повітряні прошарки у структурі матеріалу. Із збільшенням вологості теплопровідність суттєво збільшується. Так, для сухої цегли λ = 0,35 Вт / м · град., а для вологої λ = 1,05 Вт / м · град. (вологість цегли близько 8 %). При цьому теплопровідність самої води становить лише λ = 0,58 Вт / м · град. Пояснюється це тим, що по-перше – вода, яка знаходиться у порах матеріалу, має коефіцієнт теплопровідності у 20 разів більший за коефіцієнт теплопровідності повітря у порах сухого матеріалу, а по-друге — адсорбована в капілярно-пористих тілах вода відрізняється за фізичними характеристиками від води у вільному стані.

Отже, зволожені будівельні матеріали, в порах яких вода витісняє повітря, проводитимуть значно більшу кількість теплоти, на відміну від сухих. Вплив вологи у будівельних матеріалах стає ще суттєвішим у разі замерзання води у матеріалі. Коефіцієнт теплопровідності льоду становить близько 2,3 Вт / м · град., що у 4 рази більше за коефіцієнт теплопровідності води і у 80 разів більше за коефіцієнт теплопровідності повітря. Тому коефіцієнт теплопровідності мерзлого

35 У додатку Ж наведені значення λ для різних матеріалів, металів і газів.

матеріалу помітно більше, ніж вологого. Але в той же час незначна кількість льоду у великих порах деяких матеріалів може спричинити утворення не льоду, а інею — у такому випадку теплопровідність не збільшується, а навпаки — зменшується.

Усе зазначене свідчить про надзвичайно важливий вплив вологісного стану огородження на теплотехнічний режим його роботи. Тому при утепленні огороджувальних конструкцій необхідно вжити усіх можливих заходів для запобігання утворенню вологи в огородженнях і захисту теплоізоляційного матеріалу від підвищення вологості.

Значення коефіцієнту теплопровідності λ у довідниковій літературі наводиться залежно від вологісних умов експлуатації матеріалу в огородженнях («А» чи «Б»), які залежать, у свою чергу, від зони вологості самого місця забудови (до прикладу, такі міста України, як Луцьк, Київ, Суми, Вінниця, Чернівці, Львів, Тернопіль, лежать у «нормальній» зоні вологості, а решта міст на південь і схід – у «сухій» зоні). На вологісні умови експлуатації впливає також тепловологісний режим самих приміщень будинків. За температури внутрішнього повітря 12 ^{0}C ≤ $t_в$ ≤ 24 ^{0}C і відносній вологості меншій за 50 %, вологісний режим приміщень згідно з додатком Г (ДБН В.2.6—31:2006) є «нормальним», що відповідає умовам «Б». За відносної вологості меншій за 50 % приміщення експлуатується у сухому вологісному режимі, що відповідає умовам експлуатації «А».

У додатках до посібника теплотехнічні показники матеріалів і конструкцій наведені для умов «А», а у додатках до задачника – для умов «Б».

Для газів коефіцієнт теплопровідності лежить у межах 0,006...0,6 Вт / м · град. Гази і повітря є гарними теплоізоляторами. Повітряні прошарки у будівельній конструкції суттєво скорочують кількість теплоти, яка проходить через конструкцію теплопровідністю.

Наявність газових або повітряних прошарків і самої структури речовини змінюють коефіцієнт теплопровідності навіть для однієї речовини у різних агрегатних станах. Наприклад, для льоду λ = 2,2...3,5 Вт / м · град., а для свіжого снігу λ = 0,1 Вт / м · град. Для злежалого снігу λ = 0,4 Вт / м · град. За вказаними характеристиками сніг може бути віднесеним до теплоізоляційних матеріалів.

Отже, будівля із снігових плит може бути непоганим захистом від холодів за наявності у такій будівлі джерела теплоти. Прикладом такого житла є іглу — снігові будинки ескімосів. Звірі і рослини, які зимують під сніговим покривом, також підтверджують низьку теплопровідність снігу і можливість збереження теплоти під ним. А птахи, розпушуючи пір'я у холодний період року, тим самим запобігають значних втрат теплоти.

Для багатошарової плоскої стінки з декількох однорідних шарів, що щільно прилягають один до одного, визначення кількості теплоти, яка розповсюджується теплопровідністю, виконується за залежністю (4.3):

$$Q_т = [(t_{ст1} - t_{ст4}) / (\delta_1 / \lambda_1 + \delta_2 / \lambda 2 + \delta_3 / \lambda_3)] \cdot F \cdot \tau \text{ ккал, кДж,кВт}\cdot\text{год}, \quad (4.3)$$

де

$t_{ст1}$ – температура на внутрішній поверхні стінки, ^0C;

$t_{ст4}$ — температура на зовнішній поверхні стінки, ^0C, графік зміни температури по товщині стінки має лінійний характер і показаний на рис.4.2;

F – поверхня стінки, $м^2$;

τ — період обліку теплоти;

δ_1, δ_2, δ_3 — товщина окремих шарів стінки, м;

λ_1, λ_2, λ_3 — коефіцієнти теплопровідності окремих однорідних шарів стіни.

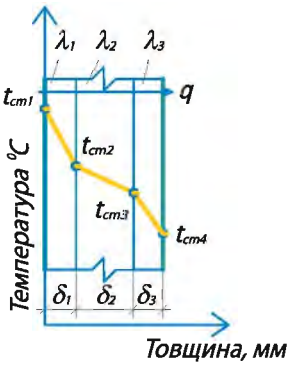


Рисунок 4.2 — Графік зміни температур по товщині багатошарової плоскої стінки

Під час розрахунків величини коефіцієнту теплопровідності визначаються за проектною будівельною документацією або за результатами обстеження стінки і даними таблиці додатку Ж.

Величини $R_1 = \delta_1 / \lambda_1$, $R_2 = \delta_2 / \lambda_2$, $R_3 = \delta_3 / \lambda_3$, називають термічним опором теплопровідності окремих шарів конструкції. Ці величина характеризують спроможність окремих шарів огороджувальної конструкції створювати опір процесу проходження через них потоку теплоти і запобігати тим самим значним втратам (взимку) або надходженню (влітку) теплоти через конструкцію. Загальний опір теплопровідності усієї конструкції визначається за сумою термічних опорів окремих шарів.

За відомих величин температур на поверхнях огороджувальної конструкції, відомих коефіцієнтів теплопровідності окремих шарів конструкції, а також їх товщини основний закон теплопровідності (4.2) дає можливість у ході виконання робіт з енергетичного обстеження будинку визначити кількість теплоти, яка проходитиме через зовнішні конструкції будівлі. У разі заміни матеріалу стіни коефіцієнт теплопровідності буде також змінюватись, що і приводитиме до змін величини теплового потоку.

Із (4.3) видно, що товщина конструкції також має суттєвий вплив на величину теплового потоку. Зміну теплового потоку спричинює і величина перепаду температур на поверхнях конструкції. Отже, коефіцієнт теплопровідності матеріалу, товщина стіни і перепад температур на поверхнях стіни є чинниками впливу на

величину втрат теплоти огороджувальними конструкціями будівлі теплопровідністю. Наголошуємо при цьому, що *температура стінки не буде однаковою з температурою повітря,* яке омиває цю поверхню як з внутрішньої, так і з зовнішньої сторін. Так, для внутрішньої поверхні стіни будівлі температура на поверхні буде меншою за температуру повітря у приміщенні $t_{ст1} < t_в$, а для зовнішньої — температура стінки буде більшою за температуру холодного зовнішнього повітря $t_{ст2} > t_з$ на величину перепаду температури, відповідно:

$$t_в - t_{ст1} = \Delta t_в; \quad t_з - t_{ст2} = \Delta t_з.$$

Температура стінки під час розгляду теплопровідності є однією із найбільш невизначених величин. Визначити її чисельне значення можна експериментально за допомогою термометра або аналітично – із рівняння теплового балансу між повітрям, яке омиває стінку, і самою поверхнею. Вимірювання температури необхідно при цьому здійснювати на самій поверхні стінки.

Приклад 4.2. *Визначити, як змінюється величина теплового потоку через 1 м² цегляної стіни за умови зволоження цегли і зміни коефіцієнту теплопровідності цегли з 0,35 Вт / м · град. до 1,05 Вт / м · град. Температуру на внутрішній поверхні стінки прийняти +14 ⁰С, а на зовнішній –10 ⁰С. Товщину стіни прийняти 0,5 м. Повторити розрахунки за інших перепадів температур. Проаналізувати залежність величини теплового потоку від перепаду температур. Визначити величину теплового потоку за умов, якщо на поверхню цегляної стінки нанести шар теплової ізоляції у вигляді мінеральної вати завтовшки 10 см. Коефіцієнт теплопровідності мінеральної вати прийняти 0,045 Вт / м · град. Визначити, наскільки зменшиться величина теплового потоку через огородження.*

Розв'язання.

1. Визначимо величину термічного опору теплопровідності для трьох випадків роботи цегляної стінки:

а) для сухої цегли з коефіцієнтом теплопровідності λ_1 = 0,35 Вт / м · град.;

б) для зволоженої цегли з λ_2 = 1,05 Вт / м · град.;

в) для сухої цегли з шаром теплоізоляції завтовшки 0,1 м (коефіцієнт теплопровідності ізоляції λ_3 = 0,045 Вт / м · град. Тоді:

$$\text{а)}\ R_1 = \frac{\delta_1}{\lambda_1} = \frac{0,5}{0,35} = 1,45\,\frac{м^2 \cdot град.}{Вт}; \quad \text{б)}\ R_2 = \frac{\delta_2}{\lambda_2} = \frac{0,5}{1,05} = 0,48\,\frac{м^2 \cdot град.}{Вт};$$

$$\text{в)}\ R_\Sigma = \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} = \frac{0,5}{0,35} + \frac{0,1}{0,045} = 1,43 + 2,22 = 3,65\,\frac{м^2 \cdot град.}{Вт}.$$

Як видно з порівняння одержаних величин, теплозахисні характеристики матеріалу стіни і опір теплопровідності після нанесення теплової ізоляції збільшується

у 3,65 / 1,43 = 2,55 раза. При зволоженні цегли її теплозахисні характеристики погіршуються у 3 рази порівняно з сухим станом.

2. Визначимо величину теплового потоку (Дж), що проходить за одиницю часу (1 с) крізь 1 м^2 цегляної стінки за умови різних перепадів температур на поверхнях стінки за залежностями:

$$\text{а)}\quad q = \frac{t_{ст1} - t_{ст2}}{R_1}; \quad \text{б)}\quad q = \frac{t_{ст1} - t_{ст2}}{R_2}; \quad \text{в)}\quad q = \frac{t_{ст1} - t_{ст2}}{R_\Sigma} = \frac{t_{ст1} - t_{ст2}}{R_1 + R_2}.$$

Перепад температур будемо змінювати від $\Delta t = t_{ст1} - t_{ст2} = 14 - (-10) = 24$ ^{0}C до 40 ^{0}C. Результати розрахунку подамо у вигляді таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Результати розрахунку величини теплового потоку за умов різних теплозахисних характеристик огородження, Вт/м^2

№ з/п	Характеристика конструкції стіни	Термічний опір теплопровідності R, м^2 · град. / Вт	Перепад температур, ^{0}C		
			Δt =24	Δt =30	Δt =40
1	Цегляна суха, 0,5м	1,43	16,7	20,9	27,9
2	Цегляна зволожена, 0,5м	0,48	50,0	62,5	83,3
3	Цегляна з утеплювачем, загальною товщиною 0,6 м	3,65	6,6	8,2	10,9

Як видно із таблиці, збільшення термічного опору і запобігання зволоженню матеріалів огородження дає можливість суттєво скоротити величину теплового потоку через конструкцію стіни. Для розгляду теплового балансу на поверхні необхідно розглянути ще один спосіб передачі теплоти – конвекцію.

4.2.2 Конвекція.

Під конвекцією розуміють розповсюдження теплоти у середовищі, в якому температура розподілена нерівномірно. Таке розповсюдження теплоти може здійснюватись лише у рідинах і газах, частинки яких легко переміщаються у просторі. Розповсюдження теплоти конвекцією завжди супроводжується теплопровідністю. Такий сумісний теплообмін між твердою поверхнею і газом (рідиною) називають конвективним теплообміном.

Інтенсивність конвективного теплообміну залежить від розподілення температур у потоку, від перепаду температур між стінкою та газом і розподілення швидкостей у потоку, тобто режиму руху газу. Так, при зростанні швидкості газу кількість теплоти конвекцією збільшується. Саме з цієї причини у вітряний день низька температура зовнішнього повітря спричиняє більший тепловий потік від поверхні тіла людини до зовнішнього повітря порівняно з безвітряним днем.

У теорії конвективного теплообміну надзвичайно важливим є зазначений режим руху газу або рідини. За умови ламінарного (при низькій швидкості та

відсутності збурення) потоку струмини рідини рухаються паралельно щодо поверхні стінки і не перемішуються. Інтенсивність процесу теплообміну конвекцією, який характеризується коефіцієнтом тепловіддачі α, є досить низькою.

Так, від повітря до 1 м^2 внутрішньої поверхні стінки у приміщенні, при перепаді температур між повітрям і стінкою в 1 ^{0}С, може бути передано не більш як 8...10 Вт теплоти (7...9 ккал / год). Якщо величина α характеризує кількість теплоти, яка проходить через одиницю поверхні стінки при перепаді температур у 1 ^{0}С, то величина 1 / α характеризує опір процесу передачі теплоти конвекцією. Для зазначеного вище випадку передачі теплоти від внутрішнього повітря до внутрішньої поверхні стін величина такого опору буде більшою порівняно з процесом передачі теплоти конвекцією від зовнішньої стінки до зовнішнього повітря. Величина коефіцієнту тепловіддачі для такого випадку становить 20...35 Вт / м^2 · град. – даються взнаки збільшення швидкості зовнішнього повітря і його перемішування.

Кількість теплоти, яка передається конвекцією, визначається за формулою Ньютона – Ріхмана:

$$Q_к = \alpha \cdot F(t_1 - t_{ст.}), \quad \text{ккал / год, кВт} \qquad (4.4)$$

де

F – поверхня стінки, м^2;

t_1 — температура газу або рідини, яка омиває поверхню стінки (наприклад, температура зовнішнього повітря), ^{0}С;

$t_{ст.}$ — температура на поверхні стінки, (зовнішньої або внутрішньої), ^{0}С.

Коефіцієнт тепловіддачі α на відміну від теплопровідності λ не є постійною величиною, а залежить від багатьох чинників.

Під час опалювання будівель конвекція спричиняє вертикальні висхідні потоки теплого повітря від нагрівальних приладів, які запобігають проникненню холодних потоків зовнішнього повітря від вікон (рис. 4.3).

Але водночас ці самі процеси призводять до того, що у приміщеннях зі значною висотою тепле повітря, яке має меншу вагу, покидає робочу зону приміщення і конвективними потоками підіймається у верхню ненаселену зону приміщення, що призводить до значних непродуктивних втрат теплоти за рахунок перегрівання перекриття. Зменшити такі втрати можна за рахунок зменшення висоти приміщення облаштуванням, наприклад, підшивної стелі, або примусового повернення цих теплових потоків у робочу (населену) зону приміщення за допомогою вентиляторів, що знову ж таки призводить до додаткових витрат енергії на приведення в дію таких вентиляторів.

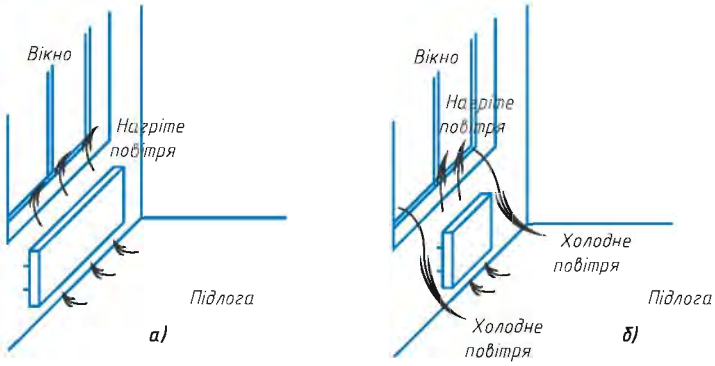


Рисунок 4.3 — Встановлення нагрівального приладу системи опалення під вікном: а) правильне; б) неправильне

Інтенсивність конвективного теплообміну на внутрішніх поверхнях огороджень по висоті приміщення буде різною. Теплообмін на зовнішній поверхні огороджень будівель, в основному, залежить від напряму та швидкості вітру. Тепловий потік від зовнішньої поверхні огородження у довкілля визначають за залежністю (4.4). Коефіцієнт теплообміну на зовнішній поверхні α для вертикальних поверхонь визначають за залежністю (4.5):

$$\alpha = 5{,}8 + 11{,}6\sqrt{W}, \quad \text{Вт / м}^2 \cdot \text{град.}, \qquad (4.5)$$

де W – швидкість вітру згідно метеорологічних даних, м / с.

Для горизонтальних зовнішніх поверхонь коефіцієнт теплообміну конвекцією визначається за залежністю (4.6)

$$\alpha = 8{,}7 + 2{,}6W, \quad \text{Вт / м}^2 \cdot \text{град.} \qquad (4.6)$$

На рис. 4.4 показані конвективні потоки нагрітого повітря, які виникають навколо нагрітих трубопроводів нагрівальних приладів, розташованих у шаховому порядку

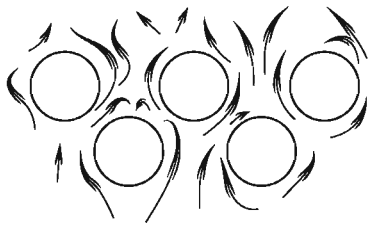


Рисунок 4.4 — Картина руху повітря в шахових пучках круглих труб.

***Приклад 4.3**. Визначити кількість теплоти, яка передається конвекцією від зовнішньої поверхні однієї із вертикальних цегляних стін будівлі п'ятиповерхового будинку завдовжки 60 м і заввишки 15 м з температурою $t_{ст.}$ = +2 ^{0}C до повітря з температурою t_1 = –10 ^{0}C. Швидкість вітру прийняти 6,2 м / с. Порівняти з кількістю теплоти, яка буде передаватись за повної відсутності вітру, W = 0.*

Розв'язання.

1. Визначаємо площу поверхні стіни F = 60 · 15 = 900 м^2.
2. Розраховуємо коефіцієнт теплообміну на зовнішній вертикальній поверхні стіни $\alpha = 5{,}8 + 11{,}6\sqrt{W} = 5{,}8 + 11{,}6\sqrt{6{,}2} = 34{,}7$ Вт / м^2 град.
3. Визначаємо кількість теплоти, яка передається конвекцією з поверхні стіни $Q_к = \alpha \cdot F\,(t_1 - t_{ст}) = 34{,}7 \cdot 900 \cdot [2-(-10)] = 374760$ Вт = 374,8 кВт = 0,378 МВт.

За відсутності вітру кількість теплоти становитиме 62,64 кВт, або у 6 разів менше порівняно з вітряною погодою.

4.2.3 Теплообмін за зміни фазового стану.

Взимку, коли після сильних морозів настає потепління, на поверхні масивних огороджень будівель утворюється іній. Утворення інею супроводжується виділенням *теплоти сублімації* (переходу води із пароподібного в твердий стан), яке змінює теплопередачу через огородження так само, як поглинання теплоти сонячної радіації.

У ході розрахунків за формулою (4.4) це враховується введенням умовної температури зовнішньої поверхні (збільшенням температури на величину еквівалентної температурної добавки). За допомогою такої температурної добавки можна урахувати зміну теплообміну у результаті інших фазових перетворень на поверхні огороджень – конденсації водяної пари або, навпаки, випаровуванні вологи з поверхні огороджень (процес випаровування спричинює зменшення умовної температури).

Таким чином, ми переходимо до поняття *теплообміну за зміни фазового стану тіла*. Як відомо, тіла перебувають в одному із трьох агрегатних станів – твердому, рідкому та газоподібному і за певних умов можуть переходити з одного стану в інший. Ці перетворення відбуваються у процесі теплообміну між тілами або внаслідок перерозподілу внутрішньої енергії в самому тілі. Такі перетворення супроводжуються виділенням або поглинанням певної кількості теплоти, яка і називається *теплотою фазових перетворень.*

Так, за певної температури кристалічні тіла можуть переходити у рідкий стан. Такий процес називається *плавленням* і супроводжується поглинанням теплоти, При кристалізації ж потенціальна енергія тіла зменшується, а процес супроводжується виділенням такої кількості теплоти, яка була витрачена під час плавлення. Зазначена величина теплоти називається *теплотою плавлення* і залежить від виду тіла. Так, під час перетворення льоду у воду виділяється близько 79 ккал / кг теплоти на кожний 1 кг льоду. А перехід заліза із твердого стану у розплавлений

супроводжується поглинанням близько 64 ккал / кг теплоти. Процес фазового переходу відбувається ізотермічно, тобто температура тіла при зміні агрегатного стану залишається сталою.

Процес перетворення рідини на пару називається *випаровуванням*, а обернений процес – *конденсацією*. Для перетворення рідини масою М кг на пару до неї необхідно підвести кількість теплоти, яка визначається за залежністю (4.7)

$$Q = M \cdot r, \text{ ккал}; \quad \text{кДж}, \quad (4.7)$$

де r — питома теплота випаровування за даної температури.

Питома теплота випаровування – це кількість теплоти, яку необхідно надати тілу, щоб перетворити 1 кг речовини з рідкого у пароподібний стан.

У ході конденсації відбувається виділення такої самої кількості теплоти. Кількість теплоти, яка виділяється у ході конденсації або поглинається під час випаровування залежить від тиску, під яким знаходиться речовина, та її виду. Так, під час конденсації 1 кг води з температурою близько 100 ^{0}C виділяється 2258 кДж / кг або 540 ккал / кг теплової енергії. Питома теплота пароутворення 1 кг води за температури 36 ^{0}C буде дещо більшою і становитиме 2415 кДж / кг або 575 ккал / кг.

Властивість відбирати теплоту під час випаровування використовується у техніці для зменшення температури повітря в системах кондиціювання (*випаровувальне охолодження)*.

Організм людини також використовує такий механізм для терморегуляції і можливості існування. Нормальна температура тіла людини, як відомо, становить 36,6 ^{0}C. При температурі довкілля, вищій за температуру тіла, на поверхні тіла відкриваються пори потових залоз і на тілі виступає значна кількість поту. Піт починає швидко випаровуватись у повітря. Випаровування охолоджує тіло і дає можливість витримувати досить високі температури довкілля. Добре відомо також, що при зволоженій поверхні тіла людина швидко відчуває холод.

Охолоджувальний ефект випаровування легко спостерігати, якщо обгорнути капіляр заповненого спиртом термометра змоченою у воді тканиною при кімнатній температурі. Спостерігайте за показами термометра в міру того, як вода із тканини буде випаровуватись. Температура може зменшитись на 5...10 ^{0}C і навіть більше. Після того, як вода випарується, термометр повернеться до початкових показань – охолоджувального ефекту більше не буде.

Зазначений ефект використовувався у древніх цивілізаціях для охолодження води у глиняних амфорах, які спеціально виготовлялися із мікропорами. Певна кількість води просочувалась на зовнішню поверхню амфори, де і випаровувалась під дією сонячних променів. За умови, що за годину випаровувалось 200 г води, кількість теплоти, яка відбиралась від води в амфорі, становила 0,2 · 575 = 115 ккал. А цього достатньо, щоб охолодити 11 кг (11 літрів) води на 10 ^{0}C.

Теплообмін при фазовому переході використовується у холодильній техніці та

у теплових помпах. Процес випаровування спеціальних робочих тіл з досить низькою температурою кипіння (у томі числі при температурах, нижчих за 0 ^{0}C) і поглинання теплоти використовують для можливості відбору теплоти від низькопотенційних джерел теплоти, вторинних енергоресурсів. Після збільшення енергетичного потенціалу таких робочих тіл стає можливим відбір теплоти від них у ході конденсації і передача такої теплоти споживачам. Такі робочі тіла називають холодоагентами. Наприклад, температура кипіння аміаку становить –33 ^{0}C, діоксиду вуглецю –78 ^{0}C, холодоагента R 125 –49 ^{0}C.

Ефективність тепловіддачі у процесах конденсації і випаровування є надзвичайно високою. Так, згідно з результатами дослідів у ході крапельної конденсації коефіцієнт тепловіддачі змінюється від 60 до 150 кВт / м^2 · град. Крім того, зміна фазового стану відбувається ізотермічно, а це один із найвигідніших і найефективніших термодинамічних процесів.

Але зазначений спосіб передачі теплоти ще не повністю розкрив свої можливості у техніці. Такий спосіб передачі теплоти міг би бути використаним в акумуляторах теплоти – з поглинанням теплоти при плавленні робочого тіла у режимі нагромадження теплової енергії і подальшою віддачею теплоти у ході кристалізації робочого тіла.

Не реалізованою до цього часу в Україні залишається можливість отримання додаткової значної кількості теплоти від продуктів згоряння викопного палива за рахунок конденсації водяної пари, яка у достатньо великій кількості входить до складу продуктів згоряння такого палива. Загальноприйнятим є те, що температура продуктів згоряння на виході із паливоспалювального обладнання (котлів, печей, водонагрівачів) у місці видалення їх у довкілля не повинна бути меншою за 130...140 ^{0}C. За рахунок такої високої температури втрати теплоти з відхідними газами для більшості паливоспалювального обладнання сягають 8...10 % енергетичного потенціалу палива, а коефіцієнт корисної дії обладнання зменшується на 8...10 %, відповідно. Інакше виникає загроза конденсації водяної пари, яка входить до складу продуктів згоряння. Так, при спалюванні 1 м^3 природного газу утворюється і міститься у продуктах згоряння 1,6 кг водяної пари, яка може сконденсуватись і утворити відповідну кількість рідкої фази – конденсату, що може спричинити певні проблеми під час експлуатації паливоспалювального обладнання (корозію поверхонь нагрівання, зменшення гравітаційного тиску, який необхідний для видалення продуктів згоряння через димові труби у довкілля тощо).

Але за умови використання корозійностійких матеріалів поверхонь нагрівання, примусового видалення продуктів згоряння і організованого відведення конденсату в систему каналізації проблема конденсації водяної пари перестає бути нездоланою. А зниження температури продуктів згоряння з усталених 130...140 ^{0}C до 50...60 ^{0}C дає можливість отримати додаткову кількість теплоти, яка може бути корисно використаною у паливоспалювальному агрегаті за рахунок конденсації водяної пари.

Кількість такої додаткової теплоти, яку можна отримати у паливоспалювальному агрегаті, сягає 800...900 ккал на кожний використаний 1м^3 природного газу, що становить додаткових 10...11 % величини теплоти згоряння природного газу.

Відповідно збільшується ККД обладнання і ефективність використання палива, скорочуються витрати палива.

4.2.4 Теплообмін випромінюванням.

Променевий теплообмін виявлено ще в XVII столітті. У фокус металічного рефлектора розміщували лід, і на поверхні, на яку спрямовували дію рефлектора, відбувалось зниження температури. На той час цьому явищу не могли дати наукового пояснення. Пізніше було з'ясовано, що інтенсивність випромінювання, яке генерується будь-яким нагрітим тілом (у тому числі і газами), залежить від оптичних властивостей джерела – спроможності матеріалу поглинати і відбивати світло.

Від температури тіла залежить довжина хвилі, на якій розповсюджується у просторі електромагнітна енергія. Так, в променях Сонця, поверхня якого розжарена до 6000 ^{0}С, переважає видиме світло[36] (довжина хвилі 0,4...0,76 мкм), а металева плита з температурою близько 300 ^{0}С випромінює, здебільшого в інфрачервоному діапазоні — на хвилях довжиною більш як 1 мкм.

Досить цікаво розглянути питання про теплове випромінювання з огляду отримання теплоти від основного джерела життя на Землі – Сонця. Ця зірка Чумацького Шляху випромінює щохвилини $5{,}3 \cdot 10^{27}$ калорій. Такої кількості теплоти достатньо, щоб розтопити шар льоду навколо Землі завтовшки 50 тис. км і випарувати воду, яка при цьому утвориться. Цікаво, що питома кількість енергії Сонця надзвичайно мала: кожний 1 кг його маси генерує лише 5 кал за добу, людина виділяє приблизно у 5 разів більше. Але на кожне космічне тіло падає лише частина вказаної енергії. Так, на відстані 150 млн км (відстань до Землі) сонячне випромінювання розсіюється і наша планета отримує лише 0,0000002 % усього потоку. До верхньої границі земної атмосфери на кожний квадратний сантиметр від Сонця надходить 1,8 кал / см^2 за хвилину (метрологічна сонячна постійна).

Під час проходження через атмосферу частина енергії сонячного світла поглинається парами і газами (особливо багатоатомними, які утворюються внаслідок техногенної діяльності людини). В результаті змінюється спектральний склад потоку. З наближенням Сонця до горизонту збільшується частка інфрачервоних (теплових) променів, які проходять крізь атмосферу. Якщо опівдні вони становлять половину променевого потоку, то на заході їх частка збільшується до 72 %.

Прозорість атмосфери для сонячного випромінювання змінюється залежно від пори року, місцевості, клімату, ступеня забруднення атмосфери. Кисень, водяна пара, діоксин вуглецю, дим і пил не лише поглинають випромінювання, але і розсіюють його. Відбивання, поглинання і розсіювання енергії в атмосфері ослабляють інтенсивність потоку і поверхні Землі сягає в середньому 0,25 кал / см^2. З огляду на поверхню Землі це дає надзвичайно велику величину енергії – $2{,}6 \cdot 10^{18}$ калорій щохвилини. Кількість енергії від Сонця у 10 тис. разів більша від сьогоднішнього споживання енергії з викопного палива всіма країна-

[36] 6,7 % електромагнітної енергії Сонця становить ультрафіолет, 46,8 % — видиме світло, 46,5 % — інфрачервоні промені.

ми світу.

Тіла, які поглинають всю енергію, що надходить до них, є ідеальними випромінювачами і називаються абсолютно чорними тілами. Вони не пропускають і не відбивають промені. Абсолютно чорного тіла в природі не існує. Будь-яке реальне тіло поглинає лише частину спрямованого на нього променевого потоку. Наприклад, полірована мідь віддзеркалює практично весь променевий потік, що падає на її поверхню, розсіює його у довкілля і підвищує температуру повітря.

Результуючий тепловий потік випромінюванням від поверхні 1 до паралельної поверхні 2 визначається за рівнянням (4.8)

$$Q_{1\text{-}2} = \varepsilon_{пр} C_o F_1 \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right], \quad (4.8)$$

де

$\varepsilon_{пр.}$ — приведений ступінь чорноти;

F_1 і F_2 – площі поверхні тіл, які беруть участь у теплообміні;

C_0 – коефіцієнт випромінювання абсолютно чорного тіла, фізична стала величина, C_0 = 5,7 Вт / см^2 · К^4;

T_1 і T_2 – температури на поверхні тіл за шкалою Кельвіна, T = 273,15 + t;

t – температура за шкалою Цельсія.

$$\varepsilon_{пр} = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{F_1}{F_2}\left(\frac{1}{\varepsilon_2} - 1\right)},$$

де ε_1 і ε_2 – ступінь чорноти поверхонь тіл, які беруть участь у теплообміні.

Значення коефіцієнта чорноти для деяких матеріалів наведено у додатку 3. Як видно із таблиці додатку 3, коефіцієнт чорноти змінюється залежно від виду фарби. Так, якщо для олійної фарби різних кольорів ступінь чорноти становить 0,96...0,98, що свідчить про високу випромінювальну і поглинальну здатність поверхні, то поверхні, що покриті алюмінієвою фарбою, мають ступінь чорноти лише 0,35. А це означає, що за решти рівних умов результуючий потік випромінювання нагрітими поверхнями, які покриті алюмінієвою фарбою, буде у 2,7... 3 рази менший порівняно з пофарбованими олійною фарбою. За умов отримання теплоти від більш нагрітого тіла поверхня, яка пофарбована олійною фарбою, буде, відповідно, сприймати у 2,7...3 рази більше теплоти. Покрита алюмінієвою фарбою поверхня більшу частину теплоти відбиватиме.

З рівняння (4.8) випливає, що інтенсифікація променевого теплообміну може бути досягнута шляхом збільшення температури випромінюючого тіла, підвищення ступеня чорноти сприймаючих тіл, оптимізації розташування тіл, які обмінюються променевою енергією у просторі.

4.2.5 Складні форми теплообміну, теплопередача.

Перехід теплоти внутрішнього повітря приміщення до зовнішнього середовища через огородження є складним процесом, який називається теплопередачею.

В умовах стаціонарного процесу, коли температура та інші параметри процесу залишаються незмінними у часі, теплота транзитом проходить із приміщення через внутрішню поверхню огородження крізь товщу огородження до її зовнішньої поверхні та передається у зовнішнє середовище. При цьому важливо розуміти, що згідно із законом збереження теплової енергії кількість теплоти, яка проходить через внутрішню поверхню огородження, буде однаковою з кількістю теплоти, яка проходить крізь товщу огородження і дорівнює кількості теплоти, яка передається від зовнішньої поверхні огородження у довкілля (рис. 4.5).

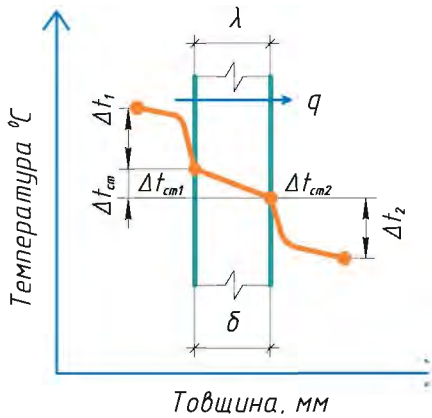


Рисунок 4.5 — Графік зміни температур у ході стаціонарної теплопередачі через одношарове огородження.

Щільність теплового потоку конвективним теплообміном від внутрішнього повітря з температурою $t_в$ до внутрішньої поверхні стінки з температурою $t_{ст1}$ визначають за залежністю (4.9):

$$q = \alpha_1 \cdot (t_в - t_{ст1}) = \alpha_1 \cdot \Delta t_1, \text{ Вт/ м}^2 . \quad (4.9)$$

Щільність теплового потоку, який проходить далі теплопровідністю — крізь товщу огородження від її внутрішньої поверхні з температурою $t_{ст1}$ до зовнішньої з температурою $t_{СТ2}$ — для стаціонарного режиму залежить від теплотехнічних характеристик огородження (коефіцієнта теплопровідності матеріалу стінки λ і товщини огородження δ). Її визначають за залежністю 4.10:

$$q = (\lambda / \delta) \cdot (t_{ст1} - t_{ст2}) = (\lambda / \delta) \cdot \Delta t_{ст}, \text{ Вт/ м}^2. \quad (4.10)$$

Щільність теплового потоку конвективним теплообміном від зовнішньої

поверхні стінки з температурою $t_{ст2}$ до зовнішнього повітря з температурою $t_з$ визначають за залежністю (4.11):

$$q = \alpha_2 \cdot (t_{ст2} - t_з) = \alpha_2 \cdot \Delta t_2 \text{ , Вт / м}^2, \quad (4.11)$$

де α_1 і α_2 — коефіцієнти тепловіддачі на внутрішній і зовнішній поверхні огороджень.

У процесі переходу теплоти з приміщення у довкілля тепловий потік послідовно долає опір теплообміну на внутрішній поверхні огородження, який визначається як $R_в = 1/\alpha_1$, термічний опір теплопровідності матеріалу по товщині $R_\Sigma = \Sigma (\delta / \lambda)$ та опір переходу теплоти конвекцією на зовнішній стінці огородження $R_з = 1 / \alpha_2$.

Відповідно до вимог ДБН В.2.6—31:2006 «Теплова ізоляція будівель» величину α_1 для усіх будівель ВНЗ можна приймати рівною 8,7 Вт / м^2 · град. Значення α_2 для зовнішніх огороджень, які розділяють зовнішнє повітря з опалювальним об'ємом приміщення, приймають α_2 = 23 Вт / м^2 · град. Для перекриття горищ і холодних підвалів, які сполучені із зовнішнім повітрям, α_2 = 17 Вт / м^2 · град. Для перекриття горищ і над неопалювальними підвалами, які мають світлові прорізи у стінах, α_2 =12 Вт / м^2 · град. Для перекриття над неопалювальними підвалами без світлових прорізів у стінах, які розташовані вище рівня землі, α_2 = 6 Вт / м^2 · град.

Загальний опір теплопередачі плоских термічно однорідних огороджувальних конструкцій визначається за сумою зазначених вище термічних опорів (4.12):

$$R_o = R_в + R + R_з = 1 / \alpha_1 + \Sigma(\delta / \lambda) + 1/ \alpha_2. \quad (4.12)$$

Для термічно неоднорідних прозорих і непрозорих огороджувальних конструкцій визначається приведений опір теплопередачі; методика його визначення викладена в додатках И та М ДБН В.2.6—31:2006 «Теплова ізоляція будівель».

Величину, обернену зазначеній у залежності (4.12) величині опору теплопередачі, називають *коефіцієнтом теплопередачі* K. Він характеризує кількість теплоти, яка проходить через одиницю поверхні огородження (1 м^2) за одиницю часу за перепаду температур внутрішнього і зовнішнього повітря в 1 ^{0}C. Вказана величина визначається за залежністю (4.13), і для нормування теплозахисних характеристик огороджень доводиться, як і величина опору теплопередачі R_o, за нормативною будівельною документацією.

$$K = 1/ R_o = 1/ (1 / \alpha_1 + \Sigma(\delta / \lambda) + 1 / \alpha_2),$$
$$\text{Вт / м}^2 \cdot \text{град.; ккал / м}^2 \cdot \text{град.} \cdot \text{год.} \quad (4.13)$$

Відповідно до вимог ДБН В.2.6—31:2006 для зовнішніх огороджувальних конструкцій опалювальних будинків та внутрішніх міжквартирних конструкцій, що розділяють приміщення, температура повітря в яких відрізняється на 3 ^{0}C і більше, обов'язковим є дотримання умови, згідно з якою дійсний опір теплопередачі огородження R_o повинен бути більшим або рівним мінімально допустимому зна-

ченню опору теплопередачі такого огородження $R_{мін.}$

$$R_o \geq R_{мін.}$$

Мінімально допустимі величини опору теплопередачі огороджувальних конструкцій $R_{мін.}$ нормуються ДБН В.2.6—31:2006 залежно від температурної зони експлуатації будинку.

Загальна кількість теплоти, яка буде втрачатись огородженням будь-якої поверхні за будь-якого перепаду температур внутрішнього $t_в$ і зовнішнього $t_з$ повітря, визначається за залежністю (4.14):

$$Q = K \cdot F \cdot (t_В - t_З), \text{ Вт; ккал / год,} \quad (4.14)$$

де F — поверхня огороджувальної конструкції.

Загальні втрати теплоти приміщенням або будівлею в цілому визначаються за сумою величин втрат теплоти окремими огороджувальними конструкціями.

Аналіз виразу (4.14) свідчить, що зменшення кількості теплоти, яка втрачається будівлею через огородження у довкілля, можна досягти таким чином:

— зменшення перепаду температур між внутрішнім і зовнішнім повітрям, що практично неможливо — внутрішні параметри повітря нормуються для забезпечення комфортних умов перебування у приміщенні, а параметри зовнішнього повітря залежать від метеорологічних умов і розташування населеного пункту;
— зменшення величини коефіцієнту теплопередачі огороджувальних конструкцій, а це можливо за рахунок збільшення будь-якого із складових термічного опору. Зазвичай це відбувається завдяки підвищенню термічного опору будівельної конструкції шляхом нанесення на неї теплової ізоляції.

Складним, або комбінованим теплообміном називають процес переносу теплоти, який разом з теплопровідністю і конвекцією передбачає ще й променевий теплообмін. Найбільш розповсюдженим є радіаційний теплообмін, який відбувається одночасно з конвективним.

Обігрівальні пристрої систем опалення приміщень за характером передачі теплоти можуть бути:

— променевими — вони являють собою нагріту досить велику плоску поверхню у вигляді панелі, яка розташовується у площині одного із огороджень;
— конвективними – подача у приміщення підігрітого повітря або підігрівання внутрішнього повітря оребреними поверхнями опалювальних приладів, розташованих у приміщенні.

Здебільшого опалювальні пристрої здійснюють передачу теплоти у приміщення комбіновано — як конвекцією, так і за рахунок променевого теплообміну. Важливо, щоб дефіцит теплоти у тепловому балансі приміщення компенсувався тепловіддачею нагрітої поверхні системи опалення.

Так само віддача теплоти від поверхні тіла людини здійснюється різними

механізмами: радіацією, конвекцією, теплопровідністю, випаровуванням і диханням. В умовах теплового комфорту і охолодження найбільшу частку займають втрати теплоти радіацією (випромінюванням) і конвекцією (73...88 % загальних тепловтрат). Причому частка втрат випромінюванням є найбільшою. В умовах перегрівання організму переважає тепловіддача за зміни фазового стану (випаровуванням). Спосіб надолужування втрат теплоти людиною шляхом одержання теплоти від опалювальних пристроїв має узгоджуватися із способами тепловіддачі людини.

Приклад 4.4. *Визначити відповідність сучасним вимогам з енергозбереження теплозахисних характеристик безгорищного покриття будівлі гуртожитку корпусу ВНЗ у м. Луганську.*

У ході енергетичного аудиту огороджувальних конструкцій ВНЗ було з'ясовано, що покриття складається із залізобетонної багатопустотної панелі завтовшки 150 мм, шару утеплювача пінобетону щільністю 400 кг / м³ завтовшки 100 мм, вирівнювального цементно-піщаного шару завтовшки 10 мм та водоізоляційного покриття, термічним опором якого можна знехтувати.

Визначити необхідну товщину теплоізоляційного шару для досягнення нормованих показників теплозахисту та зменшення витрат теплоти через покриття. Величину термічного опору теплопровідності залізобетонної панелі прийняти рівною $R_{зб.}$ = 0,17 м² · год · град./ ккал. Температуру внутрішнього повітря у приміщенні прийняти відповідно до вимог нормативної документації ($t_в$ = + 20 ⁰С).

Розв'язання.

1. Визначимо нормовані параметри зовнішнього повітря для м. Луганська та відповідність їх одній з температурних зон України[37]. Згідно з додатком Г розрахункова температура для систем опалення становить $t_з$ = –25 ⁰С, нормована тривалість опалювального періоду $n_{оп.н.}$ = 172 доби, середня нормована температура опалювального періоду $t_{сер.}^{н.}$ = – 0,8 ⁰С.

Кількість градусо-діб опалювального періоду визначимо відповідно до формули

$$ГД = n_{оп.\,н.} \cdot (t_в - t_з) = 172 \cdot (20+0,8) = 3577 \text{ градусо-діб.}$$

Згідно з ДБН В.2.22-15-2005 зазначена кількість градусо-діб відповідає 1-й

[37] До 1-ї температурної зони із кількістю градусо-діб опалювального періоду більш як 3501 відносяться Тернопільська, Рівненська області та далі на схід, крім Миколаївської, Херсонської, Одеської обл. і південного узбережжя АР Крим. До 2-ї температурної зони із кількістю градусо-діб від 3001 до 3500 відносяться Волинська, Львівська, Івано-Франківська, Чернівецька, Запорізька та Дніпропетровська області. До 3-ї температурної зони віднесені області із кількістю градусо-діб від 2500 до 3000 (Миколаївська, Херсонська, Одеська, Закарпатська), а до 4-ї — південна частина Криму із кількістю градусо-діб менш як 2500. Джерело: Карта-схема температурних зон України (див. наказ Мінбудархітектури України № 247 від 27 грудня 1993 р. «Про введення в дію нових нормативів опору теплопередачі...»).

температурній зоні, прийнятій в Україні, оскільки отримана кількість градусо-діб більша за 3500.

2. Приведемо параметри до міжнародної системи вимірювань – SI. Задана величина опору теплопровідності залізобетонної панелі становитиме

$R_{зб.}$ = 0,17 м^2 · год · град. / ккал : 1,16 = 0,146 м^2 · град. / Вт.

3. Згідно зі СНиП II-3—79 або додатку Ж посібника визначимо теплотехнічні показники матеріалів огородження.

Для пінобетону щільністю 400 кг / м^3 коефіцієнт теплопровідності за нормальних умов експлуатації (умови експлуатації А) $\lambda_{пб.}$ = 0,14 Вт / м · град. Для цементно-піщаного розчину з щільністю 1800 кг / м^3 коефіцієнт теплопровідності за нормальних умов експлуатації (умови експлуатації А) $\lambda_{цп.}$ = 0,76 Вт / м · град.

4. Визначимо величину загального термічного опору теплопередачі конструкції перекриття і коефіцієнт теплопередачі. Для цього підрахуємо спочатку опір теплообміну при переході теплоти від внутрішнього повітря до внутрішньої поверхні перекриття $R_в$ та від його зовнішньої поверхні до зовнішнього повітря на внутрішній і зовнішній поверхнях огороджень $R_з$:

$$R_в = 1 / \alpha_1 = 1 / 8{,}7 = 0{,}115 \text{ м}^2 \cdot \text{град. / Вт}; \; R_з = 1 / \alpha_2 = 1 / 23 = 0{,}043 \text{ м}^2 \cdot \text{град. / Вт}.$$

Визначимо опір теплопровідності наявних конструктивних шарів конструкції – цементно-піщаного розчину та наявного утеплювача (термічний опір теплопровідності залізобетонної панелі заданий в умовах задачі і становить $R_{зб.}$ = 0,146 м^2 · град. / Вт).

Опір теплопровідності утеплювача становить $R_{пб.} = \delta_{пб.} / \lambda_{пб.}$ = 0,1 / 0,14 = 0,71 м^2 · град. / Вт. Опір теплопровідності цементно-піщаного вирівнювального шару у конструкції становить $R_{цп.} = \delta_{цп.} / \lambda_{цп.}$ = 0,01 / 0,76 = 0,013 м^2 · град./ Вт.

Як видно із зроблених розрахунків, найбільший термічний опір процесу передачі теплоти через огородження має утеплювач. Звертаємо також увагу на низькі теплозахисні характеристики залізобетонної панелі – її термічний опір теплопровідності становить лише 20 % опору теплопровідності.

Загальний опір процесу теплопередачі огородження визначається відповідно до залежності (4.12):

$$R_o = R_в + R_{пб.} + R_{цп.} + R_з = 0{,}115 + 0{,}71 + 0{,}013 + 0{,}043 = 0{,}881 \text{ м}^2 \cdot \text{град. / Вт}.$$

За формулою (4.13) визначимо коефіцієнт теплопередачі для перекриття в наявному стані

$$K = 1/ (R_в + R_{пб.} + R_{цп.} + R_з) = 1/ 0{,}881 = 1{,}13 \text{ Вт / м}^2 \cdot \text{град.}$$

5. Виконаємо порівняння отриманих теплозахисних характеристик перекриття

з сучасними вимогами щодо енергозбереження.

Згідно з ДБН В.2.6-31:2006 «Теплова ізоляція будівель» для покриття житлових і громадських будинків у 1-й температурній зоні величина опору теплопередачі повинна бути не менш як $R_{нор.} = R_{мін.} = 3,3$ м^2 · град. / Вт, а коефіцієнт теплопередачі, відповідно, не більш як $K_{нор.} = 0,303$ Вт / м^2 · град. (див. табл. 4.2).

Визначимо різницю нормованої мінімальної та дійсної величин опору теплопередачі – це буде величина опору теплопередачі, яку необхідно забезпечити за рахунок додаткового утеплення покриття будівлі: $R_{дод.} = R_{мін.} - R_o = 3,3 - 1,13 = 2,17$ м^2 · град./ Вт.

6. Визначимо товщину додаткового утеплювача, який необхідно нанести на покрівлю. У якості такого утеплювача можна використати різноманітні теплоізоляційні матеріали: пінополіуретанове покриття з коефіцієнтом теплопровідності до $\lambda_{пу.} = 0,05$ Вт / м · град. або жорсткі мінеральні плити з коефіцієнтом теплопровідності $\lambda_{мв.} = 0,1...0,15$ Вт / м · град., які необхідно захищати додатковим шаром гідроізоляції. Також можна збільшити товщину вже існуючого теплоізолятора (пінобетону). Перевагою матеріалів із незначною щільністю є відсутність додаткового навантаження на будівельні конструкції.

Таблиця 4.2

Теплотехнічні характеристики огороджувальних конструкцій житлових та громадських будинків для 1-ї і 2-ї температурних зон України[38]

№	Вид огороджувальної конструкції	Опір теплопередачі, м^2 · град. / Вт		Коефіцієнт теплопередачі, Вт / м^2 · град.	
		Фактично	ДБН В.2.6-31	Фактично	ДБН В.2.6-31
1	Зовнішні стіни	0,88—1,0	2,8/2,5	1,14/1,0	0,36/0,4
2	Перекриття над холодним підвалом	1,0	3,5/3,3	1,0	0,28/0,3
3	а) перекриття теплоізольованих неопалювальних технічних поверхів (горищ)	0,9	3,3/3,0	1,11	0,3/0,33
	б)[39] перекриття теплоізольованих неопалювальних технічних поверхів (горищ)	0,9	4,95/4,95	1,11	0,2/0,22
4	Вхідні двері	0,25	0,44/0,41	4,0	2,3/2,4
5	Вікна, балконні двері, світлопрозорі фасади	0,4	0,5/0,5	2,5	2,0/2,0

Примітка. Величини мінімально допустимих значень опору теплопередачі для усіх температурних зон України наведено в таблиці1 ДБН В.2.6—31:2006 «Теплова ізоляція будівель» та у задачнику до даного посібника.

Приймемо в якості додаткового утеплювача мінеральні плити. Товщина додат-

[38] Величини мінімально допустимих значень опору теплопередачі для усіх температурних зон України наведено в таблиці1 ДБН В.2.6-31:2006 «Теплова ізоляція будівель» та у практикуму до даного посібника.

[39] Для будинків садибного типу і будинків до чотирьох поверхів включно.

кового шару теплової ізоляції $\delta_{дод.}$ визначається за залежністю

$$\delta_{дод.} = R_{дод.} \cdot \lambda_{мв.} = 2,17 \cdot 0,1 = 0,22 \text{ м}.$$

Аналогічні теплозахисні характеристики будуть забезпечені у разі застосування шару керамзитового щебеню щільністю 800 кг / м^3 завтовшки 0,45 м (коефіцієнт теплопровідності λ = 0,21 Вт / м · град.). За умови використання керамзиту щільністю 300 кг / м^3 з коефіцієнтом теплопровідності 0,12 Вт / м · град. необхідна товщина додаткового утеплювача становитиме уже набагато меншу величину – 0,26 м.

5. Визначимо розрахункову кількість теплоти, яка буде втрачатись покриттям будівлі у довкілля 1) за наявних умов і 2) після додаткового утеплення. Площу поверхні перекриття приймемо F = 1000 м^2.

Кількість теплоти визначається відповідно до залежності (4.14).

За наявної конструкції огородження:

$$Q = K \cdot F \cdot (t_в - t_з) = 1,13 \cdot 1000 \cdot (20+25) = 50\,850 \text{ Вт} = 50,8 \text{ кВт} = \\ = 43540 \text{ ккал / год}.$$

Після утеплення перекриття:

$$Q = K_{нор.} \cdot F \cdot (t_в - t_з) = 0,303 \cdot 1000 \cdot (20+25) = 13\,635 \text{ Вт} = 13,6 \text{ кВт} = \\ = 11657 \text{ ккал / год}.$$

Таким чином, втрати теплоти через покриття будівлі ВНЗ у результаті здійснення заходів з утеплення зменшаться у 3,7 раза.

4.3 Теплостійкість огородження

Наведені вище залежності (4.4...4.14) визначають передачу теплоти через огородження в стаціонарних умовах, тобто в умовах, коли тривалий період часу температури зовнішнього і внутрішнього повітря залишаються незмінними, а системою опалення подано в приміщення таку кількість теплоти, яку воно втрачало через зовнішні огородження. Але температура зовнішнього повітря безперервно змінюється. Тепловіддача нагрівальних пристроїв також змінюється, що спричиняє зміну температури на поверхні та по товщині огородження, тобто має місце нестаціонарний тепловий режим. Зменшення температури зовнішнього повітря передається до внутрішньої поверхні і до повітря у приміщенні через огородження з різною швидкістю. Ця властивість огороджень пов'язана з їх теплостійкістю.

Теплостійкість – це властивість огородження зберігати відносно сталу температуру за умов періодичних змін теплового впливу на його поверхнях. Споживача теплоти така властивість цікавить з точки зору зміни температури у приміщенні, на внутрішній поверхні огороджень, а отже, з точки зору забезпечення комфортних умов життєдіяльності. Допустимою межею добового коливання температури повітря у житловому приміщенні гігієністи вважають $\pm$ 1,5 ^{0}C при центральному

опаленні. Коливання температури внутрішньої поверхні також впливає на втрати теплоти і радіаційну температуру приміщення, тому становить особливий інтерес і з позиції енергозбереження.

Суттєвий вплив на амплітуду зміни температури на внутрішній поверхні огородження має коефіцієнт теплозасвоєння S (Вт / м^2 · град.). Величину такого коефіцієнта, згідно з довідниковими даними, наведено в додатку Ж. Коефіцієнт теплозасвоєння матеріалу характеризує його спроможність більш чи менш інтенсивно сприймати тепло під час коливання температури на його поверхні.

Для з'ясування властивості теплозасвоєння матеріалу розглянемо перекриття між поверхами, яке розділяє приміщення з однаковою температурою. Одна частина перекриття має дерев'яну підлогу з коефіцієнтом теплозасвоєння S = 3,6 (сосна), а інша частина – бетонну (S = 11,2). Якщо стати босою ногою на дерев'яну підлогу, а потім на бетонну, то у першому випадку ми відчуємо, що підлога тепла, а у другому – холодна, хоча температура на поверхні підлоги буде однаковою. Так само відчуття теплої підлоги дає килимове покриття. Пояснення криється в тому, що внаслідок незначної величини коефіцієнта теплозасвоєння дерева від тіла віднімається менша кількість теплоти, що і дає відчуття теплої підлоги. Максимально допустима величина показника теплозасвоєння поверхнею підлоги для житлових будинків, гуртожитків і навчальних закладів становить 12 Вт / м^2 · град.

Показником теплової інерції однорідного огородження є величина показника теплової інерції D. Він визначається як добуток уже відомих нам величин — термічного опору та коефіцієнта теплозасвоєння.

$$D = R \cdot S. \quad (4.15)$$

Теплостійкість огородження може бути підвищена такими заходами:

— збільшення загального термічного опору огородження, тобто підвищення його теплозахисних властивостей;
— розташування біля внутрішньої поверхні огородження матеріалів, які мають значний коефіцієнт теплозасвоєння S;
— зменшення періоду коливання теплового потоку, який віддається опалювальним приладом (особливо важливо при застосуванні таких енергозберігальних заходів, як періодичне зменшення подачі теплоти на опалення у неробочий час, свята та вихідні дні);
— зменшення коефіцієнта нерівномірності тепловіддачі нагрівальними приладами.

Вимоги будівельних нормативів до показників теплостійкості для житлових і громадських установ, навчальних закладів є такими:

— амплітуда коливань температури внутрішньої поверхні непрозорих огороджувальних конструкцій у літній період повинна бути меншою або рівною 2,5 ^{0}C;
— амплітуда коливань температури внутрішнього повітря у зимовий період за наявності центрального опалення повинна бути меншою або рівною 1,5 ^{0}C;
— те саме у зимовий період за наявності теплоакумуляційного опалення –

меншою або рівною 2,5 ^{0}С.

Розрахунок амплітуди коливань температури повітря приміщення під час оцінки теплостійкості в зимовий період виконується згідно з додатком Р ДБН В.2.6-31 : 2006.

Запитання та завдання для самоперевірки до розділу 4

1. Сформулюйте 1-й та 2-й закони термодинаміки.
2. Поясніть явище теплової рівноваги та наведіть його рівняння.
3. Охарактеризуйте способи передачі теплоти.
4. Сформулюйте основний закон теплопровідності та дайте його математичне вираження.
5. Від чого залежить коефіцієнт теплопровідності речовини у різних агрегатних станах?
6. Що таке конвекція? Від чого залежить інтенсивність конвективного теплообміну?
7. Поясніть процес теплообміну за зміни фазового стану речовини.
8. Як визначити величину теплового потоку випромінюванням між двома тілами?
9. Яким чином може бути досягнуто інтенсифікацію променевого теплообміну?
10. Що таке теплопередача?
11. Як визначається загальний опір теплопередачі плоского огородження?
12. Що таке теплостійкість огородження і яким чином її можна підвищити?
13. Якими є допустимі величини амплітуди температури внутрішньої поверхні огороджувальних конструкцій?

РОЗДІЛ 5
УМОВИ ТА ПАРАМЕТРИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ У БУДІВЛЯХ

5.1 Теплове середовище і умови комфортності для людини у приміщенні

У житлових приміщеннях, гуртожитках, громадських і промислових будівлях необхідно підтримувати необхідні для людей метеорологічні умови – певний мікроклімат.

У біофізичному і термодинамічному сенсі організм людини являє собою своєрідну саморегулювальну систему з внутрішнім джерелом теплоти, робота якої направлена на забезпечення балансу між кількістю теплоти, яка утворюється, та кількістю теплоти, яка передається у зовнішнє середовище. Якщо вироблення і втрати теплоти не збалансовані, то має місце або накопичення, або дефіцит теплоти, що призводить до перегрівання або переохолодження організму.

Система терморегуляції людини дає можливість у певних межах забезпечити баланс теплоти. Так, наприклад, при збільшенні втрат теплоти і відчутті холоду судини шкіри звужуються, що спричиняє зменшення тепловіддачі на 20...33 %. За умови подальшого охолодження виникає активність м'язів, людину проймає дрож, що супроводжується збільшенням творення теплоти у 4...5 разів.

За умови надлишку теплоти значну роль у терморегуляції починає відігравати збільшення секреції потових залоз і випаровування поту з поверхні тіла. Об'єм виділеного поту може становити до 1,7 л / год. При обмеженій можливості випаровування поту (наприклад, за високого вмісту водяної пари у повітрі, використання одежі із паронепроникних матеріалів тощо) відбувається прогресуюче накопичення теплоти в організмі. До матеріалів з високою паропроникністю відносяться бавовняні, льняні, віскозні і ацетатні волокна.

Можливості саморегуляції організму все-таки не безмежні. Тому важливу роль у забезпеченні нормального теплового стану людини відіграють параметри мікроклімату у приміщенні та одежа як тепловий бар'єр між організмом і зовнішнім середовищем. Утворення теплоти в організмі людини суттєво залежить від інтенсивності фізичної роботи. Але, як було показано вище, воно може збільшитись і у людини, яка знаходиться у стані спокою, наприклад, під впливом холоду.

У таблиці 5.1 надані величини, які характеризують надходження теплоти від дорослих чоловіків, що виконують в приміщенні роботу різної інтенсивності. Прийнято вважати, що жінки виділяють 85 %, а діти – 75 % від вказаної кількості теплоти.

Як видно із таблиці 5.1 перебування у аудиторії 100 чоловіків призводить до виділення теплоти у кількості близько 11,6 кВт · год. Це еквівалентно спалюванню близько 1,5 м^3 природного газу з ефективністю 80 % та теплотою згоряння 8500 ккал / м^3 (температура у приміщенні прийнята +20 ^{0}С).

Крім теплонадходжень має місце також вологовиділення від людей. Воно становить 30...100 г / год від однієї людини залежно від характеру фізичного навантаження. В умовах попереднього прикладу вологовиділення від людей в аудиторії буде становити близько 7... 8 кг за годину.

Таблиця 5.1

Надходження теплоти від дорослого чоловіка, Вт

Характер фізичного навантаження	Вид теплоти, яка надходить, Вт	Температура повітря у приміщенні, ^{0}C		
		10	20	35
Стан спокою	Явне тепло	140	87	12
	Тепло фазового переходу	23	29	81
	Повне тепло	163	116	93
Легка робота	Явне тепло	151	99	18
	Тепло фазового переходу	29	52	139
	Повне тепло	180	151	157
	Явне тепло	198	128	20
	Тепло фазового переходу	93	163	279
	Повне тепло	291	291	299

До параметрів мікроклімату, від яких залежить інтенсивність тепловіддачі людиною і відчуття комфорту, відносяться наступні параметри:

- температура внутрішнього повітря, $t_в$;
- усереднена температура внутрішніх поверхонь огороджень, t_R (радіаційна температура). Наявність такого обмеження пояснюється тим, що за наявності у приміщенні поверхонь з температурою, значно меншою за поверхню тіла людини, втрати теплоти випромінюванням можуть досягати значних величин і бути причиною місцевого або загального переохолодження людини. Це може мати місце при значній поверхні скління у приміщенні, холодних стінах і т. ін. У комфортних метеорологічних умовах втрати теплоти випромінюванням становлять 44...59 % від загальних тепловтрат людиною. За наявності у приміщенні значних поверхонь з низькою температурою частка втрат теплоти випромінюванням збільшується до 71 %. Запобігти такому явищу можна за рахунок використання одежі з високими відбивальними властивостями;
- рухомість повітря;
- відносна вологість повітря;
- розміри і розташування нагрітих і охолоджених поверхонь;
- повітрообмін – кількість відпрацьованого повітря, яке видаляється із приміщення і заміняється на свіже припливне повітря.

Комфортними вважаються такі значення показників мікроклімату, за яких зберігається теплова рівновага в організмі людини і відсутнє напруження у його системі терморегуляції.

Крім загального теплового балансу на теплове самовідчуття людини у значній мірі впливають умови, в яких знаходяться окремі частини тіла. Суттєво

впливають на відчуття комфортності теплові умови, у яких знаходяться голова і ноги людини. Голова найбільш чутливо реагує на радіаційний (променевий) перегрів, а для ніг важливими є температура і матеріал на поверхні підлоги, з якою вони безпосередньо контактують, а також наявність холодних протягів повздовж підлоги.

Температурну ситуацію в приміщеннях визначають двома умовами комфортності.

Перша умова комфортності визначає такі значення температур повітря і внутрішніх поверхонь огороджень, за яких людина, що знаходиться у центрі приміщення, не відчуває ні перегрівання ні переохолодження. У таблиці 5.2 наведені значення нормованих температур для житлових приміщень та учбових аудиторій ВНЗ.

Друга умова комфортності визначає допустимі температури на нагрітих і охолоджених поверхнях при розташуванні людини безпосередньо біля таких поверхонь. Наприклад, температура холодної підлоги взимку може бути нижчою за температуру повітря на 2...2,5 ^{0}С. Температура нагрітих поверхонь системи панельно-променевого опалення згідно нормативів регламентована у наступних межах: для підлоги – 26...31 ^{0}С, для стелі – 28...38 ^{0}С, для стін – 45...95 ^{0}С.

Таблиця 5.2

Нормовані параметри мікроклімату в житлових будинках згідно з вимогами ДБН В.2.2 -2005 «Житлові будинки»

Приміщення	Нормована температура внутрішнього повітря, ^{0}С	Вимоги до повітрообміну	
		Приплив	Витяжка
Загальна кімната, спальня	+20	однократний через вікна	-
Кухня	+18	-	Не менше 90 м^3 / год
Ванна	+25	-	25 м^3 / год
Вбиральня	+20	-	50 м^3 / год
Суміщений туалет	+25	-	50 м^3 / год

У навчальних аудиторіях температура внутрішнього повітря повинна становити близько 18 ^{0}С, а повітрообмін визначається із умови забезпечення видалення забрудненого повітря та подачі припливного свіжого повітря із розрахунку не менш як 20 м^3 / год на 1 людину. Норма відносної вологості повітря становить 40...60 %.

Нормованою є не лише температура повітря у приміщенні, а й температура внутрішніх поверхонь зовнішніх огороджень у приміщенні. Так, наприклад, температура на поверхні стіни не повинна бути меншою за температуру внутрішнього повітря у житлових будинках ніж на 4 ^{0}С; для перекриття горищного – на 3 ^{0}С; для перекриття над неопалювальним підвалом – на 2 ^{0}С.

Ще одне важливе питання для створення необхідних умов життєдіяльності у житлових будинках, гуртожитках, а також аудиторіях ВНЗ – це питання влаштування мінімально необхідної вентиляції приміщень, яка має забезпечити гранично допустимі безпечні концентрації забруднювальних речовин у приміщеннях.

На сьогодні вже існує окремий напрямок досліджень – екологія житлових приміщень, яка визначила, що сучасне житло чи кімната у гуртожитку є додатковим джерелом забруднення так званого «квартирного середовища», де людина проводить більшу частину свого життя. При цьому, на відміну від міської урбосистеми, яка має значні розміри у просторі, у невеликому об'ємі житлового приміщення на людину впливає одночасно цілий комплекс фізичних, хімічних, біологічних та психологічних факторів. Дослідження багатьох авторів показують, що у помешканнях існують додаткові джерела забруднення внутрішнього повітря.

Одним із основних джерел забруднення повітря в житлових будинках і гуртожитках є газові плити. Достатньо навести величину нормованої концентрації такої шкідливої речовини як оксид вуглецю CO в продуктах згоряння газових плит – згідно з вимогами ГОСТ 10798 «Плити газовые бытовые» вміст CO в продуктах згоряння нормується на рівні 625 мг / м^3, а концентрація токсичних оксидів азоту в продуктах згоряння згідно вимог вказаного ГОСТу може сягати величини до 200 мг / м^3. При цьому необхідно зазначити, що гранично допустима безпечна концентрація CO в атмосферному повітрі становить менше за 5 мг / м^3, а оксидів азоту (NO_2) – менше за 0,085 мг / м^3.

За вказаних у ГОСТ на виготовлення газових плит концентраціях забруднювальних речовин за умови неперервної роботи однієї газової плити протягом однієї години у режимі номінальної теплової потужності в атмосферу помешкання надійде до 7500 мг CO і до 2400 мг NO_2 (номінальні витрати природного газу однією плитою становлять близько 1,2 м^3 / год, а об'єм продуктів згоряння, який утворюється при згорянні такої кількості палива, становить близько 12 м^3 / год). Згідно з результатами хімічного аналізу повітря на кухні типової двокімнатної квартири, після однієї години роботи газової плити концентрація CO становила 14...15 мг / м^3 при відкритій кватирці та 30...31 мг / м^3 у разі закритої кватирки.

Іншим джерелом забруднення у квартирі є побутовий пил. Крім того, що він є алергеном, до його складу входять мікроспори, грибки та інші мікроорганізми. Норма вмісту мікробів у повітрі становить 2...3 тис./ м^3, однак насправді їх у житлових приміщеннях у декілька разів більше. За умов недостатньо ефективної вентиляції мікрокліматичні умови квартир сприяють розмноженню різноманітних грибків. На сьогодні відомо близько 350 видів грибків, які можуть призводити до виникнення алергічних реакцій у людини. З підвищенням вмісту вологи у помешканнях рівень грибкового забруднення значно (з 30 до 80 %) підвищується.

Постійними джерелами забруднення повітря мікробами є також кондиціонери. Саме кондиціонери і зволожувачі повітря часто є причиною розповсюдження легеневих захворювань, особливо в приміщеннях, які мають вікна з недостатньою повітропроникністю (склопакети з металопластиковими рамами).

Сучасні меблі виготовляють з деревинно-стружкових плит (ДСП) – пресованих зі стружки, скріпленої полімерними карбомідоформальдегідними смолами. З таких плит можуть виділятись фенол і формальдегід, що виявляється навіть за характерним запахом. Відомі випадки, коли у приміщеннях було виявлено вміст формальдегіду 0.5...2,8 мг / м^3 при нормі 0,1...0,12 мг / м^3. Формальдегіди також

можуть виділяти дерев'яні проклеєні балки, ковдри, текстильні вироби, теплоізоляційні матеріали, вироби із пластмас.

Предмети особистої гігієни, включаючи косметику, лаки, фарби для волосся тощо, містять широкий спектр летючих речовин. Деякі аерозолі містять закис азоту, хлорметил, хлорвініл, бутан, пропан. При постійному користуванні впливи цих сполук можуть проявляти свою негативну дію.

Серйозною проблемою є також тютюновий дим. В наші дні всім зрозуміло, що задимлене повітря шкодить не лише курцям, але і всім, хто знаходиться у приміщенні, а у разі непрацюючих систем вентиляції, токсичні інгредієнти тютюнового диму розповсюджуються по всьому будинку. Статистика свідчить, що маленькі діти, які проживають у квартирах, де члени сім'ї курять, значно частіше хворіють на респіраторні захворювання, ніж їх однолітки, які не контактують з курцями.

Значними забруднювачами атмосфери можуть стати і електронагрівачі (електрокалорифери) з відкритою спіраллю. На поверхні розжареної спіралі утворюються токсичні оксиди азоту, а крім того, внаслідок згоряння пилу на поверхні спіралі, має місце утворення продуктів згоряння, які залишаються у приміщенні. Електрокалорифери масляного типу з температурою поверхні, меншою за 100 ^{0}C, є екологічно значно безпечнішими.

Одним із способів створення і забезпечення встановлених нормативами параметрів повітряного середовища в помешканнях, гуртожитках, аудиторіях, будівлях і спорудах є вентиляція та кондиціювання повітря. Іншим методом поліпшення умов життєдіяльності людини є зменшення дії самих чинників забруднення повітря у помешканнях за рахунок переходу на екологічно чисті пристрої приготування їжі, нові технології і матеріали, які не спричиняють утворення забруднювальних речовин, відмова від шкідливих звичок і перехід на здоровий спосіб життя, покращення міського мікроклімату за рахунок озеленення території. За рахунок зелених насаджень можна не лише покращити екологічну ситуацію, але і скоротити витрати енергії для кондиціювання та обігрівання повітря в житлових і громадських будівлях. Так, згідно досліджень, наведених в «Journal of Forestry», зелені насадження безпосередньо біля будівель дають можливість скоротити в спекотні літні дні споживання енергії установками кондиціювання на 30...35 %.

В умовах загострення екологічної кризи і підвищення вартості не лише будівництва, а й утримання сучасного комфортного і екологічно чистого житла, розробка такої концепції формування життєвого середовища є надзвичайно актуальною.

Найбільша помилка, якої необхідно позбавитись при вирішенні проблеми економії енергоносіїв у житлових і громадських будівлях – це економія за рахунок погіршення умов життєдіяльності та недотримання нормованих параметрів мікроклімату. Такий сценарій подій є вірогідним, оскільки забезпечення необхідних умов життєдіяльності у помешканнях спричиняє значні витрати енергії.

Отже, однією із основних умов проведення енергетичного аудиту будівель та розроблення енергозберігаючих заходів є забезпечення нормованих параметрів мікроклімату у приміщеннях. Скорочення витрат енергії не повинно здійснюватись за рахунок погіршення умов перебування людей у приміщеннях.

Розглянемо це відносно забезпечення енергією систем опалення, вентиляції і гарячого водопостачання.

5.2 Енерговитратність систем забезпечення умов життєдіяльності у будівлях

Збільшення температури будь-якого тіла вимагає витрат енергії. Це пов'язано з тим, що у ході збільшення температури зростає енергія тіла, яке нагрівається, що неможливо без споживання зовнішньої енергії, яку людина отримує, як правило, з довкілля.

Один із основних законів природи – другий закон термодинаміки (постулат Клаузиса) – стверджує, що «самочинний перехід теплоти від тіла з меншою температурою до тіла з більшою температурою не можливий без компенсації». Усі процеси, що відбуваються самочинно і не вимагають витрат енергії у формі роботи або теплоти, проходять лише в одному напрямку – від більшого енергетичного потенціалу до меншого.

Крім того, необхідно пам'ятати про те, що теплота є одним із видів енергії, яка не міститься у речовині. Теплота може лише переходити в інший вид енергії – роботу, створюватись під час згорання палива, під час тертя, передаватись від одного тіла до іншого у разі наявності перепаду температур, проте *жодної тенденції до збереження теплоти не має*. Мало того, у реальних процесах передачі теплоти наявність будь-якої відмінної від нуля різниці температур $\Delta t = t_1 - t_2$ між двома тілами, які беруть участь у теплообміні (що гріє і що нагрівається), призводить до незворотних процесів – після передавання теплоти від більш нагрітого тіла з температурою t_1 до холодного з температурою t_2 у замкнутій ізольованій системі тіло не може повернутись в початковий стан з температурою t_1 без додаткових витрат енергії.

Кількість теплоти, яка необхідна для зміни температури одиниці маси чи об'єму речовини на 1 ^{0}C від t_1 до t_2, називають *питомою середньою теплоємністю* c, яку вимірюють в ккал / кг · град., кДж / кг · град. (масова), або ккал / м^3 · град., кДж / м^3 · град. (об'ємна). Усереднені значення теплоємностей для деяких робочих тіл, які використовуються в техніці, наведені у таблиці додатку Ж. Із таблиці видно, що одне із найбільших значень теплоємності характерне для води, що і визначає значну енергоємність процесів її нагрівання.

Так, наприклад, нормативні витрати гарячої води одним приладом в душовій гуртожитку становлять близько 8 кг за хвилину, або 0,14 кг гарячої води за секунду. Вода нагрівається від початкової температури $t_x = +10$ ^{0}C до нормованої температури $t_г = +55$ ^{0}C. Кількість теплоти, яка необхідна для безперервного забезпечення гарячої водою одного душа, визначається за залежністю (5.1):

$$Q = c \cdot M \cdot (t_г - t_x), \text{ ккал / год; кВт,} \qquad (5.1)$$

де c – теплоємність води, c = 1 ккал / кг · град. (4,2 кДж / кг · град.);
M – масові секундні витрати води, M = 0,14 кг / с (504 кг / год).

Після підстановки в (5.1) вихідних даних отримуємо, що кількість теплоти, яка буде витраченою у разі безперервної роботи душа протягом години, становить близько 26 кВт · год або 22400 ккал за годину роботи душа.

Для усвідомлення первинних енерговитрат у вигляді палива переведемо одержану величину у кількість палива, яку необхідно витратити для нагрівання води. Розрахунки виконаємо для природного газу з теплотою згоряння $Q_{зг.}$ = 8500 ккал / м^3, дров з теплотою згоряння 2400 ккал / кг, мазуту з теплотою згоряння 9420 ккал / кг, вугілля з теплотою згоряння 4900 ккал / кг.

Годинні витрати палива, які необхідні для отримання тієї чи іншої годинної кількості теплоти визначаються за залежністю (5.2):

$$B = Q_к / Q_н^р \cdot \eta_к \text{, кг / год, м}^3 \text{ / год;} \quad (5.2)$$

де

B – витрати палива, кг;

$Q_к$ – кількість теплоти, яку необхідно отримати у теплогенерувальному паливовикористовувальному обладнанні за одиницю часу (теплопродуктивність обладнання) в ккал / год; кВт;

$\eta_к$ – коефіцієнт корисної дії агрегату для отримання теплоти. Зазначена величина залежить від ефективності теплогенерувального пристрою і виду палива. Так, наприклад, при спалюванні природного газу в не конденсаційних котлах середньорічний ККД може бути досягнутим на рівні 0,85...0,90 (85...90 %), при використанні електричних котлів ККД самого пристрою для нагрівання води значно більший – до 0.99 (99 %), але загальноенергетичний ККД отримання електричної енергії не перевищує 25...30 %. При спалюванні твердого палива підвищити ККД до величин, більших за 0,78...0,83, технічно важко, оскільки зростають втрати теплоти у процесі згоряння такого палива. При спалюванні мазуту ефективність перетворення енергії первинного палива в теплову енергію теплоносія також дещо менша, порівняно з природним газом і становить 0,83...0,88;

$Q_н^р$ – теплота згоряння палива, ккал / м^3; ккал / кг. Одиницею вимірювання теплоти згоряння в міжнародній системі одиниць SI є Дж / м^3 (кг) або частіше кДж / м^3 (кг). Також використовують для виміру теплоти згоряння таку одиницю як кВт · год / м^3 (кг).

У ході виконання розрахунків важливо дотримуватись однієї системи одиниць. Якщо розрахунки виконуються в SI, то теплота $Q_к$ має вимірюватись в кДж, енергія (у тому числі, теплота) – в кВт · год; кількість теплоти за одиницю часу (потужність або теплопродуктивність) – у кВт = кДж / с; масові витрати в кг / с; час – у секундах (с). Якщо розрахунки виконуються в інших системах одиниць вимірювання, наприклад МКСГ, то теплота $Q_к$ вимірюється в ккал; теплота за одиницю часу (потужність або теплопродуктивність) – в ккал / год, масові витрати – в кг / год.

Залежності 5.1 і 5.2 можна використовувати не лише при визначенні витрат за одиницю часу, але й у ході виконання розрахунків за будь-який проміжок часу. У такому разі у вищенаведені формули підставляють характеристики, які отримані за певний час, наприклад, витрати гарячої води M за місяць або рік. Відповідно,

кількість теплоти буде отримана у ккал або кДж, а витрати палива у кг або м^3 (для газоподібних палив).

Вказані вище величини ефективності роботи паливовикористовувального обладнання показують, що певний потенціал енергозбереження на етапі вироблення теплоти, на який можна впливати ресурсозберігальними заходами, існує. Крім того, необхідно пам'ятати, що внаслідок недбалої експлуатації паливовикористовувального обладнання, відсутності ремонтно-профілактичних робіт, його морального та фізичного зносу тощо дійсна ефективність роботи може бути значно меншою і досягати значень 0.65...0,70 (65...70 %). Визначення дійсної величини ККД відбувається під час теплових випробувань обладнання.

Аналіз виразу (5.2) показує, що витрати палива для отримання теплоти залежать від самої кількості теплоти $Q_к$, виду палива та його спроможності виділяти теплоту під час згоряння $Q_н^р$ (теплоти згоряння палива та ефективності роботи паливоспалювального обладнання $\eta_к$ – ККД генератора теплоти).

Отже, ми визначили основні чинники, які впливають на витрати палива для потреб забезпечення життєдіяльності людини та енерговитратних виробничих процесів. Після підстановки в залежність (5.2) вихідних даних отримаємо годинні витрати палива під час приготування гарячої води для прийняття душа. Вони будуть такими:

- витрати природного газу – 3,1 м^3 / год;
- витрати мазуту – 2,8 кг / год;
- витрати дров – 11,2 кг / год;
- витрати вугілля – 5,8 кг / год.

Отримані цифри підтверджують значну енерговитратність процесів нагрівання води та складність проблеми скорочення витрат палива для забезпечення умов життєдіяльності людини. При цьому не слід забувати, що спалювання палива супроводжується викидом у атмосферу значної кількості забруднювальних речовин, що має суттєвий негативний вплив на довкілля.

5.3 Інфільтрація зовнішнього повітря до приміщень будівель. Визначення втрат теплоти з інфільтрацією

Досягнення необхідних нормованих параметрів повітряного середовища у житлових будинках, гуртожитках та навчальних закладах здійснюється за рахунок вентиляції. Розрізняють природну вентиляцію, змішану (природну і механічну) та механічну. В житлових будинках і гуртожитках, як правило, влаштовують природну вентиляцію: організовану витяжку із кухонь, ванних кімнат і санвузлів та неорганізований приплив свіжого повітря через вікна, кватирки, балконні двері, нещільності у віконних рамах. При цьому холодне повітря, яке надходить через такі нещільності, нагрівається за рахунок теплоти, яка подається в систему опалення. Таким чином, фільтрація холодного повітря через нещільності призводить до збільшення втрат теплоти будівлею. Кількість видаляємого із приміщення повітря наведена у таблиці 5.3. Видалення повітря здійснюється за рахунок гравітаційного тиску.

Таблиця 5.3

Нормативні значення повітропроникності огороджувальних конструкцій будівлі (вимоги ДБН В.2.6-31:2006)

Тип огороджувальних конструкцій	Повітропроникність кг / м^2 · год
1. Зовнішні стіни, перекриття і покриття: А) житлових, громадських, адміністративних і побутових будівель і приміщень; Б) виробничих будівель і приміщень	 0.5 1,0
2. Стики між панелями зовнішніх стін: А) житлових будинків; Б) виробничих будівель	 0,5 1,0
3. Вхідні двері до квартир	1,5
4. Вікна та балконні двері житлових, громадських і побутових будівель, вікна виробничих будівель з кондиціюванням повітря	6,0

У приміщеннях навчальних закладів влаштовується, як правило, механічне видалення повітря за допомогою витяжних вентиляторів – це пояснюється значними об'ємами видаляємого повітря. Подача свіжого повітря також здійснюється організовано, за допомогою механічних припливних систем вентиляції. Такі системи включають в себе вузли очищення припливного повітря, його нагрівання в спеціальних пристроях–калориферах, які обігріваються гарячою водою, водяною парою, або електроенергією з наступною подачею повітря у приміщення за допомогою вентиляторів.

Отже, при використанні механічних систем вентиляції також мають місце додаткові витрати теплоти на нагрівання припливного повітря з тією лише різницею, що нагрівання припливного повітря здійснюється в окремому вузлі теплової камери і спеціальному пристрої, який називається калорифером. Такі витрати теплоти відносять до витрат на потреби вентиляції.

Для житлових приміщень і гуртожитків мінімальна величина інфільтрації повинна бути рівною величині нормованої кількості припливного свіжого повітря. Кількість припливного повітря в житлових і громадських будівлях лише з витяжною вентиляцією (без компенсації підігрітим припливним повітрям) може бути прийнятою також за величиною витрат видаляємого витяжного повітря.

З огляду на дані таблиці 5.3, для квартири об'ємом 200 м^3 з однократним повітрообміном кількість свіжого холодного зовнішнього повітря, яке повинно надійти за годину у приміщення через нещільності, має становити не менше 200 м^3 / год.

Визначимо кількість теплоти, яку необхідно витратити на нагрівання такого повітря. Вказана кількість теплоти повинна бути віднесеною до втрат теплоти разом з втратами через огороджувальні конструкції.

Скористаємось для таких розрахунків залежністю (5.1). Масові годинні витрати повітря М визначимо за відомою величиною об'ємних витрат і густиною повітря $\rho_п$ = 1,29 кг / м^3.

$$M = V \cdot \rho_п = 200 \cdot 1{,}29 = 258 \text{ кг / год.}$$

У якості початкової температури повітря приймаємо нормоване значення температури зовнішнього повітря найбільш холодної п'ятиденки (наприклад, для Полтави $t_x = -23\ ^0C$). Кінцева температура повітря приймається рівною нормованій температурі внутрішнього повітря $t_г = +20\ ^0C$. Масова теплоємність повітря $C_{пов.}$ за довідниковими даними становить 0,24 ккал / кг · град. Витрати теплоти на нагрівання інфільтраційного повітря становитимуть:

$$Q = 0{,}24 \cdot 258 \cdot (20 + 23) = 2662 \text{ ккал / год.}$$

Втрати ж теплоти через огороджувальні конструкції такого приміщення у складі будівлі забудови до 1993 р. (трансмісійні втрати теплоти) становитимуть близько 3000 ккал / год. Загальні втрати теплоти приміщенням сягатимуть 2662 + 3000 = 5662 ккал / год. Таким чином, втрати теплоти з інфільтрацією можуть становити до 40... 50 % від загальних втрат теплоти приміщенням.

Але у разі забезпечення вентилювання приміщення за рахунок інфільтрації, зменшувати величину втрат теплоти шляхом скорочення інфільтрації зовнішнього повітря неприпустимо, оскільки це призведе до погіршення умов життєдіяльності людей і збільшення концентрацій шкідливих газів і вологи у приміщеннях. Таке зменшення фільтрації повітря через нещільності у вікнах матиме місце, наприклад, у разі заміни існуючих вікон у дерев'яних рамах на склопакети у металопластикових рамах. Вікна у будівлі мають найбільшу повітропроникність.

Приміщення у будівлях не мають бути повністю герметичними. Огородження повинні бути в міру повітропроникними і мати сорбувальні властивості. Навіть за умови заміни дерев'яних рам на склопластикові, необхідно забезпечувати умови для подачі свіжого припливного повітря до приміщень (влаштування припливних решіток для свіжого повітря за нагрівальними приладами, провітрювачів із природним або примусовим рухом повітря, влаштування кватирок, або мікро провітрювання у вікнах).

Інша річ, коли через нещільності в наявних зношених вікнах надходить надлишкова кількість зовнішнього повітря, у якому немає необхідності. Це супроводжується значними перевитратами теплоти. Кількість зовнішнього повітря, яке надходить в приміщення внаслідок інфільтрації, залежить від конструктивно-планувального рішення будівлі, напряму і швидкості вітру, температури повітря, герметичності конструкцій.

Загальний процес обміну повітрям між приміщеннями і зовнішнім повітрям, який відбувається під дією природних сил і штучних чинників руху повітря, називають повітряним режимом будівлі. Вирішення задачі забезпечення такого повітрообміну здійснюється при проектуванні будівель. У табл. 5.3 наведені нормативні значення повітропроникності сучасних огороджувальних конструкцій.

Для визначення усереднених втрат теплоти через вікна в наявних дерев'яних рамах з подвійними розділеними притулами з термічним опором R = 0,42 м^2 · град. / Вт були виконані розрахунки питомої кількості повітря, що фільтрується, і

теплового потоку, який необхідний для нагрівання такого повітря. Розрахунки виконані для вікон з периметром притулу 3...4 м на 1 м^2 вікна та ширині нещільностей в 0,001 м (1 мм). Розрахунки виконані для будівлі висотою 15 м і швидкості вітру 1...5 м / с. Різниця тисків повітря на зовнішній і внутрішній поверхнях огородження, яка спричиняє інфільтрацію і визначає величину масової повітропроникності огороджувальних конструкцій змінювалась від 11,7...25,7 Па (на першому поверсі) до 3,8...8,1 Па (на 4-ому поверсі) залежно від швидкості вітру, температури внутрішнього і зовнішнього повітря, висоти поверху. Для приміщень гуртожитків ВНЗ і для навчальних корпусів у разі відсутності організованої вентиляції розрахункова різниця тиску визначається величиною гравітаційно-вітрового тиску.

Дані таблиці можна використовувати у ході усереднених розрахунків енергозберігальних заходів із заміни вікон, або виконанні робіт з їх ущільнення. Результати розрахунків занесені до таблиці 5.4.

Таблиця 5.4

Характеристики вікон у дерев'яних рамах з подвійними розділеними притулами

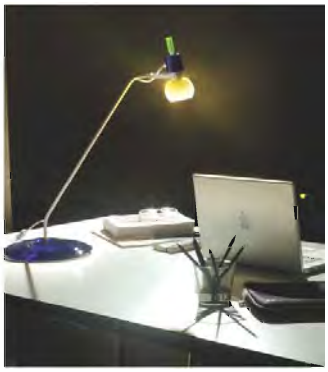
Температура зовнішнього повітря, ^{0}C		t_x = -2 ^{0}C	t_x = -10 ^{0}C	t_x = -23 ^{0}C
Питомі трансмісійні втрати теплоти через вікно, Вт / м^2		48	67	98
Середня кількість повітря, що фільтрується (віднесена до 1 м^2 вікна) у кг / м^2 · год	Вікна без ущільнення	20,1	24,1	29,6
	Ущільнення однорядне напівшерстяним шнуром	8,8	10,8	13,5
	Ущільнення однорядне з пористої резини	6,5	8,0	10,2
Тепловий потік, який необхідний на нагрівання повітря (віднесений до 1 м^2 вікна) / (% від суми тепловтрат та кількості теплоти на нагрівання повітря)	Вікна без ущільнення	112/(70)	189/(73,8)	339/(77,6)
	Ущільнення однорядне напівшерстяним шнуром	49/(50,5)	84/(55,6)	155/(61,3)
	Ущільнення однорядне з пористої резини	36/(43)	63/(48,5)	117/(54,4)

Як видно з даних таблиці 5.4, ущільнення вікон дає суттєвий ефект зменшення втрат теплоти з інфільтрацією.

5.4 Система освітлення будівлі. Умови комфортного освітлення у приміщенні

Комфорт у приміщенні, швидкість, легкість і безпека, за якими ми орієнтуємося, переміщаємося у просторі, виконуємо ту або іншу роботу багато в чому залежать від якості освітлення.

Світло – фундаментальна категорія людського буття. Невипадково біблійна історія створення світу починається зі створення світла. Поняття світла, з одного боку, носить глибоко символічний характер, з іншого, – природне та штучне світло



є феноменами фізичного світу і підкоряються строгій логіці фізичних та хімічних законів.

Щоб усунути будь-які об'єктивні перешкоди під час виконання певного зорового завдання (будь-то робота на комп'ютері, переписування з дошки формул, сприйняття творів живопису в музеї тощо) і зробити умови бачення комфортними, без напруги і стомлення очей, необхідно забезпечити додержання науково обґрунтованих світлотехнічних норм.

Освітлення у приміщеннях характеризується кількісними та якісними показниками.

До основних кількісних показників належать: світловий потік, сила світла, яскравість та освітленість.

Світловий потік Ф — це фізична величина, яка чисельно дорівнює кількості оцінюваної за зоровим відчуттям світлової енергії W, що падає на поверхню за одиницю часу t:

$$Ф = W / t.$$

Світловий потік створюється джерелом світла. Одиницею світлового потоку є люмен (лм) — світловий потік від еталонного точкового джерела силою світла в одну канделу (міжнародну свічку), розташованого у вершині тілесного кута в 1 стерадіан. Якщо світловий потік від зоряного неба, який падає на сітківку ока,— близько 0,000000001 лм, то світловий потік від полуденного сонця — 8 лм. Саме тому ми не можемо дивитися на яскраве сонце неозброєним оком.

Сила світла I — це фізична величина, що визначається відношенням світлового потоку Ф до тілесного кута ω, в межах якого світловий потік рівномірно розподіляється:

$$I = Ф / \omega.$$

За одиницю сили світла прийнята кандела (кд) — сила світла точкового джерела, що випромінює світловий потік в 1 лм, який рівномірно розподіляється всередині тілесного кута в 1 стерадіан.

Яскравість B — визначається як відношення сили світла I, що випромінюється елементом поверхні в даному напрямку, до площі S цього елементу поверхні:

$$B = I / S \cdot \cos \alpha,$$

де α — кут між нормаллю до елемента поверхні S і напрямком, для якого визначається яскравість.

Одиницею яскравості є кд / м^2 або ніт (нт). 1 нт — яскравість плоскої поверхні, яка випромінює в перпендикулярному напрямі з кожного квадратного метра світло силою в 1 канделу.

Освітленість E — фізична величина, яка чисельно дорівнює світловому потоку Ф, що падає на одиницю освітленої поверхні S:

$$E = Ф / S.$$

За одиницю освітленості прийнято люкс (лк) — рівень освітленості поверхні площею 1 м^2, на яку падає рівномірно розподіляючись світловий потік в 1 люмен. Освітленість поверхні (поблизу землі) сонячним промінням є такою: опівдні (на середніх широтах) — 100 000 лк; на відкритому місці в похмурий день — 1000 лк; у світлій кімнаті (поблизу вікна) — 100 лк. Освітленість на вулиці при штучному освітленні — до 4 лк; від повного місяця — 0,2 лк; від зоряного неба в безмісячну ніч — 0,0003 лк.

До якісних показників освітлення відносять такі:

Характеристика фону. Розрізняють темний фон ($\rho<0,2$), середній (0,2...0,4) та світлий фон ($\rho>0,4$).

Контраст K між об'єктом і фоном — характеризує відношення яскравості даного об'єкта і фону:

$$K = (B_o - B_ф) / B_ф.$$

Контраст вважається великим, якщо $k>0,5$, середнім — $k=0,2...0,5$ та малим, якщо $k<0,2$.

Видимість (v) — характеризує здатність ока сприймати об'єкт. Залежить від освітленості, розміру об'єкта, його яскравості і контрасту. Вона виражає відношення контрасту дійсного до контрасту граничного:

$$v = K / K_{гр.},$$

де $K_{гр.}$ — граничний контраст, тобто найменший контраст, що розрізняється оком за даних умов.

Існують ще такі показники як:

- показник засліпленості (характеризує досконалість освітлювальної установки або системи);
- коефіцієнт пульсації освітленості (застосовується для характеристики люмінесцентних ламп);
- показник дискомфорту (оцінює дискомфорт блиску віддзеркалюваних поверхонь).

Природне освітлення – освітлення приміщень світлом неба (прямим або відбитим), яке проходить крізь світлові прорізи в зовнішніх огороджувальних конструкціях.

Рівень природного освітлення залежить від географічної широти, пори року і доби, орієнтації світлоносійної стіни, наявності затемнення протилежними будинками або деревами, погодних умов, забруднення атмосферного повітря та деяких інших чинників.

Орієнтація світлоносійної стіни будинку повинна забезпечувати достатню освітленість приміщень сонячним промінням і одночасно виключати можливість надмірного перегрівання їх у спекотний період року. Так, у помірному кліматі кращою орієнтацією вікон у житлових кімнатах є південно-східна або південна.

Важливе значення має також і величина вікон. Чим більші вони за розміром, тим більше світла проникає у приміщення. Верхній край вікна слід розташовувати ближче до стелі, це сприяє глибшому проникненню світла у приміщення. Освітлення залежить від величини простінків між вікнами, кількості віконних прорізів і характеру переплетень на них. Ширина простінків не повинна перевищувати 1,5 ширини віконних прорізів.

Освітлення залежить також від глибини приміщення (відстань від стіни до протилежної стіни), що не повинна перевищувати більш як у 2 рази відстані від верхнього краю вікна до підлоги, тобто повинна бути не більше за 6,5 м.

На рівень освітлення впливає й чистота віконного скла. Так, брудні, запилені шибки поглинають більш як 50 % світла. Поверхня віконного скла має бути рівною, оскільки шорстке скло, як і брудне, затримує проміння. Залежно від кольору і щільності штори на вікнах можуть поглинати до 40 % і більше світла.

Освітленість приміщень залежить від кольору стін, стелі і меблів. Темні кольори більше поглинають проміння і тим самим знижують ступінь освітленості. Стеля має бути білою, стіни — світлими.

Оцінка природного освітлення. Найпоширенішими способами оцінки природного освітлення є світлотехнічний і геометричний. До першого належить визначення коефіцієнта природної освітленості (КПО), до другого — визначення світлового коефіцієнта, кута падіння світлових променів, кута отвору.

КПО — відношення природної освітленості, яка створюється в деякій точці заданої площини всередині приміщення світлом неба (безпосереднім або після відбивання), до одночасного значення зовнішньої горизонтальної освітленості, яка створюється світлом повністю відкритого небосхилу; виражається у відсотках:

$$КПО = E_п / E_о \cdot 100\%,$$

де

$E_п$ — освітленість точки, що знаходиться усередині приміщення на відстані 1 м від стіни, протилежній вікну;

$E_о$ — освітленість точки, що розташована зовні приміщення, за умови її освітленості розсіяним світлом усього небосхилу.

Величина КПО виражається у відсотках і нормується залежно від призначення приміщення і характеру роботи, що здійснюється у ньому. Для житлових приміщень КПО повинен бути не менш як 0,5 %.

Вимоги до освітлення приміщень житлових, громадських і адміністративно-побутових споруд (КПО, нормована освітленість, циліндрична освітленість, показники дискомфорту і коефіцієнт пульсації освітленості) приймають відповідно до ДБН В.2.5-28-2006 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і

штучне освітлення». Нормовані показники для основних приміщень громадських, житлових і допоміжних споруд наведені в додатку К (табл. 5.5).

Світловий коефіцієнт — це відношення заскленої поверхні вікон до площі підлоги у приміщенні. Він виражається дробом. Чисельник є величиною заскленої поверхні вікон, знаменник — величиною площі підлоги. Чисельник приймають за одиницю, а у знаменнику у такому разі ставлять число, що показує, яку частину площі підлоги займає засклена поверхня вікон. Норма світлового коефіцієнта залежить від характеру освітлення. Для житлових приміщень він повинен становити не менш як 1: 8...1:10.

Усі вищеназвані показники природного освітлення пов'язані з інсоляцією приміщень. Інсоляція - це опромінення поверхні прямим сонячним світлом.

Згідно із санітарними нормами і правилами забезпечення інсоляції житлових приміщень і громадських будівель на територіях і у приміщеннях повинно бути забезпечене безперервне пряме опромінення сонцем не менше 3 год на день на період від 22 березня до 22 вересня, починаючи з 60 0 пів. широти, і з 22 квітня до 22 серпня — для районів, що розташовані північніше 60 0 пів. широти.

Умови інсоляції території і приміщень ураховують під час вибору типів будинків та їх орієнтації, під час визначення взаємного розміщення будівель тощо.

Штучне освітлення.

Штучне освітлення також повинно задовольняти гігієнічні вимоги. Насамперед воно повинно бути достатнім для поверхні, яку освітлює. Ця вимога залежить від кількості і потужності світильників. Інша вимога — рівномірне розподілення світла по всій площі приміщення. Для виконання її треба правильно розмістити світильники — приблизно на однаковій відстані один від одного. Джерела штучного освітлення не повинні засліплювати. Для цього застосовують відповідну арматуру і додержують регламентованої висоти підвісу світильників. Освітлювальна арматура запобігає створенню різких тіней і блиску на освітлювальній поверхні.

Джерела світла поділяють на три основні групи: світильники прямого світла, розсіяного світла і відображеного світла.

Світильники прямого світла близько 90 % його спрямовують на освітлювану поверхню, забезпечуючи тим самим значну її освітленість. Але у такому разі можуть створюватися різкі тіні і блиск, можлива також сліпуча дія джерел світла. Такі світильники застосовуються для освітлення допоміжних приміщень, санвузлів.

Світильники розсіяного світла рівномірно розсіюють світловий потік (молочні кулі). Їх сліпучий вплив дуже незначний, на освітлювальній поверхні не утворюються тіні, що дозволяє створити цілком задовільні умови освітлення. У зв'язку з цим розсіяне світло застосовується для освітлення житлових і громадських будівель.

Світильники відображеного світла спрямовують світловий потік вгору, який відбивається від стелі під різними кутами і розсіюється. У такому разі тіні майже не буває. Але такі світильники мають суттєвий недолік: щоб забезпечити з їх допомогою належну освітленість, необхідно збільшити потужність джерел світла. КПД світильників відображеного світла 50 %.

Найбільш важливими і поширеними джерелами штучного освітлення є такі, що засновані на перетворенні електричної енергії. До них відносяться лампи

розжарювання і люмінесцентні лампи. За вимогами ДБН В.2.5-28-2006 для загального штучного освітлення приміщень слід використовувати розрядні джерела світла, віддаючи перевагу за однакової потужності джерелам світла з найбільшою світловою віддачею і строком служби.

Численними дослідженнями в різних країнах переконливо доведений позитивний вплив поліпшення умов освітлення на психофізіологічний стан людей. Професійна модернізація «поганого» освітлення (підвищення рівнів освітленості, обмеження сліпучої дії), як правило, призводить:

- до підвищення мотивації і продуктивності праці та навчання;
- меншому стомленню під час праці та навчання;
- зниженню дефектів у роботі та помилок під час навчання тощо.

Якісне освітлення визначає комфортні умови життєдіяльності людини, а без штучного електричного освітлення забезпечити такий комфорт неможливо. Більш за все електроенергія витрачається у громадських, адміністративних будівлях та навчальних закладах (за дослідженнями – до 60 % загального обсягу електроспоживання).

Відповідно, впровадження енергоефективних систем освітлення будівель та забезпечення раціонального їх використання є одним з визначальних напрямів енергозбереження у ВНЗ.

Запитання та завдання для самоперевірки до розділу 5

1. Яким чином система терморегуляції людини може забезпечити баланс теплоти в організмі?
2. Охарактеризуйте параметри мікроклімату у приміщенні, від яких залежить інтенсивність тепловіддачі людиною та відчуття комфорту.
3. За яких умов температурний режим у приміщенні є комфортним для людини?
4. Які основні джерела забруднення повітря можуть бути у приміщеннях?
5. Що таке повітряний режим будівлі?
6. Охарактеризуйте кількісні та якісні показники освітлення.
7. Що таке природне освітлення і як відбувається його оцінка?
8. Які гігієнічні вимоги висуваються до штучного освітлення?

Таблиця 5.5

Нормовані показники освітлення основних приміщень

Приміщення	Площина (Г – гориз., В – вертик.), норм. освітлен. і КПО, висота площ. над підлогою, м	Розряд і підрозряд зорової роботи	Штучне освітлення					Природне освітлення		Сумісне освітлення	
			Освітленість робочих поверхонь, лк		циліндрична освітленість, лк	показник дискомфорту, не більше	коефіцієнт пульсації, %, не більше	КПО $e_н$, %		КПО $e_н$, %	
			при комбінованому освітленні	при загальному освітленні				при верхньому або комбінованому освітленні	при боковому освітленні	при верхньому або комбінованому освітленні	при боковому освітленні
Установи загальної освіти, початкової, середньої та вищої спеціальної освіти											
13. Аудиторії навчальні кабінети, лабораторії у технікумах та ВНЗ	Г – 0,8 на робочих столах і партах	А-2	—	400	—	40	10	3,5	1,2	2,1	0,7
14. Кабінети інформатики і обчислювальної техніки	В – 1,0 на екрані дисплея	Б-2	—	200	—	—	—	—	—	—	—
	Г-0,8 на робочих столах і партах	Б-2	500/300	400	—	15	10	3,5	1,2	2,1	0,7
15. Кабінети технічного креслення та малювання	В – на дошці	А-1	—	500	—	40	10	—	—	—	—
	Г-0,8 на робочих столах і партах	А-1	—	500	—	40	10	4,0	1,5	2,1	0,7
16. Майстерні з обробки металів та деревини	Г-0,8 на верстаках і робочих столах	III б	1000/200	300	—	40	15	—	—	3,0	1,2
22. Кабінети й кімнати викладачів	Г-0,8	Б-1	—	300	—	40	15	3,0	1,0	1,8	0,6

Додаток К

РОЗДІЛ 6
ЖИТЛОВИЙ БУДИНОК (ГУРТОЖИТОК) ЯК ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ ПОДАЧІ ТА СПОЖИВАННЯ ЕНЕРГІЇ

В Україні існує значний потенціал для зменшення використання паливно-енергетичних ресурсів – це оптимізація споживання теплової енергії у житлових будинках і гуртожитках. Досвід країн – членів ЄС довів, що найбільші втрати теплової енергії припадають на кінцеве споживання у житловому секторі, що надає високої актуальності розв'язанню завдання підвищення енергоефективності будівель.

Житловий фонд України станом на початок 2010 р. становить 10,2 млн будинків із загальною площею житлових приміщень 1066,6 млн м^2, у тому числі житловий фонд комунальної власності – 238,2 тис. будинків (2,3 %) із загальною площею 67,5 млн м^2 (6,3 % загальної площі).

За даними Міністерства з питань житлово-комунального господарства, станом на початок 2010 р. кількість багатоквартирних житлових будинків в Україні становить 229,4 тис. Загальний фонд житлових будинків квартирного типу – близько 500 млн кв. м. Основна частина житлових будинків і гуртожитків побудовано до 2000 р., у період дії будівельних нормативів, які не враховували чинник суттєвого збільшення вартості паливно-енергетичних ресурсів і води.

За даними Галузевої програми енергоефективності та енергозбереження, у житлово-комунальному господарстві на 2010-2014 рр. у житловому фонді споживається до 70 % теплової енергії.

Так, у 2008 р. загальний обсяг виробленої теплової енергії на потреби опалення і гарячого водопостачання становив 104,7 млн Гкал. За залежністю (5.2) легко визначити, що за умови використання лише природного газу як палива для отримання такої кількості теплоти необхідно було витратити не менш як 12,31 млрд м^3 газу за рік.

6.1 Загальні будівельні вимоги. Види енергетичних ресурсів, які споживаються у житлових будинках і гуртожитках. Споживання холодної і гарячої води

Характеристики будівель та житлових приміщень мають відповідати загальним будівельним вимогам, які регламентовані у державних та галузевих будівельних нормах та правилах.

У 1993 р. було введено в дію нові, поліпшені нормативи опору теплопередачі огороджувальних конструкцій будинків нового будівництва, але, за даними Міністерства регіонального розвитку та будівництва України, ще у 2001 році частка будинків, які будували за новими нормативами, становила не більш як 60 %. І лише нові будівельні норми України ДБН В.2.6-31:2006 «Теплова ізоляція

будівель» остаточно встановили мінімально допустимі значення опору теплопередачі огороджувальних конструкцій житлових і громадських будинків.

У таблиці 4.2 розділу 4 наведено порівняльні характеристики величин опору і коефіцієнту теплопередачі для дійсного усередненого стану будівельних конструкцій і чинних нормативів ДБН В.2.6-31. Порівняння даних таблиці свідчить, що за сучасними нормативами теплотехнічні характеристики огороджень забезпечують значно менші втрати теплоти у довкілля і, відповідно, менші витрати енергії на забезпечення необхідних умов життєдіяльності у будівлях.

Отже, можна констатувати, що більша частина житлових будинків і гуртожитків мають теплозахисні характеристики, які не задовольняють вимогам чинної нормативної документації і спричиняють значні, з огляду на вимоги сьогодення, втрати теплоти у довкілля.

Результати розрахунків, виконаних для п'ятиповерхового 80-квартирного житлового будинку у Луганській області, показують, що внаслідок збільшення термічного опору огороджень за рахунок використання теплоізоляційних матеріалів і заміни заповнення світлопрозорих прорізів витрати теплоти на опалення будинку скорочуються у 2 рази.

Обстежуючи будівлі, розрахунки ефективності заходів з підвищення термічного опору необхідно здійснювати з урахуванням дійсних теплозахисних характеристик огороджувальних конструкцій будівель, які визначаються у ході енергетичного аудиту.

Згідно до вимог ДБН В.2.2-15-2005 «Житлові будинки. Основні положення», місткість одного гуртожитку не повинна перевищувати 500 людей (за винятком гуртожитків у студентських містечках при великих навчальних закладах). Житлові кімнати гуртожитків проектують з розрахунку заселення не більш як трьох осіб при площі не менш як 8 м^2 на кожного мешканця. Обладнання санвузлів у гуртожитках для одинаків проектують із розрахунку один душ, один умивальник і один унітаз не більш ніж на 4....6 осіб.

Приміщення, що мають природне освітлення, повинні бути забезпечені провітрюванням через стулки вікон, кватирки або інші пристрої. Припливне повітря в об'ємі однократного повітрообміну має подаватись через вікна.

При встановленні вікон без кватирок з герметичним притулом слід застосовувати вікна з вбудованими провітрювачами. З кожної кухні, санітарного вузла повинні йти індивідуальні вертикальні витяжні канали. Витяжну вентиляцію проектують з природним спонуканням.

Розміщення газових приладів у гуртожитках не допускається.

Гуртожитки повинні обладнуватись водопроводом холодної і гарячої води, побутовою каналізацією. Тиск води у водорозбірній арматурі, розташованій на нижньому поверсі, не має перевищувати 0,45 МПа. На циркуляційних стояках системи гарячого водопостачання встановлюють балансувальні крани. Магістральні трубопроводи і стояки системи водопостачання прокладають у тепловій ізоляції.

Тепловий пункт будівлі обладнують приладами обліку теплоспоживання та автоматичними вузлами приготування теплоносіїв систем опалення та гарячого водопостачання. Максимально можлива температура теплоносія у системі

опалення не перевищує 95 ^{0}С, теплоносієм має бути гаряча вода. Опалення електроенергією з безпосередньою її трансформацією в теплоту не дозволяється.

Показник максимальних тепловитрат багатоповерхових будівель від чотирьох до дев'яти поверхів не повинен перевищувати величину 79....89 кВт · год/ м^2 (29....32 кВт · год / м^3) для першої температурної зони і 69....77 кВт · год/ м^2 (25....28 кВт · год / м^3) згідно з вимогами ДБН В.2.6-31:2006 «Теплова ізоляція будівель».

Контрольні показники питомої теплової потужності опалювальних систем житлових будівель і гуртожитків не перевищують 51...61 Вт / м^2 для 1-ї температурної зони і 50...58 Вт / м^2 для 2-ї температурної зони (для рядових і кутових секцій будівель).

Отже, основними видами ресурсів, які споживаються у житлових будинках і гуртожитках, є такі:

- теплота на потреби опалення;
- теплота на приготування гарячої води (у разі облаштування індивідуального теплового пункту з теплообмінником системи гарячого водопостачання);
- холодна вода;
- гаряча вода в разі приєднання системи гарячого водопостачання до зовнішніх теплових мереж;
- електрична енергія.

6.2 Тепловий баланс будівлі. Рівняння теплового балансу як джерело визначення величини потреби теплоти на опалення. Складові теплового балансу.

В усталеному режимі будівлі втрати дорівнюють надходженням теплоти. В холодний період року приміщення житлових будинків втрачають теплоту через зовнішні огородження, на нагрівання зовнішнього повітря, яке надходить у приміщення через нещільності огородження, а також на нагрівання одягу, який заносять з вулиці у приміщення. Якщо у приміщення системою вентиляції подається повітря з температурою, меншою за температуру у приміщенні, то до втрат теплоти необхідно віднести і теплоту на нагрівання такого повітря.

Теплота надходить від технологічного обладнання, джерел штучного освітлення, сонячної інсоляції, людей, нагрітого обладнання тощо.

Врахування усіх зазначених вище джерел надходження і втрат теплоти необхідне під час складання теплових балансів приміщень будівель. Зведенням усіх складових надходжень і витрат теплоти визначають дефіцит або надлишок теплоти. Дефіцит теплоти вказує на необхідність влаштування опалення в приміщенні, а надлишок теплоти повинен бути асимільований системою вентиляції.

Для визначення теплової потужності системи опалення складають тепловий баланс витрат теплоти для розрахункового режиму роботи (розрахункової температури зовнішнього повітря, нормованих параметрів внутрішнього повітря, регулярних теплових потоків і стаціонарних умов роботи будівлі). Тепловий баланс годинних витрат теплоти для зазначених вище умов записують у такому вигляді:

$$Q_{оп.} = (Q_{транс.} + Q_{інф.}) - [Q_{гв.}^{тр.} + (Q_{вент.}^{тр.} + Q_{вент.}) + Q_{осв.} + Q_{сон.} + Q_{ел.\ обл.} + Q_{техн.} + Q_{люд.} + Q_{вн.\ огор.} + Q_{інші}], \quad \text{ккал / год; кДж / год; кВт,} \quad (6.1)$$

де

$Q_{оп.}$ – надходження теплоти від системи опалення;

$Q_{гв}^{тр.}$ – надходження теплоти від неізольованих трубопроводів системи гарячого водопостачання, прокладені у приміщеннях будівлі (з урахуванням циркуляційних трубопроводів);

$Q_{вент.}^{тр.}$ – надходження теплоти від неізольованих повітропроводів та обладнання системи вентиляції і кондиціювання повітря;

$Q_{вент.}$ – надходження теплоти з повітрям систем припливної вентиляції або кондиціювання;

$Q_{осв.}$ – надходження теплоти від систем штучного освітлення приміщень будівлі;

$Q_{сон.}$ – надходження теплоти від сонячної радіації через світлопрозорі прорізи і огородження будівлі;

$Q_{ел.обл.}$ – надходження теплоти від електрообладнання при переході механічної і електричної енергії у теплову;

$Q_{техн.}$ – теплонадходження від нагрітого технологічного обладнання і матеріалів;

$Q_{люд.}$ – теплонадходження від людей;

$Q_{вн.огор.}$ – теплонадходження через огороджувальні конструкції суміжних приміщень (через внутрішні огородження);

$Q_{інші}$ – інші теплонадходження, залежно від призначення будівлі;

$Q_{транс.}$ – втрати теплоти через огороджувальні конструкції приміщень (трансмісійні втрати теплоти);

$Q_{інф.}$ – втрати теплоти на нагрівання зовнішнього повітря, яке інфільтрується у приміщення будівлі через двері, вікна та інші нещільності в огородженнях будівлі.

Рівняння теплового балансу (6.1) показує наявність тісного взаємозв'язку між окремими складовими витрат енергії. Так:

- зменшення теплонадходжень від освітлення $Q_{осв.}$ при заміні ламп розжарювання на люмінесцентні збільшить витрати на опалення;
- теплова ізоляція трубопроводів або закрите їх прокладання в опалювальних приміщеннях також збільшує потребу в теплоті на опалення;
- заміна дерев'яних рам на металопластикові із зменшеною повітропроникністю не повинно скоротити надходження свіжого повітря у приміщення менше за нормовані величини;
- зменшення втрат теплоти через огородження може спричинити надлишки теплоти у приміщеннях з надходженням теплоти і збільшення витрат енергії на потреби вентиляції.

Визначення складових теплового балансу здійснюється розрахунковим методом у ході проведення обстеження приміщень будинку. Для цього необхідно здійснити збір усіх потрібних для виконання таких розрахунків даних.

На рис. 6.1 наведено схему житлового будинку. На схемі показано вектори деяких теплових потоків, що характеризують витрати та надходження теплоти.

Основні умовні позначення, прийняті на схемі для характеристики теплофізичних властивостей будівлі:

S – опалювальна площа будинку, [м^2];

F – зовнішня поверхня огороджувальних конструкцій, що контактує з зовнішнім повітрям, [м^2];

h – висота одного поверху, [м];

δ – товщина зовнішніх огороджувальних конструкцій, [м];

$t_в$ – температура внутрішнього повітря, ^{0}C;

$t_з$ – температура зовнішнього повітря, ^{0}C;

$t_т^з$ – температура на зовнішній поверхні стінки, ^{0}C; $t_{ст}^в$ – температура на внутрішній поверхні стінки, ^{0}C;

$q_{ст.}$ – вектор теплового потоку через зовнішні стіни, [Вт / м^2];

$q_в$ – вектор теплового потоку через вікна і вхідні двері, [Вт / м^2];

$q_{пл.}$ – вектор теплового потоку через підлогу, [Вт / м^2];

$q_{ст.}$ – вектор теплового потоку через стелю, [Вт / м^2];

$q_{ін.}$ – вектор теплового потоку через нещільності в зовнішніх огород- жувальних конструкціях, [Вт / м^2];

$q_{вп.}$ – вектор теплового потоку втрат теплоти вентиляційним витяжним повітрям та продуктами згорання газових приладів, [Вт / м^2];

q – вектор теплового потоку сумарних втрат теплоти, [Вт / м^2];

$q_{св.}$ – вектор теплового потоку сонячного випромінювання, [Вт / м^2].

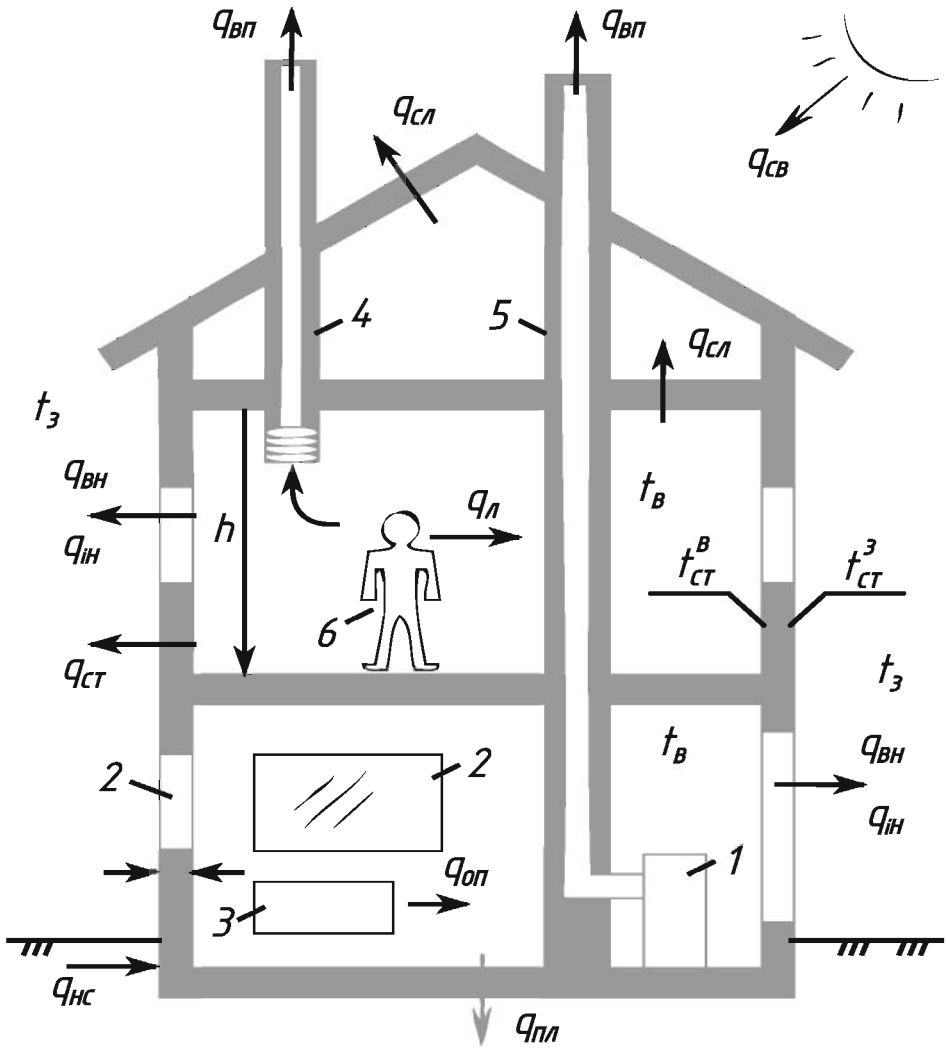


Рисунок 6.1 – Схема теплових потоків житлового будинку

1 – опалювальний котел; 2 – вікна; 3 – опалювальний прилад системи опалення; 4 – вентиляційна витяжна труба; 5 – димова труба від котла; 6 – внутрішні джерела теплоти

В ідеальному енергозберігальному будинку витрати теплоти на опалення можуть бути мінімальними або взагалі відсутніми. При цьому, згідно з (6.1), власні джерела теплоти і теплові надходження мають повністю компенсувати витрати тепла.

6.3 Основні джерела надходження теплоти у будівлі. Визначення величини надходжень теплоти

Надходження теплоти $Q_{люд.}$ від людей, які перебувають у приміщенні, визначається відповідно до кількості людей та даних табл. 5.1 розділу 5.

Визначаючи теплонадходження від електричного освітлення лампами розжарення, необхідно враховувати, що лише частина енергії, яка підводиться до лампи, використовується для функцій освітлення, а решта – трансформується у теплову енергію. Тому залежність для визначення теплонадходжень від системи освітлення записується так:

$$Q_{осв.} = к \cdot N_{ел.}, \text{ Вт; кВт}, \quad (6.2)$$

де

$N_{ел.}$ – потужність освітлювального обладнання у приміщенні, Вт, кВт;

к – загальний коефіцієнт, який враховує фактичне використання потужності ($к_1$ = 0,7...0,9), завантаження ($к_2$ = 0,1...0,5), одночасність роботи декількох приладів ($к_3$ = 0,5...1,0), частку переходу електричної енергії у теплову ($к_4$ = 0,15...0,95; для ламп розжарювання $к_4$ = 0,95, для люмінесцентних ламп $к_4$ = 0,2...0,5).

Тепловиділення від нагрітих поверхонь $Q_{техн.}$ трубопроводів і другого обладнання можна розраховувати за залежністю:

$$Q_{техн.} = \sum [S \cdot \alpha \cdot (t_{сер.} - t_в)], \text{ Вт; кВт}, \quad (6.3)$$

де

S – площа поверхні з температурою, більшою за температуру внутрішнього повітря, м^2;

α – сумарний коефіцієнт конвективно-променевого теплообміну від нагрітої поверхні до внутрішнього повітря, Вт / м^2 · град., або ккал / м^2 · град.·год; визначається за залежностями (4.5) та (4.6).

Питома тепловіддача (Вт / м^2) поверхні, нагрітої до 30 ^{0}С, становить приблизно 33/29; до 50 ^{0}С – 230/200; до 100 ^{0}С – 790/730 (у чисельнику для горизонтальної поверхні, у знаменнику – для вертикальної);

$t_{сер.}$ – середня температура нагрітої поверхні, визначається методом безпосередніх вимірювань у ході обстежень, ^{0}С;

$t_в$ – температура внутрішнього повітря, ^{0}С.

За залежностями (6.2) і (6.3) можуть бути визначені надходження теплоти від поверхні трубопроводів систем опалення, гарячого водопостачання, вентиляції, нагрітого технологічного обладнання.

Тепловиділення від електричного обладнання $Q_{ел.обл.}$ визначається за залежністю (6.4):

$$Q_{ел.обл.} = N \cdot \mu_1 \cdot \mu_2 \cdot \mu_3 \cdot \mu_4, \text{ Вт; кВт}, \quad (6.4)$$

де

N – потужність електродвигунів, кВт;

μ_1 – коефіцієнт використання встановленої потужності електродвигунів для насосних і інших агрегатів μ_1 = 0,7...0,9;

μ_2 – коефіцієнт завантаження, μ_2 = 0,5...0,8;

μ_3 – коефіцієнт одночасності роботи електродвигунів μ_3 = 0,5...1,0 (приймається за результатами обстеження);

μ_4 – коефіцієнт переходу теплоти у приміщення (для електродвигунів насосів, вентиляторів, ліфтів μ_4 = 0,1...0,2).

Визначення тепловиділення від сонячної радіації можна здійснювати за такими приблизними залежностями:

– для перекриття будівлі:

$$Q_{сон1} = 1{,}16\ S_{пер.} \cdot q_{пер.} \cdot K_{пер}, \text{ ккал / год, кВт, (6.5)}$$

де

$S_{пер.}$ – поверхня перекриття в м^2;

$q_{пер.}$ – питомий тепловий потік сонячної радіації через перекриття (для приміщень верхнього поверху) у ккал / м^2 · год., залежно від географічної широти.

Для плоского безгорищного перекриття для широти 35^0 $q_{пер.}$ = 20 ккал/ м^2 · год, для широти 45^0 – 18 ккал/ м^2 · год; для широти 55^0 – 12 ккал/ м^2 · год. Для покриття з горищем для усіх широт – 5 ккал / м^2 · год;

$K_{пер.}$ – коефіцієнт теплопередачі перекриття, приймається за результатами обстеження огороджувальних конструкцій будівлі. Згідно з чинними нормативами для будівель забудови після 2006 р. (таблиця 4.2) коефіцієнт теплопередачі повинен становити не більш як 0,28 ккал / м^2 · град. · год (0,33 Вт / м^2 · град.). Для більшості існуючих будівель – не більш як 1 ккал / м^2 · град. · год.

Аналіз залежності (6.5) показує, що поліпшена теплова ізоляція огороджувальних конструкцій будівель та застосування у практиці будівництва матеріалів і конструкцій зі зменшеним коефіцієнтом теплопередачі $K_{пер.}$ не лише зменшує втрати теплоти із приміщення у довкілля, але і скорочує надходження теплоти в приміщення з сонячною радіацією.

У літній теплий період року для будівель без внутрішніх джерел надходження теплоти це дає можливість зменшити загальні теплонадходження у приміщення від сонячної радіації, поліпшити умови перебування людей і скоротити витрати енергії та коштів на вентиляцію та кондиціювання повітря. Але в приміщеннях із внутрішніми значними тепловиділеннями теплова ізоляція непрозорих зовнішніх огороджень може спричинити суттєве збільшення тепло- надлишків від внутрішніх джерел теплоти, що призведе до зворотніх наслідків – зростання витрат енергії на вентиляцію та кондиціювання з метою забезпечення нормованих параметрів внутрішнього повітря.

У холодний період року поліпшення теплозахисних характеристик огороджень, як правило, спричиняє зменшення тепловтрат, що зменшує витрати теплоти на опалення.

З огляду на незначну величину теплонадходжень від сонячної радіації через перекриття для житлових і громадських будинків, порівняно з іншими складовими теплового балансу, зменшення втрат теплоти у холодний період року відіграє більшу роль для економії паливно-енергетичних ресурсів та забезпечення комфортних умов життєдіяльності у будинку. В цьому можна пересвідчитись, виконавши відповідні розрахунки надходжень теплоти від сонячної радіації та втрат теплоти через огородження з різними величинами коефіцієнта теплопередачі $K_{пер}$.

Приклад 6.1. *Визначити розрахункові витрати теплоти на потреби опалення в холодний період року та надходження теплоти в теплий період року через перекриття верхнього поверху навчального корпусу університету до та після його термореновації за рахунок збільшення величини коефіцієнта теплопередачі перекриття до нормативних значень, наведених у табл. 4.2. Температуру $t_в$ внутрішнього повітря у приміщенні в опалювальний період прийняти рівною +18 ^{0}С. Площа покриття 1000 м^2, висота приміщення h = 3 м. Чотириповерхова будівля розташована у Києві (50^0 північної широти, $q_{пер.}$ = 15 ккал / м^2 · год). Конструкція будівлі – плоска з залізобетонною плитою, покрівельний шар – руберойд з кам'яною присипкою. Визначити економію грошових коштів у літній період за рахунок зменшення витрат електроенергії на систему кондиціювання приміщень останнього поверху (вартість електричної енергії $в_{ел.}$ = 0,85 грн / кВт · год, кондиціювання здійснюється системами з холодильним коефіцієнтом ε = 3) та в холодний період року – за рахунок зменшення споживання теплової енергії системою опалення (вартість теплової енергії $в_{тепл.}$ = 700 грн / Гкал).*

Розв'язок. Визначаємо розрахункову температуру зовнішнього повітря холодного періоду року та тривалість опалювального сезону для Києва за додатком З:

$$t_з = -22\ ^0С;\ t_{сер.} = -0{,}6\ ^0С;\ n_{оп.н} = 4224 \text{ год.}$$

Визначаємо розрахункові втрати теплоти через покриття останнього поверху:

– до термореновації:

$$Q_{пер} = k_{пер} \cdot F_{пер} \cdot (t_в - t_з) = 1{,}11 \cdot 1000 \cdot (18+22) \cdot 10^{-3} = 44{,}4 \text{ кВт};$$

– після термореновації:

$$Q'_{пер} = k'_{пер} \cdot F_{пер} \cdot (t_в - t_з) = 0{,}2 \cdot 1000 \cdot (18+22) \cdot 10^{-3} = 8{,}07 \text{ кВт}.$$

Зменшення теплового навантаження на системи опалення за рахунок зміни коефіцієнта теплопередачі перекриття останнього поверху та доведення значення опору теплопередачі конструкції перекриття до вимог чинного ДБН В.2.6.-31:2006:

$$\Delta Q = Q_{пер} - Q_{пер}^{із} = 44 - 8{,}07 = 35{,}93 \text{ кВт}.$$

Виконуємо приведення економії витрат теплової енергії до середньої температури опалювального періоду за формулою, аналогічною залежності 5.2:

$$\Delta Q_{сер} = \Delta Q \cdot \frac{(t_в - t_{сер})}{(t_в - t_з)} = 35{,}93 \cdot \frac{(18 + 0{,}6)}{(18 + 22)} = 16{,}71 \text{ кВт}.$$

Визначаємо економію витрат теплової енергії за опалювальний період:

$$\Delta Q_{оп.період} = \Delta Q_{сер} \cdot n_{оп.період} = 16{,}71 \cdot 4224 = 70583 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

$$\Delta Q_{оп.період} = \frac{70583 \text{ кВт} \cdot \text{год} \cdot 3600}{4{,}187} = 60{,}7 \text{ Гкал}.$$

Економія грошових коштів у холодний період від термореновації перекриття останнього поверху:

$$\Delta E_{оп.період} = \Delta Q_{оп.період} \cdot B_{тепл} = 60{,}7 \cdot 700 = 42490 \text{ грн}.$$

Розраховуємо теплонадходження від сонячного випромінювання через перекриття останнього поверху за формулою 6.5:

– до термореновації:
  $Q_{сон.пер.} = 1{,}16 \cdot S_{пер.} \cdot q_{пер.} \cdot k_{пер.} = 1{,}16 \cdot 1000 \cdot 15 \cdot 1{,}11 \cdot 10^{-3} = 19{,}314$ кВт;
– після термореновації:
  $Q'_{сон.пер.} = 1{,}16 \cdot S_{пер.} \cdot q_{пер.} \cdot k'_{пер.} = 1{,}16 \cdot 1000 \cdot 15 \cdot 0{,}2 \cdot 10^{-3} = 3{,}48$ кВт.

Визначені величини теплонадходжень від сонячного випромінювання через перекриття останнього поверху система кондиціювання має компенсувати еквівалентною кількістю холоду. Різниця в кількості холоду, який повинна виробляти система кондиціювання останнього поверху до та після утеплення:

$$\Delta Q_{сон.пер.} = Q_{сон.пер.} - Q'_{сон.пер.} = 19{,}314 - 3{,}48 = 15{,}834 \text{ кВт}.$$

Економія кількості холоду за теплий період року:

$$\Delta Q_{не\ он.період} = \Delta Q_{сон.пер.} \cdot n_{не\ оп.період} = 15{,}834 \cdot 4536 = 71823 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Перехід від холодопродуктивності системи кондиціювання до кількості спожитої електричної енергії виконуємо за допомогою холодильного коефіцієнта ε, який показує, яку кількість електричної енергії споживає система кондиціювання повітря відносно виробленої кількості холоду:

$$\Delta N_{ел} = \frac{\Delta Q_{не\ оп.період}}{\varepsilon} = \frac{71823}{3} = 23941 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Визначаємо економію грошових коштів у теплий період року за рахунок утеплення перекриття останнього поверху:

$$\Delta E_{конд} = \Delta N_{ел} \cdot B_{ел} = 23941 \cdot 0{,}85 = 20350 \text{ грн.}$$

Загальна економія грошових коштів від термореновації покрівлі:

$$\Delta E_{рік} = \Delta E_{оп.період} + \Delta E_{конд} = 42490 + 20350 = 62840 \text{ грн.}$$

Значними можуть бути також надходження теплоти від сонячної радіації через засклені поверхні будівлі (особливо за умови значної поверхні засклених огороджень). Визначення цієї величини можна зробити за формулою (6.6):

$$Q_{сон.\,2} = 1{,}16\ S_{ост.} \cdot q_{ост.} \cdot K_{ост.},\ \text{ккал/год, кВт,} \qquad (6.6)$$

де

$S_{ост.}$ – площа поверхні засклених огороджень в м^2;

$q_{пер.}$ – питомий тепловий потік сонячної радіації через скління в ккал / м^2 · год, залежно від географічної широти, приймається за даними табл. 6.1.

$K_{пер.}$ – коефіцієнт, який залежить від характеристики скління: для подвійного скління в одній рамі $K_{пер.}$ = 1,15; для одинарного скління 1,45; за звичайного забруднення скла коефіцієнт дорівнює 0,8; для сильного забруднення – 0,7; для скління з матовим склом $K_{пер.}$ = 0,4; при зашторюванні вікон $K_{пер.}$ = 0,25.

Таблиця 6.1

Теплонадходження від сонячної радіації, $q_{пер.}$, ккал/ м^2 · год

Вид скління	Орієнтація за сторонами горизонту і широта											
	Південь			Південний схід, південний захід			Схід і захід			Північний схід, північний захід		
	35^0	45^0	55^0	35^0	45^0	55^0	35^0	45^0	55^0	35^0	45^0	55^0
Подвійне скління у дерев'яній рамі	110	125	125	85	110	125	125	125	145	65	65	65
Подвійне скління у металевій рамі	140	160	160	110	140	160	160	160	180	80	80	80

До розрахунку приймають більшу з величин, підрахованих для перекриття та скління однієї зі стін.

Точне визначення теплонадходжень від сонячної радіації здійснюється відповідно до вимог СНиП 2.04.05-91* «Отопление, вентиляция и кондиционирование».

Теплонадходження від сонячної радіації доцільно враховувати для будівель із значною поверхнею засклених огороджень, а також для приміщень із світовими прорізами, спрямованими на південь.

У ході експлуатації будівлі такі теплонадходження дають можливість зменшити подачу теплоти на опалення та забезпечити економію теплової енергії. Але конфігурація системи опалення повинна забезпечувати можливість такого скорочення подачі теплоти для окремих приміщень, зорієнтованих за певними сторонами світу.

Спосіб регулювання відпуску теплоти, коли температура теплоносія у системі опалення регулюється не в цілому по всій системі опалення, а по відокремлених системах, які обслуговують приміщення, зорієнтовані в одному напрямі горизонту, називають пофасадним регулюванням.

Можливим стає також регулювання тепловіддачі окремих нагрівальних пристроїв за рахунок встановлення біля опалювальних приладів термостатичних клапанів. Зазначені методи можуть бути віднесені до енергозберігальних заходів, які впроваджуються на етапі розподілення і споживання теплоти.

Теплонадходження від нагрітого повітря, яке надходить у приміщення з вентиляційних систем або від інших нагрітих матеріалів, визначається за залежністю (6.7):

$$Q_{мат.} = M_{мат.} \cdot (t_м - t_в) \cdot c_{мат.} \text{ Вт; кВт}, \quad (6.7)$$

де

$M_{мат.}$ – маса матеріалу або повітря з температурою $t_м$;

$t_в$ – температура повітря у приміщенні, ^{0}C;

$c_{мат.}$ – питома теплоємність матеріалу в Дж / кг · град. – для більшості будівельних матеріалів $c_{мат.}$ = 840...880 Дж / кг · град., для верхньої шерстяної одежі – 1590, для виробів із дерева – 2300, для води – 4189, для сталі та чавуну $c_{мат.}$= 480 Дж / кг · град.

За залежністю (6.7) можна визначати також і втрати теплоти на нагрівання холодних матеріалів і виробів, які надходять у приміщення. Для цього в залежність необхідно підставити різницю температур ($t_в - t_м$).

До побутового теплонадходження належить також виділення теплоти від газових або електричних плит на кухні, від побутових холодильників.

Можна визначити надходження теплоти від газової плити, розглянувши тепловий баланс її роботи. Номінальна теплова потужність газової плити з чотирма конфорками (кількість теплоти, яка підводиться з природним газом за умови роботи плити з максимально можливим ККД) становить згідно з довідниковою літературою $N_{пг}$ = 12 кВт, з двома конфорками – 7 кВт.

Дійсна величина ККД плити не перевищує 45...50 %. Таким чином, близько половини від підведеної кількості теплоти буде втрачено і передано до повітря приміщення. Отже, за умови одночасної роботи на кухні гуртожитку двох газових плит з чотирма конфорками годинні теплонадходження становитимуть:

$$Q_{пг\text{-}4} = 12 \cdot 2 \cdot 0{,}5 = 12 \text{ кВт} \cdot \text{год, або } 10320 \text{ ккал.}$$

Одержана кількість теплоти еквівалентна тепловіддачі 40 м^2 нагрівального приладу системи опалення з температурою гарячої води на вході 95 ^{0}C і температурою на виході з приладу 70 ^{0}C (перепад температур, прийнятий для систем опалення житлових будинків і навчальних закладів). Але такі надходження мають нестаціонарний характер.

З урахуванням реального добового коефіцієнта завантаження газових плит $K_з$, який повинен бути визначеним під час енергетичного обстеження будівлі, добові

теплонадходження від газових або електричних плит можуть бути визначеними за залежністю (6.8):

$$Q_{пг} = \Sigma(N_{пг} \cdot n_{пг} \cdot K_з \cdot \eta), \text{ кВт} \cdot \text{год/ добу}, \quad (6.8)$$

де

$n_{пг}$ – кількість газових чи електричних плит певної потужності, які встановлено на кухні;

$N_{пг}$ – номінальна теплова потужність газових або електричних плит, кВт;

$K_з$ – коефіцієнт добової завантаженості, визначається за результатом ділення дійсного часу роботи газових плит на 24 год;

η – коефіцієнт корисної дії газової (електричної) плити (для газової плити η = 0,4...0,45; для електричної – 0,7...0,8).

Визначимо, до прикладу, добові теплонадходження у приміщення кухні гуртожитку, у якій встановлено дві газові плити ПГ-4 з $N_{пг}$ = 12 кВт, для яких $K_з$ = 0,15 і одна газова плита ПГ-2 з $N_{пг}$ = 7 кВт, для якої $K_з$ = 0,05. ККД плит η становить 40 % (0,4).

$Q_{пг}$ = (12 ▪ 2 ▪ 0,15 + 7▪ 0,05) ▪ 0,4 = (3,6 + 0,35) ▪ 0,4 = 1,58 кВт ▪ год / добу.

Аналогічно можна визначити теплонадходження за будь-який інший проміжок часу.

Виділення теплоти від побутових холодильників має більш усталений характер і залежить від конструкції холодильника та теплоізоляційних характеристик його корпуса. За паспортними даними холодильника можна знайти такі його технічні характеристики, які допоможуть визначити теплонадходження:

$N_{хол.}$ – номінальна холодильна потужність, або холодопродуктивність – кількість виробленого холоду в номінальному режимі роботи, Вт; кВт;

$N_{ел.}$ – номінальна споживана електрична потужність, Вт; кВт;

ε – холодильний коефіцієнт – характеристика економічності холодильної машини, відношення холодопродуктивності до споживаної енергії:

$$\varepsilon = N_{хол.} / N_{ел.} \quad (6.9)$$

Величина холодильного коефіцієнта ε показує відношення кількості виробленого холоду до витраченої при цьому зовнішньої енергії, ε = 4...5. При зазначених величинах ε на кожний 1 кВт витраченої електричної енергії в парокомпресорній холодильній машині виробляється 4...5 кВт холоду.

За відомих вказаних величин теоретичні тепло надходження від конденсатора холодильної машини $Q_{хол.}$ в умовах номінального навантаження визначаються як сума холодильної потужності $N_{хол.}$ та споживаної електричної потужності $N_{ел.}$

$$Q_{хол.} = N_{хол.} + N_{ел.}, \text{ кВт}\cdot\text{год}. \quad (6.10)$$

Дійсну величину теплонадходжень від побутового холодильника необхідно визначати з урахуванням фактичної тривалості роботи компресора холодильної машини (тобто дійсного часу роботи холодильника) та дійсної кількості спожитої електричної енергії. Так, якщо для холодильника з номінальною електричною

потужністю 140 Вт споживана за добу кількість електроенергії становить 1 кВт · год / добу, то кількість теплоти, яка надійде до приміщення за добу, становитиме:

$$Q_{хол.} = N_{ел.} + \varepsilon \cdot N_{ел.} = N_{ел.} \cdot (1 + \varepsilon) = 1 \cdot (1 + 4{,}5) = 5{,}5 \text{ кВт} \cdot \text{год / добу}. \quad (6.11)$$

За умови річного споживання електроенергії холодильником 343 кВт (визначається за паспортними даними побутового холодильника або за результатами енергоаудиту), теплонадходження від побутового холодильника за рік становитимуть:

$Q_{хол.} = N_{ел.} \cdot (1+ \varepsilon) = 343 \cdot (1 + 4{,}5) = 1886$ кВт · год за рік,

що еквівалентно 1,62 Гкал, які можна отримати при спалюванні у водогрійному котлі 224 нм^3 природного газу з ефективністю роботи котла 85 %. За умови спалювання дров з теплотою згоряння 2500 ккал / кг та ККД 80 % можна зменшити витрати дров до величини 1886 · 860 / (2500 · 0,8) = 811 кг.

Таку саму кількість газу або деревини можна зекономити за рахунок корисного використання зазначеної кількості теплоти на потреби опалення.

Побутові теплонадходження $Q_{поб.}$ в житлових квартирах, які сумарно враховують тепло від людей, обладнання та освітлення, можна визначати в цілому по будинку (на всю систему опалення) за залежністю:

$$Q_{поб.} = q_{поб.} \cdot S_{під.}, \text{ Вт}, \quad (6.12)$$

де

$q_{поб.}$ – теплонадходження на 1 м^2 площі підлоги у Вт / м^2 приймають за даними СНиП 2.04.05-91 як 10 Вт на 1 кв. м загальної площі будинку;

$S_{під.}$ – загальна площа будинку, м^2.

Таким чином, розгляд питання про теплонадходження до житлових будівель або приміщень гуртожитків показав, що навіть в умовах житлових приміщень наявні джерела теплоти дають можливість використати їх тепловий потенціал для потреб опалення або гарячого водопостачання будинку. З огляду на це, виникає підґрунтя для впровадження енергозберігальних заходів на базі власних джерел теплоти будинку та створення будинку з мінімальним споживанням зовнішньої енергії. Але для цього необхідно порівняти одержані теплонадходження з втратами теплоти у будинку.

Для будинків, збудованих до виходу у світ нових нормативів з теплозахисних характеристик огороджень (до 2006 р.), частка теплонадходжень, порівняно з втратами теплоти, була незначною, тому часто величиною теплонадходжень у житлових і громадських будинках нехтували.

Але для будинків, збудованих після 2006 р., частка теплонадходжень, порівняно з втратами теплоти, суттєво збільшилась, що потребує більш ретельної оцінки величини надходжень теплоти та розробки заходів з ощадного їх використання для створення необхідних умов життєдіяльності людини у будівлях і економії паливно-енергетичних ресурсів.

6.4 Визначення величин втрат теплоти у будівлях

Тепловтрати у приміщеннях складаються із втрат теплоти через огороджувальні конструкції $Q_{транс.}$ (трансмісійні втрати теплоти), втрат теплоти $Q_{інф.}$ на нагрівання зовнішнього повітря, яке інфільтрується у приміщення будівлі через двері, вікна та інші нещільності в огородженнях будівлі, втрат теплоти $Q_{мат.}$ на нагрівання одежі та інших матеріалів і обладнання, яке надходить ззовні, втрат $Q_{вент.}$, які матимуть місце при подачі повітря для систем механічної вентиляції з пониженою температурою порівняно з температурою у приміщенні та втрат теплоти, які можуть мати місце при випаровуванні рідин у приміщенні (останні три складові не є характерними для житлових приміщень і гуртожитків ВНЗ).

6.4.1 Трансмісійні втрати теплоти.

Найбільшими є тепловтрати через огороджувальні конструкції. Вони визначаються за залежністю (4.14) для кожної конструкції, що відділяє опалювальні приміщення від довкілля або неопалювальних приміщень (розрахунки виконують за наявності перепаду температур в опалювальному та неопалювальному приміщеннях більш як 3 ^{0}C). Загальні трансмісійні втрати для приміщення або будівлі визначають шляхом складання втрат теплоти через окремі огородження.

Проектуючи зовнішні огороджувальні конструкції опалювальних будинків за теплотехнічними показниками їх елементів, необхідно керуватись такими правилами:

1. Дійсна величина опору теплопередачі непрозорої чи прозорої частини огородження R_0 має бути рівною або більшою за мінімально допустиме нормоване значення опору теплопередачі $R_{мін.}$ цієї частини огородження.

2. Температурний перепад між температурою внутрішнього повітря і температурою внутрішньої поверхні $t_в - t_{ст1} = \Delta t_1$ не повинен перевищувати нормовану, допустиму за санітарно-гігієнічними вимогами, різницю між температурою внутрішнього повітря і внутрішньої поверхні огороджувальної конструкції.

3. Мінімальне значення температури внутрішньої поверхні в зонах теплопровідних включень («місточків холоду») в огороджувальній конструкції повинно бути більшим за мінімально допустиме значення температури внутрішньої поверхні при розрахункових значеннях температури внутрішнього і зовнішнього повітря. Значення дійсного термічного опору R_0 окремих огороджувальних конструкцій та їх коефіцієнти теплопередачі K і величини перепадів температур визначають за результатами енергетичних обстежень з урахуванням теплотехнічних характеристик матеріалів огородження та окремих елементів огороджень, наведених у таблиці додатку Ж.

Значення коефіцієнта теплопередачі для вікон і зовнішніх дверей будинків, збудованих до виходу у світ нових нормативів з теплозахисних характеристик огороджень, приймають у межах таких значень (табл. 6.2):

Таблиця 6.2

Коефіцієнти теплопередачі К для елементів приміщень будинків у ккал / м² · год · град.; (Вт / м² · град.)

Пор. №	Елемент приміщення	Коефіцієнт теплопередачі
1	Вікна з одинарним притулом	
	з одинарним склінням	5,0; (5,8)
	з подвійним склінням	2,5; (2,9);
2	Вікна з подвійним притулом	
	з подвійним склінням	2,3; (2,7)
3	Зовнішні одинарні двері	4,0; (4,6)
4	Зовнішні подвійні двері	2,04; (2,3)

Величини розрахункових температур зовнішнього і внутрішнього повітря приймають відповідно до даних таблиць додатку Г і таблиці 5.2.

Визначаючи величини поверхонь огороджувальних конструкцій, слід керуватись такими правилами:

- площі огороджень визначають за зовнішніми обмірами;
- площі вікон і дверей визначають за найменшими будівельними прорізами;
- висота стін визначається від зовнішньої поверхні підлоги по ґрунту, або поверхні підготовки під конструкцію підлоги до рівня чистої підлоги другого поверху. Для верхнього поверху висота визначається від поверхні підлоги до верха конструкції горищного або безгорищного перекриття.

Втрати теплоти з опалювальних приміщень нижнього поверху через підлогу, яка розташована на ґрунті, визначають за зонами. Для цього поверхню стіни, яка контактує з ґрунтом, і підлогу на ґрунті ділять на смуги завширшки 2 м паралельно до зовнішніх стін. Смугу, найближчу до зовнішньої стіни, називають першою. Наступні дві смуги – відповідно, другою і третьою. Решту підлоги вважають четвертою зоною. Визначення втрат теплоти виконують за залежністюі (4.14) окремо по кожній зоні з наступним складанням одержаних величин по кожній зоні підлоги. Величину коефіцієнта теплопередачі для неутепленої підлоги першої зони приймають рівною $K_{нп.} = 1/R_{нп.} = 1 / 2,1 = 0,48$ Вт / м² · град., для другої – 1 / 4,3 = 0,23 Вт / м² · град., для третьої – 1 / 8,6 = 0,12 Вт / м² · град., а для четвертої – 0,07 Вт / м² · град. $R_{нп.}$ – опір теплопередачі окремих зон неутепленої підлоги на ґрунті.

Якщо у конструкції підлоги є шари матеріалів, для яких коефіцієнт теплопровідності менший за λ =1,2 Вт / м · град., то підлогу називають утепленою. У такому випадку величину коефіцієнта теплопередачі кожної зони необхідно уточнити з урахуванням дійсної товщини та коефіцієнта теплопровідності шару утеплювача. Наприклад, коефіцієнт теплопередачі $K_{уп.}$ для однієї зони утепленої підлоги на ґрунті визначиться за залежністю:

$$K_{уп.} = 1/(R_{нп.} + \sum \delta_{уш.} / \lambda_{уш.}), \text{ Вт / м}^2 \cdot \text{град.}, \qquad (6.13)$$

де $\delta_{уш.}$ та $\lambda_{уш.}$ – товщина (м) та коефіцієнт теплопровідності (Вт/ м · град.) для утеплюювальних шарів, відповідно.

Розраховуючи трансмісійні тепловтрати, враховують деякі додаткові тепловтрати, у вигляді надбавок до основних втрат теплоти. Такі додаткові тепловтрати є обов'язковими до врахування, оскільки вони помітно впливають на величину втрат теплоти із приміщення.

Аналіз величин таких додаткових втрат теплоти, як і основних, дає основу для розробки заходів з енергозбереження, які спрямовані на зменшення або унеможливлення втрат теплової енергії.

6.4.2 Додаткові втрати теплоти.

З урахуванням додаткових втрат теплоти загальна величина втрат через окрему огороджувальну конструкцію буде визначатись за залежністю:

$$Q_{транс.} = K \cdot F \cdot (t_в - t_з) \cdot n_s \cdot (1 + \sum \beta_i), \text{ Вт; ккал / год,} \qquad (6.14)$$

де

n_s – коефіцієнт, який враховує фактичне зменшення розрахункової різниці температур ($t_в - t_з$) для огороджень, які розділяють опалювальне приміщення від неопалювалного (горище, підвал тощо). Для перекриття над холодними підвалами, які сполучені з холодним повітрям, і для горищного перекриття n_s = 0,9; для перекриття над неопалювальними підвалами зі світловими прорізами у стінах n_s = 0,75; для перекриття над холодними підвалами без світлових прорізів в стінах, які розташовані вище рівня землі, n_s = 0,6;

β_i – коефіцієнт, який враховує додаткові втрати теплоти через огородження.

Наступний виклад матеріалу присвячений визначенню саме величини $\sum \beta_i$. Розрахунок основних трансмісійних втрат теплоти виконано за умови $\sum \beta_i = 0$.

Величина додаткових втрат теплоти та їх розподіл за факторами впливу на величину втрат теплоти є такими:

1. Додаткові втрати теплоти на орієнтацію огороджень за сторонами світу – приймають для усіх вертикальних і нахилених (у проекції на вертикальну вісь) огороджень залежно від орієнтації огородження за сторонами світу, а саме:

– на захід і південний схід β_1 =0,05;
– на північ, схід, північний схід, північний захід β_1 = 0,1.

2. Додаткові втрати теплоти для усіх огороджень кутових приміщень β_2 =0,05. У кутових приміщеннях житлових будинків і гуртожитків під час розрахунків збільшують температуру внутрішнього повітря і добавку 0,05 не вводять.

3. Додаткові втрати теплоти на надходження холодного повітря через входи у будівлі, які не обладнані повітряними завісами. Їх вводять лише на величину втрат теплоти через зовнішні двері або ворота і приймають для одинарних вхідних дверей β_3 = 0,22 Н; для подвійних вхідних дверей з тамбуром між ними β_3 =0,27 Н від основних тепловтрат через ці двері. Н – висота будівлі в м.

4. Додаткові втрати теплоти на висоту приміщень житлових будинків, гуртожитків і будівель ВНЗ. Загальні тепловтрати через усі огородження (разом з

додатковими тепловтратами) високих приміщень збільшують на 0,02 на кожний 1 м висоти, більшої за 4 м, але загалом не більш як 0,15.

***Приклад 6.2**. Визначити розрахункові втрати та надходження теплоти для аудиторії технічного університету у м. Сімферополі. Приміщення має дві зовнішні стіни. Одна з них, північна, має поверхню 44 м² (за зовнішніми обмірами) та площу скління 20 м², інша, західна, площею 22 м², має площу скління 10 м². Висота приміщення – 4,5 м (від перекриття до перекриття). Безгорищне перекриття над аудиторією має площу 128 м². Втрати через підлогу відсутні (аудиторія розміщена на останньому поверсі п'ятиповерхової будівлі).*

Енергетичний аудит будівлі показав, що у приміщенні встановлено вікна з подвійними роздільними притулами. Вікна задовільної якості, ущільнені напівшерстяним шнуром. Коефіцієнт теплопередачі вікон прийняти 2,7 Вт / м² · град. Стіни виконано з червоної цегли. Під час проведення аудиту визначено коефіцієнт теплопередачі стін – 0,95 Вт / м² · град. Дослідження дали можливість також визначити коефіцієнт теплопередачі перекриття, який дорівнює 1,1 Вт / м² · град. Вентиляція у приміщенні відсутня – припливні та витяжні отвори систем вентиляції щільно закриті. Аудиторія розрахована на перебування в ній 25 студентів та викладачів. В аудиторії встановлено 22 персональних комп'ютери (ПК). Теплонадходження від одного ПК прийняти 80 Вт. Загальна потужність ламп розжарювання у приміщенні – 3,5 кВт.

Розв'язання

Визначаємо трансмісійні втрати теплоти через огородження згідно з залежністю 6.14:

– для зовнішньої стіни, орієнтованої на північ:

$Q_{транс.} = K \cdot F \cdot (t_в - t_з) \cdot n_s \cdot (1 + \sum \beta_i) = 0{,}95 \cdot 44 \cdot (18 + 18) \cdot 1 \cdot (1 + 0{,}1 + 0{,}05 + 0{,}01) = 1729$ Вт, де $t_з$ – розрахункова температура зовнішнього повітря для Сімферополя ($t_з = -18\ ^0C$, табл. додатку 3); 0,1 – коефіцієнт на додаткові втрати теплоти на північну орієнтацію стіни; 0,05 – коефіцієнт на додаткові втрати теплоти на кутове приміщення; 0,01 – коефіцієнт на додаткові втрати теплоти на висоту приміщення[40], яка більш як 4 м;

– для зовнішньої стінки, орієнтованої на захід:

$Q_{транс.} = K \cdot F \cdot (t_в - t_з) \cdot n_s \cdot (1 + \sum \beta_i) = 0{,}95 \cdot 22 \cdot (18 + 18) \cdot 1 \cdot (1 + 0{,}05 + 0{,}05 + 0{,}01) = 835$ Вт, де 0,05 – коефіцієнт на додаткові втрати теплоти на західну орієнтацію стіни; 0,05 – коефіцієнт на додаткові втрати теплоти на кутове приміщення; 0,01 – коефіцієнт на додаткові втрати теплоти на висоту приміщення, яка більш як 4 м;

– для скління, орієнтованого на північ:

$Q_{транс.} = K \cdot F \cdot (t_в - t_з) \cdot n_s \cdot (1 + \sum \beta_i) = 2{,}7 \cdot 20 \cdot (18 + 18) \cdot 1 \cdot 1{,}16 = 2255$ Вт, де 2,7 – коефіцієнт теплопередачі вікон, 20 – поверхня вікон, зорієнтованих на північ;

[40] Джерело: Внутренние санитарно-технические устройства. Часть 1. Отопление. Справочник проектировщика / под ред. И.Г.Староверова. – М., 1990.

– для скління, орієнтованого на захід:

$Q_{транс.} = K \cdot F \cdot (t_в - t_з) \cdot n_s \cdot (1 + \sum \beta_i) = 2,7 \cdot 10 \cdot (18 + 18) \cdot 1 \cdot 1,11 =$ 1078 Вт; де 2,7 – коефіцієнт теплопередачі вікон, 20 – поверхня вікон, зорієнтованих на північ;

– для перекриття $Q_{транс.} = K \cdot F \cdot (t_в - t_з) \cdot n_s = 1,1 \cdot 128 \cdot (18 + 18) \cdot 1 = 5068$ Вт. Додаткові втрати теплоти для горизонтальних огороджень не нараховуються.

2. Визначимо орієнтовну величину втрат теплоти з інфільтрацією. Для опалювальних приміщень, які мають вікна, втрати з інфільтрацією розрахуємо з міркувань нагрівання опалювальними приладами повітря в об'ємі однократного повітрообміну за годину згідно з залежністю $Q_{інф} = 0,337 \cdot F_{підл.} \cdot H \cdot (t_в - t_з)$,

де: $F_{підл.}$ – площа підлоги приміщення, $F_{підл.} = 104$ м^2;

H – висота приміщення від підлоги до стелі, але не більше 3,5 м, H = 3,5;

$t_в$ і $t_з$ – розрахункові величини температур внутрішнього і зовнішнього повітря в ^{0}C, відповідно.

$Q_{інф.} = 0,337 \cdot 104 \cdot 3,5 \cdot (18 + 18) = 4416$ Вт.

3. Підрахуємо загальні втрати теплоти з урахуванням інфільтрації зовнішнього повітря:

$\Sigma Q = 1729 + 835 + 5068 + 4416 + 2255 + 1078 = 15381$ Вт = 15,4 кВт, із них 17 % втрачається через зовнішні стіни, 33 % – через перекриття, 29 % – з інфільтрацією та решта – 21 % – через віконні прорізи.

4. Визначаємо теплонадходження у приміщення.

4.1. Теплонадходження від людей визначаємо згідно з даними табл. 5.1.

$Q_{люд.} = q_{люд.} \cdot N_{люд.} = 12 \cdot 116 + 0,85 \cdot 13 \cdot 116 = 1392 + 1282 = 2674$ Вт (13 студентів – жіночої статі).

4.2. Теплонадходження від комп'ютерів $Q_{пк} = q_{пк} \cdot N_{пк} = 22 \cdot 80 = 1760$ Вт.

4.3. Теплонадходження від сонця через світлопрозорі прорізи визначаються за залежністю 6.5 і даними таблиці 4.

$Q_{сон.\,2} = 1,16 \cdot S_{ост.} \cdot q_{ост.} \cdot K_{ост.} = 1,16 \cdot 10 \cdot 135 \cdot 0,8 = 1252$ Вт.

4.4. Загальні теплонадходження 2674 + 1760 + 1252 = 5684 Вт = 5,7 кВт, що становить 37 % втрат теплоти.

За температури зовнішнього повітря $t_з' = +4,5$ ^{0}C втрати теплоти зменшуються до величини теплонадходжень. За таких умов подача теплоти від системи опалення взагалі не потрібна.

Визначення величини втрат теплоти за температур, які відрізняються від розрахункових, здійснюється за залежністю (4.14):

$Q_{оп.}' = Q_{оп.} \cdot [(t_в - t_з') / (t_в - t_з)] = 15,4 \cdot [(18 - 4,5) / (18 + 18)] = 15,4 \cdot 0,37 = 5,7$ кВт.

Якщо у будинку є внутрішні конструкції, що розмежовують приміщення з розрахунковими температурами повітря, які відрізняються більш ніж на 3 ^{0}C (стіни, перекриття) або приміщення з центральним і поквартирним регулюванням тепло-споживання, то мінімально допустиме значення $R_{мін.}$ опору теплопередачі для таких конструкцій визначається згідно із залежністю:

$$R_{мін.} = (t_{в1} - t_{в2}) / (\alpha_1 \cdot \Delta t_1),$$

де

$t_{в1}$, $t_{в2}$ – температури в суміжних приміщеннях, для яких різниця температур перевищує 3 ^{0}С, в ^{0}С;

$\Delta t_1 = t_в - t_{ст1}$ – допустима різниця температур між температурою внутрішнього повітря і температурою внутрішньої поверхні огородження, приймається рівною для житлових будинків: для стін – 4 ^{0}С; для горищного перекриття – 3 ^{0}С; для перекриття над неопалювальним підвалом – 2 ^{0}С . Для навчальних корпусів ВНЗ – 5 ^{0}С; 4 ^{0}С та 2,5 ^{0}С, відповідно;

α_1 – коефіцієнт тепловіддачі на внутрішній поверхні огородження. Згідно вимог ДБН В.2.6-31:2006 «Теплова ізоляція будівель» величину α_1 для усіх будівель ВНЗ можна приймати рівною 8,7 Вт / м^2 · град.

Визначення величини втрат теплоти через огородження, які розділяють опалювальне приміщення від неопалювального, у якому, крім того, можуть бути прокладені трубопроводи з гарячим теплоносієм (горище, неопалювальний підвал тощо) доцільно виконувати за величиною еквівалентного коефіцієнта теплопередачі $K_{екв.}$ через таке огородження.

Величина $K_{екв.}$ враховує додатковий термічний опір повітря у неопа-лювальному приміщенні і умовно відносить його до внутрішнього огородження. За такого способу розрахунку втрат теплоти коефіцієнт n_s, який враховує зменшення розрахункової різниці температур у залежності (6.14), приймається рівним одиниці $n_s = 1$. У формулу (6.14) для визначення втрат теплоти підставляють різницю між розрахунковими температурами внутрішнього і зовнішнього повітря ($t_в - t_з$).

Визначення еквівалентного коефіцієнту теплопередачі для огородження між опалювальним і неопалювальним приміщеннями здійснюється згідно залежності:

$$K_{екв.} = K\,(t_{в1} - t_{в2}) / (t_{в1} - t_з\,),\ \text{Вт / м}^2 \cdot \text{град.},$$

де

К – дійсний коефіцієнт теплопередачі для матеріалу огородження між опалювальним і неопалювальним приміщеннями, Вт / м^2 · град.;

$t_{в1}$ – температура в опалювальному приміщенні, ^{0}С;

$t_{в2}$ – температура в неопалювальному приміщенні, ^{0}С.

Температуру $t_{в2}$ в неопалювальному приміщенні визначають за результатами енергетичного аудиту (вимірюванням і усередненням результатів по усьому об'єму приміщення). При цьому необхідно також зафіксувати значення зовнішньої температури $t_з$ у період замірів і величину внутрішньої температури в опалювальному приміщенні $t_{в1}$.

У ході визначення величини $K_{екв.}$ усі визначені прямими замірами температури підставляють у наведену вище залежність.

У разі відсутності заміряної величини температури у неопалювальному приміщенні $t_{в2}$ її можна визначити за розрахункових умов. За таких умов у залежність для обчислення $K_{екв.}$ підставляють нормовану величину температури внутрішнього повітря $t_{в1}$ в опалювальному приміщенні і розрахункову температуру зовнішнього повітря $t_з$ відповідно до додатку Г.

Визначення розрахункової температури в неопалювальному приміщенні $t_{в2}$ виконують у такому разі за залежністю:

$$t_{B2} = (t_{B1} \cdot \Sigma K_B \cdot F_B + t_З \cdot \Sigma K_З \cdot F_З + t_T^{сер.} \cdot \Sigma K_T \cdot l_T) / (\Sigma K_B \cdot F_B + \Sigma K_З \cdot F_З + \Sigma K_T \cdot l_T),\ ^0C,$$

де

$\Sigma K_B \cdot F_B$ – сума добутків коефіцієнтів теплопередачі на площу поверхні всіх огороджувальних конструкцій, які розділяють опалювальне і неопалювальне приміщення, Вт / град.;

$\Sigma K_З \cdot F_З$ – сума добутків коефіцієнтів теплопередачі на площу поверхні всіх огороджувальних конструкцій, які розділяють неопалювальне приміщення і зовнішнє повітря, Вт / град.;

$\Sigma K_T \cdot l_T$ – сума добутків лінійних коефіцієнтів теплопередачі у Вт / м ▪ град. на довжину трубопроводів $l_т$ в м для транспортування гарячого теплоносія (систем опалення, гарячого водопостачання, теплопостачання), які прокладено в неопалювальному приміщенні, Вт / град. Суму визначають за трубопроводами різного діаметру;

$t_T^{сер.}$ – розрахункова температура теплоносія, середня для подавального і зворотного трубопроводів, ^0C.

Значення лінійних коефіцієнтів теплопередачі для ізольованих і неізольованих трубопроводів різного діаметра наведено у додатку І.

6.4.3 Втрати теплоти на нагрівання повітря.

Втрати теплоти на нагрівання зовнішнього повітря, яке інфільтрується до приміщення, визначається за методикою, викладеною у розділі 5.3.

Приклад 6.3. *Визначити розрахункові втрати теплоти з інфільтрацією для приміщення площею підлоги 40 м² і висотою 3 м у гуртожитку педагогічного університету у м. Чернівці. Визначити величину таких втрат за умови, якщо середня температура зовнішнього повітря становитиме $t_{сер.}^{н} = -1\ ^0C$.*

Розв'язання.

1. Визначаємо нормовані розрахункові параметри зовнішнього повітря для умов м. Чернівці за таблицею додатка Г. Розрахункова температура зовнішнього повітря для розрахунку системи опалення $t_з = -20\ ^0C$, тривалість опалювального періоду $n_{оп.\ н} = 173$ доби.

Визначаємо розрахункові витрати теплоти з інфільтрацією. Для опалювальних приміщень, які мають вікна, втрати з інфільтрацією розрахуємо із міркувань нагрівання опалювальними приладами повітря в об'ємі однократного повітрообміну за годину відповідно до залежності $Q_{інф.} = 0{,}337 \cdot F_{підл.} \cdot H \cdot (t_T - t_З)$, де 0,337 – коефіцієнт, який отриманий як добуток теплоємності повітря та густини повітря; H – висота приміщення, м; $F_{підл.}$ – площа підлоги приміщення,м². Вимоги забезпечення однократного повітрообміну у житлових будинках і гуртожитках викладено у ДБН В.2.2-15-2005 «Житлові будинки. Основні положення».

У деяких випадках витрати витяжного повітря, що видаляється, для приміщень нормуються у вигляді питомих витрат повітря на 1 м^2 площі (наприклад 3 м^3 за годину на 1м^2 площі житлових будинків).

У громадських будівлях витрати повітря визначаються розрахунком повітрообміну у приміщеннях. Більш точне визначення кількості повітря, яке інфільтрується з урахуванням виду і характеру нещільностей в огородженнях, різниці тисків на внутрішній і зовнішній поверхнях зовнішніх стін, висоти будівлі та інших чинників, можна виконати за методикою, викладеною в підручнику «Опалення» В.Н. Богословського і А.Н. Сканаві (М.,1991р.).

За відомою величиною об'ємних витрат зовнішнього повітря, яке надходить у результаті інфільтрації через зовнішні огородження, розрахункові витрати теплоти на інфільтрацію $Q_{інф}$ визначаються відповідно до залежності:

$Q_{інф.} = 0{,}337 \cdot V\ (t_в - t_з)$, Вт, або кВт,

де V – об'ємні витрати витяжного повітря із приміщення, яке визначається за питомими витратами повітря або розрахунком повітрообміну м^3 за годину;

$t_в$ – температура внутрішнього повітря, ^{0}С;

$t_з$ – розрахункова температура зовнішнього повітря, ^{0}С.

Визначаємо розрахункову величину витрат теплоти на інфільтрацію, виходячи із вимог ДБН В.2.-15-2005 щодо однократного повітрообміну в житлових будинках:

$Q_{інф.} = 0{,}337 \cdot 40 \cdot 3{,}0 \cdot (18+20) = 1537$ Вт = 1,54 кВт = 1320 ккал / год.

3. Визначаємо втрати теплоти з інфільтрацією за температури зовнішнього повітря, яка дорівнює середній нормованій температурі опалювального періоду

$t_{сер.}^{н} = -1\ ^0$С:

$Q_{інф.} = 0{,}337 \cdot F_{підл.} \cdot H \cdot (t_в - t_{сер}^{н}) = 0{,}337 \cdot 40 \cdot 3{,}0 \cdot (18+1) = 768$ Вт = 0,768 кВт.

4.Визначимо річні витрати теплоти для компенсації інфільтрації зовнішнього повітря у приміщення:

$Q_{інф.}^{рік} = 24 \cdot Q_{інф.} \cdot n_{оп.\ н} = 24 \cdot 0{,}768 \cdot 173 = 3188$ кВт · год = 2,74 Гкал за опалювальний період. Така кількість теплоти може бути отриманою при спалюванні природного газу кількості близько 460 м^3.

Після визначення усіх складових надходжень і витрат теплоти у рівнянні теплового балансу будівлі (6.1) здійснюється розрахунок дефіциту чи надлишку теплоти.

Для визначення теплової потужності системи опалення (у разі наявності дефіциту теплоти) баланс годинних витрат теплоти складається для стаціонарних умов і розрахункової температури зовнішнього повітря – температури найбільш холодної п'ятиденки $t_з$.

При визначенні теплової потужності системи опалення необхідно враховувати можливість застосування у ході експлуатації будівель із змінним тепловим режимом такого енергозберігального заходу, як переривчасте опалення – із тимчасовим зменшенням або повним відключенням подачі теплоти до будинку.

Скорочення теплонадходжень від системи опалення спричиняє коливання температури повітря в приміщеннях. За умови переривчастого опалення мінімальна температура в приміщенні, яка встановлюється на кінець періоду відключення опалення, залежить від теплостійкості та теплозахисних характеристик

зовнішніх огороджень (ступеня їх утеплення). Економія теплової енергії збільшується за умови підвищення теплозахисту зовнішніх огороджень.

Загальна економія теплоти упродовж опалювального періоду при переривчастому опаленні будівель, за даними різних авторів, становить 19...23 % порівняно з тепловитратами на постійне опалення. Але під час застосування такого методу зменшення витрат енергії необхідно пам'ятати про таке:

1. Метод переривчастого опалення можна застосовувати лише у будівлях і приміщеннях з дозволеним перемінним тепловим режимом – навчальних закладах, адміністративних будівлях, театрах, кінотеатрах, магазинах, виробничих приміщеннях. У будівлях з постійним тепловим режимом – лікарнях, дошкільних закладах, житлових будинках, гуртожитках, санаторіях тощо використання такого методу обмежене величинами максимально можливої температури теплоносія або температури нагрівальних приладів.

2. Максимально можливе зниження температури в опалювальних приміщеннях під час застосування переривчастого опалення обмежене виникненням явища конденсації водяної пари повітря на внутрішніх поверхнях огороджувальних конструкцій та можливістю забезпечення нормованих параметрів внутрішнього повітря при відновленні функції опалення.

3. Економія теплоти, яку отримують при перемінному тепловому режимі, залежить від тривалості періоду натопу. Натопом називають форсований режим роботи системи опалення з підвищеною тепловою потужністю, який має відбутися після переривання подачі теплоти для досягнення необхідних умов життєдіяльності у приміщенні.

4. Підвищення потужності системи опалення у разі використання переривчастого опалення (коефіцієнт натопу) повинно становити 1,7...2,0 порівняно з постійним режимом опалення. Таким чином, теплова потужність системи опалення збільшується, а фактичні витрати теплоти на потреби опалення скорочуються.

5. Впровадження системи переривчастого опалення потребує влаштування автоматизованих теплових вузлів вводу з програмним управлінням і контролем мінімальної температури повітря у приміщеннях на випадок різкого зменшення температури зовнішнього повітря та переходу роботи системи в режим натопу. Такий режим реалізується, як правило, за рахунок збільшення температури нагрівальної води в системі опалення.

6.4.4 Визначення витрат теплоти на опалення за питомими показниками. Питома теплова характеристика будівлі.

Для теплотехнічної оцінки конструктивних рішень та орієнтовного визначення втрат теплоти будівлею користуються *питомим показником витрат теплоти*, віднесеним до розрахункової різниці температур та величини опалювального об'єму будівлі, визначеної за зовнішніми обмірами, або до опалювальної площі будівлі. Цей показник характеризує енергетичну ефективність будинку і витрати теплової енергії на забезпечення оптимального мікроклімату в приміщеннях за умов дії чинних на період нормування теплозахисних характеристик огороджень.

Цю величину називають також *питомою тепловою характеристикою будівлі*, її нормовану величину наводять у довідниковій літературі щодо характеристик будівлі, періоду її забудови та призначення.

Величину питомої теплової характеристики житлових будівель, віднесену до опалювального об'єму за зовнішніми обмірами або загальної площі будинку, можна визначити за залежністю (6.15) за відомими величинами розрахункових витрат теплоти будівлею на опалення (тепловою потужністю системи опалення)

$Q_{оп}$, обчисленою згідно з формулою (6.1) за відомим перепадом температур за розрахункових нормованих умов ($t_в$ – $t_з$), опалювальним об'ємом $V_з$ або загальною площею $F_з$ будівлі:

$$q_o = Q_{оп.} / [(t_в - t_з) \cdot V_з \cdot K_t], \text{ кДж / м}^3 \cdot \text{год} \cdot \text{град.; (ккал / м}^3 \cdot \text{год} \cdot \text{град.)}, \quad (6.15)$$

або (при віднесенні до опалювальної площі):

$$q_o{}^F = Q_{оп.} / [(t_в - t_з) F_з \cdot K_t], \text{ кДж / м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{град.; (ккал / м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{град.)}.$$

де

$Q_{оп.}$ – максимальна (розрахункова) потреба теплоти на опалення при розрахунковій температурі зовнішнього повітря $t_з$ і нормованій температурі внутрішнього повітря $t_в$, кДж / год,(ккал / год);

$V_з$ – опалювальний об'єм будівлі за зовнішніми обмірами. Для будівель з неопалювальним горищем будівельний об'єм надземної частини визначається множенням площі горизонтального розрізу будинку за зовнішніми вимірами будови на рівні першого поверху на повну висоту будинку.

Висоту будинку вимірюють за такими правилами:

- для підлоги на ґрунті – від рівня підлоги першого поверху;
- для підлоги на лагах – від рівня підготовки підлоги першого поверху;
- за наявності неопалювального підвалу – від нижньої площини перекриття першого поверху – до верхньої площини теплоізоляційного шару перекриття горища.

Для безгорищних покрівель – до середньої позначки верхньої поверхні покрівлі.

Будівельний об'єм підземної опалювальної частини будинку (підвалу) визначається множенням площі горизонтального розрізу будинку на рівні першого поверху на висоту, виміряну від рівня чистої підлоги першого поверху до рівня підлоги підвалу чи цокольного поверху. Виступаючі на поверхні стін архітектурні деталі та ніші, а також неопалювальні лоджії до розрахунку не включаються.

За наявності опалювальних підвалів до одержаного вказаним шляхом об'єму надземної частини будинку додають 40 % кубатури опалювального підвалу;

$F_з$ – загальна площа будівлі, м^2. Загальну площу квартир житлових будинків згідно з вимогами ДБН В.2.2-15 : 2005 «Житлові будинки» необхідно визначати, як суму всіх приміщень квартир, вбудованих шаф, опалювальних прибудов, надбудов, включаючи мансарди і мезоніни. До загальної площі не включаються

площі сходових клітин, ліфтових та інших шахт, горищ і техпідпілля, тамбурів сходових клітин, коридорів поза квартирами;

($t_в$ – $t_з$) – розрахунковий нормований перепад температур внутрішнього і зовнішнього повітря для основних приміщень будівлі.

Одержані таким чином питомі опалювальні характеристики будівель необхідно порівняти з нормованими і зробити висновки щодо відповідності в цілому теплозахисних характеристик будівель чинним, на період спорудження будинку, будівельним нормативам (для будинків, збудованих до 2000 року).

Вважають, що будівля відповідає вимогам нормативів, якщо виконується умова: $Q_{оп.} / [(t_в - t_з) V_з \cdot K_t] \le q_o$, або $Q_{оп.} / [(t_в - t_з) F_з \cdot K_t] \le q_o^F$.

У довідниках є питомі показники нормованих теплових характеристик, які виведені для житлових будинків відносно їх загальної площі q_o^F. За необхідності вказані величини можна визначити за даними «Норм та вказівок по нормуванню витрат палива та теплової енергії на опалення житлових та громадських споруд, а також господарсько-побутові потреби в Україні (КТМ 204 України 244-94)».

Зазначені вище залежності (6.15) можна використати для орієнтовного визначення розрахункової потреби теплоти на опалення $Q_{оп.}$ житлових та громадських будівель за відомими величинами опалювального об'єму $V_з$ або площі $F_з$, середньої температури внутрішнього повітря у приміщеннях будівлі $t_в$, розрахункової температури зовнішнього повітря $t_з$, яку приймають за даними таблиці додатка Г як температуру найбільш холодної п'ятиденки та нормованими величинами *питомих теплових характеристик будівлі* q_o або q_o^F. Для такого визначення величини потреби теплоти на опалення скористаємось залежністю (6.16):

$$Q_{оп.} = V_з \cdot q_o \cdot (t_в - t_з) \cdot K_t, \text{ ккал / год; кДж / год; кВт,} \quad (6.16);$$

$$Q_{оп.} = F_з \cdot q_o^F \cdot (t_в - t_з) \cdot K_t, \text{ ккал / год; кДж / год;кВт,}$$

де K_t – поправковий коефіцієнт, який необхідно застосовувати у зв'язку з тим, що в довідниковій літературі величини нормованих питомих теплових характеристик будівель q_o наведено за умови перепаду температур $\Delta t = (t_в - t_з) = 18 - (-30) = 48\ ^0C$. Тому за інших значень перепадів температури згідно з таблицею 6.3 необхідно визначати поправочний коефіцієнт K_t.

Необхідно пам'ятати, що використання питомої опалювальної характеристики q_o або q_o^F для визначення потреби в теплоті на опалення будівлі може призвести до суттєвих похибок у розрахунках. Пояснюється це тим, що залежності (6.16) не враховують цілої низки чинників, про які йшлося вище і які впливають на величину теплового навантаження на систему опалення. Таку методику використовують для визначення потреби у теплоті на опалення будинків мікрорайону, групи будівель або міста у цілому під час проектування систем центрального теплопостачання.

Для житлових будинків можна вважати, що втрати теплоти на інфільтрацію приблизно компенсуються побутовими та технологічними теплонадходженнями. За таких умов залежностями (6.16) можна користуватись для виконання орієнтовних розрахунків потреби будівлі в теплоті на опалення.

Таблиця 6.3

Величина поправочного коефіцієнта на розрахунковий перепад температур, K_t

Розрахункова температура $t_з$ зовнішнього повітря, °С	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35
Поправочний коефіцієнт K_t	2,05	1,67	1,45	1,29	1,17	1,08	1,0	0,95

Значення нормованих розрахункових величин теплових характеристик будівель для житлових будинків, споруджених у період з 1930 до 2000 р., наведено у таблиці 6.4 (Норми та вказівки щодо нормування витрат палива та теплової енергії на опалення житлових та громадських споруд, а також на господарсько-побутові потреби в Україні (КТМ 204 України 244-94).

Таблиця 6.4

Питомі опалювальні характеристики q_o житлових будівель в кДж / м³ ·год · град.; (ккал / м³ ·год ·град.)

Об'єм житлових будинків за зовнішнім обміром, м³	Період забудови будинків		
	1930 – 1970 рр.	1971 – 1980 рр.	після 1981 р.
до 200	3,1; (0,74)	3,22; (0,77)	3,31; (0,79)
від 201 до 300	2,6; (0,62)	3,05; (0,73)	3,14; (0,75)
від 301 до 400	2,51; (0,60)	2,68; (0,64)	2,97; (0,71)
від 401 до 500	2,43; (0,58)	2,51; (0,60)	2,81; (0,67)
від 501 до 1000	2,14; (0,51)	2,30; (0,55)	2,43; (0,58)
від 1001 до 2000	1,88; (0,45)	2,18; (0,52)	2,09; (0,50)
від 2001 до 5000	1,59; (0,38)	1,88; (0,45)	1,80; (0,43)
від 5001 до 10000	1,38; (0,33)	1,59; (0,38)	1,51; (0,36)
від 10001 до 15 000	1,21; (0,29)	1,51; (0,36)	1,42; (0,34)
від 15001 до 25000	1,17; (0,28)	1,42; (0,34)	1,38; (0,33)
більш як 25000	1,09; (0,26)	1,38; (0,33)	1,38; (0,33)

Аналіз даних таблиці свідчить, що зі збільшенням опалювального об'єму будівлі величина питомої опалювальної характеристики суттєво зменшується, що пояснюється прискореним зростанням об'єму будівлі, порівняно із збільшенням поверхонь огороджень у разі збільшення розмірів будинків.

Дійсну величину питомої теплової характеристики будівлі $q_o^д$ за результатами її експлуатації можна визначити за відомими величинами річних дійсних витрат теплоти на потреби опалення за опалювальний період або інший звітний період часу (згідно з показаннями будинкових лічильників теплоти) $Q_{рік}^д$; різницею температур – дійсної середньої температури внутрішнього повітря у будівлі $t_в^д$ і дійсної середньої упродовж опалювального періоду температури зовнішнього повітря $t_{сер}^д$, визначених у ході проведення енергетичного аудиту, опалювальним об'ємом $V_з$, або загальною площею будівлі $F_з$ і дійсною тривалістю опалювального періоду $n_{оп}$ за формулами:

$q_o^д = Q_{рік}^д / [(t_в^д - t_{сер}^д) \cdot V_з \cdot n_{оп.}]$, кДж / м³ ·год · град.; (ккал / м³ · год · град.);
$q_o^{дF} = Q_{рік}^д / [(t_в^д - t_{сер}^д) \cdot F_з \cdot n_{оп.}]$, кДж / м³ ·год · град.; (ккал / м³ · год · град.),

де

$Q_{рік}^д$ – дійсні річні або за опалювальний період витрати теплоти на потреби опалення будинку, які визначені за показаннями будинкового лічильника теплоти на системі опалення;

$t_в^д$ – дійсна середня упродовж опалювального періоду температура внутрішнього повітря у будівлі (за результатами енергетичного аудиту). Визначається методом прямих вимірювань або за результатами контролю температури внутрішнього повітря службами експлуатації і енергомоніторингу ВНЗ. Зазначена температура в реальних умовах може не співпадати із нормованими значеннями температури внутрішнього повітря у приміщенні $t_в$, які відповідають комфортним умовам перебування людей (згідно з вимогами ДБН В.2.-15-2005 і ДБН .2.2-9-99).

Особливо це характерно для ВНЗ, у яких з метою економії паливно-енергетичних ресурсів допускають погіршення параметрів мікроклімату приміщень.

$t_{сер}^д$ – дійсна усереднена температура зовнішнього повітря протягом дійсної тривалості опалювального періоду приймається згідно з даними Гідрометеобюро за результатами проведення енергетичного аудиту;

$n_{оп.}$ – дійсна тривалість опалювального періоду, год. Визначається за результатами енергетичного аудиту.

Якщо величини $t_в^д$, $t_{сер.}^д$ і $n_{оп.}$ у ході проведення енергетичного аудиту будуть визначені неправильно (наприклад, не буде оцінене тимчасове періодичне зниження температури внутрішнього повітря у ході переривчастої роботи системи опалення), то результати визначення дійсних величин питомих теплових характеристик будівлі $q_o^д$ будуть необ'єктивними.

Для визначення відповідності будівлі за результатами її експлуатації нормативам теплозахисту, чинним на час спорудження будинку, необхідно порівняти величини дійсних *питомих теплових характеристик будівель,* отриманих вище ($q_o^д$, $q_o^{дF}$) від нормативних величин, наведених у таблиці 6.4.

Вважають, що будівля відповідає вимогам нормативів, якщо виконується умова:

$$q_o^д / K_t \le q_o \text{ , або } q_o^{дF} / K_t \le q_o^F.$$

Для будівель забудови після 2006 р. величина питомої опалювальної характеристики житлових будівель вказується уже в іншому документі, який визначає сучасний рівень вимог до теплозахисних характеристик огороджень. Це Державні будівельні норми України ДБН В.2.6-31:2006 «Теплова ізоляція будівель».

Відповідно до вимог зазначених нормативів питомі тепловитрати на опалення $q_{буд.}^н$, приведені до нормативного перепаду середніх температур внутрішнього і зовнішнього повітря, мають відповідати умові (6.17):

$$q_{буд.}^н \le E_{мах.} \quad (6.17)$$

Залежність (6.17) означає, що розрахункові або фактичні за нормованих параметрів зовнішнього і внутрішнього повітря питомі тепловитрати $q_{буд.}^{н}$ (у кВт · год / м^2 або в кВт · год / м^3) на опалення будинку за опалювальний період, які визначаються на підставі енергетичного аудиту будинку або вивіреного розрахунку тепловитрат, повинні бути рівними або меншими за максимально допустиме значення питомих тепловитрат $E_{мах}$ на опалення будинку за опалювальний період, що встановлюється згідно з вимогами нормативів залежно від призначення будинку, кількості поверхів у ньому, температурної зони експлуатації.

Умова (6.17) дає можливість комплексної оцінки теплозахисних характеристик будівель та ефективності процесів регулювання відпуску теплоти на сучасному рівні вимог.

Величини нормативних максимальних тепловитрат для багатоповерхових житлових будинків $E_{мах}$ наведено у таблиці 6.5.

Таблиця 6.5

Нормативні максимальні тепловитрати $E_{мах}$ багатоповерхових житлових будинків (гуртожитків, готелів) станом на 2006 рік , кВт · год/ м^2; (кВт · год/ м^3)

Кількість поверхів у будинку	Значення $E_{мах}$ для температурної зони			
	1	2	3	4
Від 1 до 3, опалювальною площею більш як 1000 м^2	104	90	76	62
від 4 до 5	89; (32)	77; (28)	65; (24)	53; (19)
від 6 до 7	83; (30)	72; (26)	61; (22)	50; (18)
від 8 до 9	79; (29)	69; (25)	58; (21)	48; (17)
від 10 до 11	75; (27)	65; (23)	55; (20)	45; (16)

Дійсні значення питомих тепловитрат $q_{буд.}$ на опалення будинку за опалювальний період за умови фактичних середніх температур внутрішнього і зовнішнього повітря визначаються за формулами (6.18 та 6.19):

– на одиницю опалювальної площі будинку

$$q_{буд.}^{F} = Q_{рік}^{д} / F_{оп.}, \text{ кВт · год / м}^2; \quad (6.18)$$

– на одиницю опалювального об'єму будинку

$$q_{буд.} = Q_{рік}^{д} / V_{з}, \text{ кВт · год / м}^3, \quad (6.19)$$

де

$Q_{рік}^{д}$ – дійсні витрати теплової енергії на опалення будинку упродовж опалювального періоду року в кВт · год, визначаються на підставі результатів енергетичного аудиту за показаннями лічильників теплоти або розрахунково при дійсних, виявлених у ході енергетичного аудиту, середніх температурах внутрішнього і зовнішнього повітря;

$F_{оп.}$ – опалювальна площа будинку, визначається як площа опалювальних поверхів будинку, що вимірюється у межах внутрішніх поверхонь зовнішніх стін.

В опалювальні площу не включають площі неопалювальних технічних поверхів, підвалу, холодних веранд, неопалювальних сходових клітин;

$V_з$ – опалювальний об'єм будівлі за зовнішніми обмірами, м^3.

Звертаємо увагу на суттєву відмінність питомого показника витрат теплоти $q_о$, який визначався для житлових будинків забудови 1930-1990 рр., та величини питомих тепловитрат $q_{буд.}$, який наводиться в ДБН В.2.6-31:2006 для будинків забудови після 2006 р.

Показник питомої теплової характеристики будівлі ($q_о$) визначався для максимальної (розрахункової) потреби теплоти на опалення $Q_{оп.\ в}$ кДж / год; (ккал / год); стосувався одиниці часу (однієї години або секунди), одного градуса розрахункового перепаду температури та вимірювався в кДж / м^3 ·год · град.; (ккал / м^3 ·год · град.).

Величину ж питомих тепловитрат на опалення ($q_{буд.}$) наведено до перепаду температур між середньою температурою внутрішнього повітря і середньою температурою зовнішнього повітря упродовж опалювального періоду. Величина $q_{буд.}$ характеризує кількість теплоти, яка витрачається на потреби опалення упродовж усього опалювального періоду. Одиницею вимірювання такої величини є кВт · год / м^2, або кВт · год / м^3 .

Перерахунок величини $q_{буд.}$ до $q_о$ для порівняння вимог теплозахисних характеристик будівель до і після 2006 р. можна здійснити за залежностями (6.20) і (6.21):

– для нормованих параметрів зовнішнього повітря (нормованій середній температурі за опалювальний період $t_{сер.}^н$ та нормованій тривалості такого періоду $n_{оп.н}$):

$$q_о = 860 \cdot q_{буд.}^н / [n_{оп.н} \cdot (t_в - t_{сер.})], \text{ ккал / год;} \quad (6.20)$$

– для дійсних параметрів зовнішнього повітря (при дійсній, зафіксованій метеорологічними станціями спостережень середній температурі $t_{сер.}$ за опалювальний період та дійсній тривалості $n_{оп.}$ такого періоду):

$$q_о = 860 \cdot q_{буд.} / [n_{оп.} \cdot (t_в^д - t_{сер.}^д)], \text{ ккал / год;} \quad (6.21)$$

де

$n_{оп.н}$ і $n_{оп.}$ – нормована і дійсна тривалість опалювального періоду, відповідно, год;

$t_в$, $t_в^д$ – середня нормована і дійсна, відповідно,температура внутрішнього повітря у будівлі упродовж опалювального періоду, ^{0}С;

$t_{сер.}$ і $t_{сер.}^д$ – середня нормована і середня фактична за опалювальний період температура зовнішнього повітря, відповідно, ^{0}С .

Перерахунок фактичних питомих тепловитрат (за умов дійсної тривалості опалювального періоду $n_{оп.}$, дійсних температур внутрішнього і зовнішнього повітря $t_в^д$, $t_{сер.}^д$) в нормовані (за умов нормованої тривалості опалювального періоду $n_{оп.н}$, нормованих параметрів внутрішнього і зовнішнього повітря $t_в$, $t_{сер.}$) виконують відповідно до залежності (6.22).

$q_{буд.}^{н} = q_{буд.} \cdot [(t_в - t_{сер.}) / (t_в^д - t_{сер.}^д)] \cdot (n_{оп.н} / n_{оп.})$, кВт · год/ м³; (6.22).

Перерахунок величини $q_{буд.}$ до $q_о$ для порівняння вимог теплозахисних характеристик будівель до і після 2006 р. можна здійснити за наступними залежностями:

– для нормованих параметрів зовнішнього повітря (нормованій середній температурі за опалювальний період $t_{сер.}^н$ та нормованій тривалості такого періоду $n_{оп.н}$):

$$q_о = 860 \cdot q_{буд.} / [n_{оп.н} \cdot (t_в - t_{сер.}^н)], \text{ ккал / м}^3 \cdot \text{год};$$

– для дійсних параметрів зовнішнього повітря (при дійсній, зафіксованій метеорологічними станціями спостережень середній температурі $t_{сер.}$ за опалювальний період та дійсній тривалості $n_{оп.}$ такого періоду):

$$q_о = 860 \cdot q_{буд.} / [n_{оп.} \cdot (t_в - t_{сер.})], \text{ ккал / м}^3 \cdot \text{год},$$

де

$n_{оп.н}$ і $n_{оп.}$ – нормована і дійсна тривалість опалювального періоду, відповідно, год.;

$t_в$ – середня температура внутрішнього повітря у будівлі, ^{0}C;

$t_{сер.}^н$ і $t_{сер.}$ – середня нормована і середня фактична за опалювальний період температура зовнішнього повітря, відповідно, ^{0}C.

***Приклад 6.4**. Визначити величину питомого показника витрат теплоти $q_о$, який необхідно забезпечити після реконструкції і термомодернізації семиповерхової будівлі гуртожитку опалювальним об'ємом 15 тис. м³ забудови 1980 р. Місце будівництва – м. Хмельницький з розрахунковою температурою зовнішнього повітря $t_з$ = –21 ^{0}C (1-ша температурна зона). Середня нормована температура опалювального періоду $t_{сер.}^н$ = -0,5 ^{0}C, нормована тривалість опалювального періоду 181 доба або $n_{оп.н}$ = 4344 год (див. табл. додатку Г).*

Фактичні річні витрати теплоти на потреби опалення за результатами енергетичного аудиту у 2009 р. (згідно з показниками лічильника теплоти) становлять $Q_{рік}$ = 426,88 Гкал.

Дійсна середня температура зовнішнього повітря протягом опалювального періоду 2009 р. становила $t_{сер.}$ = +1 ^{0}C, дійсна тривалість опалювального періоду $n_{оп.}$ = 4100 год. Порівняти нормовані показники. Зробити висновки.

Розв'язання.

1. У зв'язку з відмінностями характеристик нормованого опалювального періоду та дійсного за 2009 р. виконаємо перерахунок дійсних витрат теплоти на опалення до нормованих розрахункових показників $Q_{рік}^р$ (при температурі зовнішнього повітря $t_з$ = -21 ^{0}C). Такий перерахунок можна виконати за залежністю (6.22):

$Q_{рік}^р = Q_{рік} \cdot [(t_в - t_з) / (t_в - t_{сер})] \cdot (n_{оп.н.} / n_{оп.})$, Гкал; (6.22)

$Q_{рік}^р$ = 426,88 · [(20 – (- 21)) / [20 – (+1)] · (4344 / 4100) = 350,92 · 2,157 · 1,059 = 975,12 Гкал.

2. Визначимо величину питомого показника витрат теплоти q_o у ккал/м^3 · год · град., віднесеного до розрахункової різниці температур та величини опалювального об'єму будівлі, за залежністю (6.23):

$$q_o = Q_{рік}^{р} \cdot 10^6 / [\, V_з \cdot n_{оп.н} \cdot (t_в - t_з)],\ ккал/м^3 \cdot год \cdot град., \qquad (6.23)$$

$$q_o = 975{,}12 \cdot 10^6 / [15000 \cdot 4344 \cdot (20 - (\,-21)] = 0{,}365\ ккал/м^3 \cdot год \cdot град.$$

3. Після внесення поправочного коефіцієнта K_t виконаємо порівняння отриманої величини з нормованою за табл. 6.4. Величина поправочного коефіцієнта на температуру зовнішнього повітря при $t_з = -21^0C$ становить $K_t = 1{,}15$.

$$q_o^д / K_t = 0{,}365 / 1{,}15 = 0{,}317\ ккал/м^3 \cdot год \cdot град.$$

За даними таблиці 6.4 величина питомого показника витрат теплоти повинна становити для будівлі об'ємом 15000 м^3. забудови 1980 р. не більш як 0,36, а дійсний показник становив 0,317 ккал/м^3 · год · град;

0,317 ккал/м^3 · год · град < 0,36 ккал/м^3 · год · град.

Отже, за результатами порівняння можна стверджувати, що фактичні витрати теплоти будівлею у 2009 р. відповідали нормованим.

Аналогічний результат можна отримати шляхом здійснення розрахунків згідно із залежністю:

$$q_o^д = Q_{рік}^д / [(\, t_в^д - t_{сер}^д) \cdot V_з \cdot n_{оп.}] = 426\ 880 / [(\,20 - 1) \cdot 15\ 000 \cdot \cdot 4100] = 0{,}365\ ккал/м^3 \cdot год \cdot град.$$

4. Визначимо фактичну величину питомих тепловитрат $q_{буд.}$ на опалення будинку гуртожитку за опалювальний період на одиницю опалювального об'єму будинку і перевіримо відповідність теплозахисних характеристик будівлі вимогам чинної нормативної будівельної документації. Для цього попередньо здійснимо переведення величини річних витрат теплоти $Q_{рік}$ з Гкал у кВт·год для можливості підстановки її до залежності (6.19):

$$Q_{рік} = 426{,}88 \cdot 10^6 / 860 = 496372\ кВт{\cdot}год\ за\ рік;$$

$$q_{буд.} = Q_{рік} / V_{оп.} = 496\ 372 / 15\ 000 = 33{,}1\ кВт{\cdot}год/\ м^3.$$

Для порівняння величини питомих тепловитрат на опалення будинку за опалювальний період з нормативною величиною із таблиці 6.5 виконаємо перерахунок фактичних питомих тепловитрат до нормованих середніх величин температур зовнішнього і внутрішнього повітря згідно з залежністю (6.23).

$$q_{буд.}^н = q_{буд.} \cdot [(t_в - t_{сер}) / (t_в^д - t_{сер.}^д)] \cdot (n_{оп.н} / n_{оп.}),\ кВт{\cdot}год/м^3;$$

$$q_{буд}^н = 33{,}1 \cdot [(20 + 0{,}5) / (20 - 1)] \cdot (4344 / 4100) = 33{,}1 \cdot 1{,}14 = 37{,}7\ кВт{\cdot}год/м^3.$$

Нормована станом на 2006 р. величина питомих тепловитрат на опалення будинку за опалювальний період становить для семиповерхової будівлі не більш як $E_{мах} = 30$ кВт·год/м^3. Отже $q_{буд.}^н > E_{мах.}$ Теплозахисні характеристики будівлі не відповідають вимогам нормативів 2006 року.

Перевищення нормативів становить 37,7 – 30,0 = 7,7 кВт·год на кожний 1м^3 опалювального об'єму.

Досягнення нормативів витрат теплоти на опалення у ході реконструкції будівлі можливо за рахунок її термомодернізації – комплексу будівельно-монтажних

робіт, спрямованих на підвищення теплотехнічних показників огороджувальних конструкцій та забезпечення їхньої відповідності чинним будівельним нормам.

Після впровадження заходів із економії теплоти величина питомого показника витрат теплоти q_O для будівлі гуртожитку повинна становити не більше величини, яка визначається згідно із залежністю (6.20):

$q_o = 860 \cdot q_{буд.}^{н} / [n_{оп.н} \cdot (t_в - t_{сер.})]$, ккал/год = 860 · 30 / [4344 · (20 + 0,5)] = 0,289 ккал/м^3·год·град, що становить 0,289 / 0,365 = 0,79 (79 %) дійсної величини питомого показника витрат теплоти.

5. Визначимо величину річних витрат теплоти після досягнення нормованого показника витрат теплоти за залежностями 6.16) і (6.26):

$Q_{оп.} = V_з \cdot q_o \cdot (t_в - t_{сер.}^{д}) \cdot K_t \cdot n_{оп}$ = 15 000 · 0,289 · (20 – 1) · 1,15 · 4100 = 337 696 500 ккал = 337,696 Гкал = 392,67 МВт·год.

6. Економія теплоти у результаті впровадження енергозберігальних заходів становить 426,88 – 392,67 = 34,21 Гкал або 8% наявного рівня споживання теплоти.

6.5 Визначення річних витрат теплоти на опалення за результатами розрахунків годинної потреби теплоти на опалення

Виконуючи роботи з енергетичного аудиту систем опалення та розробляючи заходи з енергозбереження, необхідно дослідити режим роботи та регулювання системи опалення упродовж опалювального періоду року. В умовах мінливості зовнішніх кліматичних чинників будуть змінюватись і величини складових теплового балансу (6.1).

Характер змін параметрів зовнішнього повітря формується зазвичай під впливом інтенсивності сонячної радіації. Значення дійсних температур зовнішнього повітря за проміжок часу, що аналізується, необхідно приймати за даними гідрометеорологічних станцій. Нормовану тривалість утримання температур зовнішнього повітря Z_i наведено в довідниковій літературі.

Так, для м. Львова протягом опалювального періоду нормативна повторюваність температури зовнішнього повітря -22,5 ^{0}C становить лише 2 години, а температури -17,5 ^{0}C – 20 годин; температура у -7,5 ^{0}C утримується 458 год, а найбільшою є повторюваність температури у +2 ^{0}C – вона становить 1678год, температура у +6,5 ^{0}C спостерігалась протягом 1133год.

Витрати теплоти на опалення в будь-який час опалювального періоду за будь-якої температури зовнішнього повітря $t_з'$ визначається величиною $Q'_{оп.}$ із рівняння теплового балансу (6.1). Потреба в опаленні з'являється тоді, коли тепловий баланс приміщення стає від'ємним:

$Q'_{оп.} < 0$. (6,24)

Максимальні (розрахункові) витрати теплоти $Q_{оп.}$ визначають із (6.1) за умови розрахункової температури зовнішнього повітря $t_з$ і нормованої температури внутрішнього повітря $t_в$.

Для будь-якої іншої зовнішньої температури опалювального періоду року $t'_з$ та іншого значення внутрішньої температури $t_в^д$ витрати теплоти на опалення можна визначити за залежністю (6.25):

$$Q'_{оп.} = Q_{оп.} \cdot [(t_в^д - t'_з) / (t_в - t_з)], \quad (6.25)$$

де

$Q'_{оп.}$ – витрати теплоти на опалення за будь-якого значення температури зовнішнього повітря, відмінної від розрахункової температури $t_з$;

$t'_з$ – поточне значення температури зовнішнього повітря в діапазоні від +8 ^{0}C до $t_з$.

$t_в^д$ – дійсна температура внутрішнього повітря, ^{0}C.

Залежність (6.25) використовують для побудови графіка витрат теплоти на опалення будинку або групи будинків залежно від температури зовнішнього повітря. Із зменшенням температури зовнішнього повітря витрати теплоти на опалення будуть збільшуватись. Приклад побудови графіка витрат теплоти наведено на рис. 6.2.

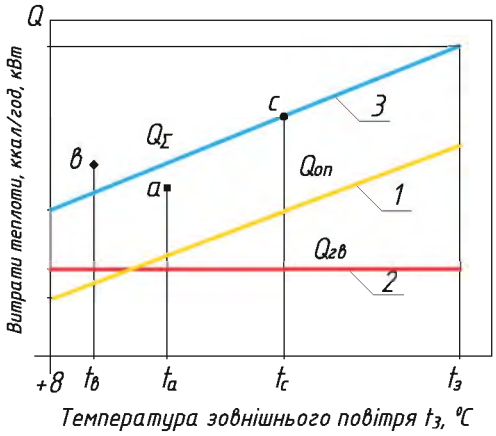


Рисунок 6.2 – Графіки витрат теплоти:
1 – на опалення; 2 – на гаряче водопостачання; 3 – сумарний

Витрати теплоти на гаряче водопостачання не залежать від температури зовнішнього повітря. Сумарний графік отримують у результаті складання витрат при сталій температурі зовнішнього повітря.

На графіку подано можливі результати поточних спостережень: a – дійсна кількість теплоти, що відпускається, менша за необхідну нормовану (дефіцит теплоти); b – дійсна кількість теплоти, яка відпускається споживачам, більша за необхідну нормовану (перевитрати теплоти); c – відпуск теплоти споживачам відповідає нормативам в умовах існуючих теплозахисних характеристик огороджень.

Графіки витрат теплоти дають змогу контролювати відпуск теплоти до споживачів залежно від температури зовнішнього повітря. Вони лежать в основі системи енергоменеджменту будівлі[41].

[41] Основні правила здіснення енергоменеджменту у будівлях освітніх закладів регламентуються Наказом МОН України («Типове положення про запровадження енергетичного менеджменту в навчальних закладах та установах Міністерства освіти і науки України»).

Періодичний контроль дійсних витрат теплоти згідно з показаннями теплових лічильників уможливлює контроль відповідності таких витрат розрахунковому графіку витрат теплоти. У разі відхилення поточних даних від графіка необхідно прийняти відповідні заходи і скоригувати відпуск теплоти. Зняття показів лічильників теплоти необхідно здійснювати за умов, максимально наближених до стаціонарних, або усереднювати результати вимірювань протягом 5...6 днів.

Для визначення кількості спожитої теплоти за певний період часу (у тому числі протягом року) планування витрат палива для котельні, прогнозування витрат коштів на оплату енергоносіїв, визначення економічної ефективності заходів з енергозбереження тощо використовують графік витрат теплоти і дані щодо повторюваності температур зовнішнього повітря. $Z_{i.}$

Дані про тривалість утримання температур зовнішнього повітря Z_i приймаються відповідно до довідникових даних[42]. Річні витрати теплоти на опалення можуть визначають як суму добутків поточних величин годинних витрат теплоти за графіком витрат $Q'_{оп.}$ на повторюваність поточних температур зовнішнього повітря Z_i в діапазоні від +8 ^{0}C (початок і завершення опалювального періоду) до розрахункової температури зовнішнього повітря для систем опалення $t_з$.

Визначення річних витрат теплоти на потреби опалення можливе також за залежністю (6.26) за відомими величинами середньогодинних за опалювальний період витрат теплоти на опалення $Q_{оп.}^{сер.}$ та дійсної тривалості опалювального періоду $n_{оп.}$:

$$Q_{рік} = Q_{оп.}^{сер.} \cdot n_{оп.}, \text{ ккал; кДж; кВт·год}, \qquad (6.26)$$

де

$Q_{оп.}^{сер.}$ – середні за опалювальний період витрати теплоти на опалення ккал/год; кДж/год; кВт;

$n_{оп.}$ – тривалість опалювального періоду, год.

Середньогодинні витрати теплоти за опалювальний період на опалення визначаються за формулою (6.27):

$$Q_{оп.}^{сер.} = Q_{оп.} \cdot [(t_в - t_{сер.}^{д}) / (t_в - t_з)], \text{ ккал / год; кДж / год; кВт}, \qquad (6.27)$$

де

$Q_{оп.}$ – розрахункові годинні витрати теплоти на опалення, ккал/год; кДж/год; кВт;

$t_{сер.}$, $t_з$ – дійсна середня за опалювальний період температура зовнішнього повітря, ^{0}C, і розрахункова для систем опалення температура зовнішнього повітря, ^{0}C, відповідно.

Зазначені вище методики використовують для визначення витрат теплоти, спожитої у житлових і громадських будинках за умови відсутності у споживачів лічильників теплоти.

[42] Манюк В.И. Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей: Справочник. – М.: Стройиздат, 1988.

Річні витрати теплоти на гаряче водопостачання $Q_{рік}^{гв}$ визначають за залежністю (6.28) відповідно до відомих величин середньогодинних витрат теплоти на гаряче водопостачання в опалювальний період $Q_{гв}^{сер.}$ і в літній період $Q_{гв}^{сер.л.}$, а також тривалості роботи системи гарячого водопостачання – 8760 год:

$$Q_{рік}^{гв} = Q_{гв}^{сер.} \cdot n_{оп.} + Q_{гв}^{сер.\,л.} \cdot (8760 - n_{оп.}),\ \text{ккал; кДж; кВт} \cdot \text{год}, \qquad (6.28)$$

де

$Q_{гв}^{сер.}$ і $Q_{гв}^{сер.л.}$ – середньогодинні витрати теплоти на гаряче водопостачання, відповідно, в опалювальний період і літній період року, ккал/год; кДж/год; кВт;

$n_{оп.}$ – дійсна тривалість опалювального періоду, год.

За відсутності даних середньогодинні витрати теплоти на приготування гарячої води у неопалювальний період року можна приймати з коефіцієнтом 0,8 від витрат в опалювальний період, $Q_{гв}^{сер.л.} = 0{,}8 \cdot Q_{гв}^{сер.}$. Для курортних та південних міст літні витрати приймаються з коефіцієнтом 1,5: $Q_{гв}^{сер.л.} = 1{,}5\ Q_{гв}^{сер.}$.

Якщо тривалість подачі гарячої води менша за $n_{оп.}$, а загальна тривалість роботи системи гарячого водопостачання відрізняється від 8670 годин, то у формулу (6.28) необхідно підставити дійсні значення тривалості роботи системи гарячого водопостачання в опалювальний і теплий періоди року.

6.6 Визначення витрат теплоти на гаряче водопостачання житлових будівель і гуртожитків

Вода, як і паливо, є цінним ресурсом, який споживає людина для забезпечення необхідних умов життєдіяльності.

Витрати теплоти і палива на підігрівання води залежать від витрат води, ефективності такого процесу (наявності непродуктивних втрат теплоти) та перепаду температур, на який здійснюється підігрівання.

Надзвичайно висока енергоємність процесів нагрівання води спричиняє значні витрати теплоти.

За даними Міністерства житлово-комунального господарства України на потреби опалення і гарячого водопостачання споживається до 25 млрд м^3 природного газу.

Для нагрівання лише 2 т/год гарячої води, необхідної для 24-квартирного будинку, витрачається близько 120 кВт·год енергії, що еквівалентно використанню 15м^3 природного газу (22000 м^3 природного газу за рік).

Для подачі гарячої води в один змішувач мийки необхідно витратити 3,5 м^3 природного газу.

Розглянемо питання про витрати води в системах холодного та гарячого водопостачання житлових будинків і гуртожитків.

Основним нормативним документом, який регламентує витрати води і правила проектування таких систем, є СНиП 2.04.01-85 «Внутренний водопровод и канализация зданий».

Якість холодної і гарячої води, яка подається на господарчо-питні потреби, повинна відповідати вимогам ГОСТ 2874-82*.

Температура гарячої води у місцях її розбору має становити:

- не нижче 60 ^{0}С для систем централізованого гарячого водопостачання, які приєднуються до відкритих систем теплопостачання;
- не нижче 50 ^{0}С для систем централізованого гарячого водопостачання, які приєднуються до відкритих систем теплопостачання (приготування гарячої води у теплообмінниках).

Норму витрат води на одного споживача в житлових будинках і гуртожитках згідно з вимогами СНиП 2.04.01-85 наведено у табл.6.6.

Дані таблиць використовують для визначення витрат води на будівлю за умов відсутності лічильників води. Крім того, середньодобовою нормою витрат гарячої води із табл. 6.6 користуються для визначення середньогодинних витрат теплоти на гаряче водопостачання.

Дані табл. 6.6 можна використовувати під час аналізу та з'ясування причин перевитрат чи дефіциту холодної і гарячої води за відомою кількістю мешканців, наприклад у гуртожитку.

Таблиця 6.6

Норми витрат води, *а*

Споживач води	Од. виміру	Норма витрат води					
		Середньодобова, л/добу		За годину максимального споживання, л/год		Витрати води одним приладом, л/с	
		Усього, у тому числі, гарячої	Гарячої	Усього, у тому числі, гарячої	Гарячої	Усього, холодної і гарячої	Гарячої або холодної
Житлові будинки квартирного типу з водогоном і каналізацією, без ванн	1 люд.	95; (120)	-	6,5		0,2	0,2
– з газовими підігрівачами	те саме	210; (250)	-	13,0		0,3	0,3
– з централізованим гарячим водопостачанням, ванною завдовжки 1500...1700 мм і душем	те саме	250; (300)	105; (120)	15,6	10	0,3	0,2
Гуртожитки з загальними душовими	те саме	85; (100)	50; (60)	10,4	6,3	0,2	0,14
– з душами в усіх житлових кімнатах	те саме	110; (120)	60; (70)	12,5	8,2	0,12...0,2	0,14
– із загальними кухнями і блоками душових	те саме	140; (160)	80; (90)	12,0	7,5	0,2	0,14

Цифру у дужках наведено для споживання води за добу максимально можливого споживання.

Середньогодинні витрати теплоти на приготування гарячої води в опалювальний період визначають за залежністю (6.29):

$$Q_{гв}^{сер.} = [(a_1 \cdot m_1 + a_2 \cdot m_2 + ...a_n \cdot m_n) \cdot 1,2 \cdot C_в \cdot 10^{-6} \cdot (55 - t_{хз})] / T_{гв}, \text{ ккал/год; кДж/год}, \quad (6.29)$$

де

a_1, a_2, a_n – норми витрат води на гаряче водопостачання за температури 55°C залежно від виду споживачів (див. табл. 6.6);

m_1, m_2, m_n – кількість споживачів певної категорії (див. табл. 6.6);

$C_в$ – теплоємність води, $C_в$ = 1,0 ккал/л·град. або $C_в$ = 4,2 кДж/л·град.;

1,2 – коефіцієнт, який враховує тепловіддачу у приміщення від трубопроводів систем гарячого водопостачання (опалення ванних кімнат, сушіння білизни). За умови теплової ізоляції таких трубопроводів величина коефіцієнта може бути зменшеною;

$t_{хз}$ – температура холодної водопровідної води взимку. За відсутності даних приймається +5 ^{0}C (у неопалювальний період температура води приймається рівною +10 ^{0}C);

$T_{гв}$ – період споживання гарячої води, визначається залежно від прийнятого режиму подачі гарячої води. Приймається рівним кількості годин роботи системи, год.

Споживання теплоти на приготування гарячої води має нерівномірний характер. В години максимального розбору води (ранковий та вечірній час, передсвяткові дні) витрати теплоти суттєво збільшуються.

Максимальні годинні витрати теплоти на гаряче водопостачання визначають за залежністю (6.30):

$$Q_{гв}^{max} = (2,0....2,4)\ Q_{гв}^{сер.}, \text{ ккал/год; кДж/год.} \quad (6.30)$$

Для визначення годинних витрат холодної або гарячої води і величини стоків з урахуванням вірогідності одночасної роботи водорозбірних приладів користуються величинами секундних витрат води, які також обмежуються вимогами СНиП 2.04.01-85. Їх наведено в таблиці 6.7.

Таблиця 6.7

Витрати води та стоків санітарними приладами

Водорозбірні прилади	Секундні витрати води, л/с			Тиск води перед приладом, ат (надл.)	Витрати стоків, л/с
	загальні	холодної	гарячої		
Умивальник з водорозбірним краном	0,1	0,1	-	0,2	0,15
Те саме із змішувачем	0,12	0,09	0,09	0,2	0,15
Ванна із змішувачем	0,22	0,22	-	0,3	1,1

Водорозбірні прилади	Секундні витрати води, л/с			Тиск води перед прила-дом, ат (надл.)	Витрати стоків, л/с
	загальні	холодної	гарячої		
Мийка	0,12	0,09	0,09	0,2	0,15
Змішувач душа	0,12	0,09	0,09	0,2	0,3
Змішувач душа в групових установках	0,2	0,14	014	0,3	0,2
Унітаз із змивним бачком	0,1	0,1	-	0,2	1,6
Унітаз із змивним краном	1,4	1,4	-	0,4	1,4
Пісуар	0,035	0,035	-	0,2	0,11
Кран для поливу	0,3	0,3	-	0,2	0,3

Важливо знати, що дійсні величини витрат води, які матимуть місце під час експлуатації будівлі, суттєво залежать від тиску води перед водорозбірним приладом. Нормовані величини витрат води в СНиП 2.04.01-85 наведено за умови дотримання певної величини тиску води перед приладом у системі водопостачання. Цей тиск вказано в табл. 6.7 і не перевищує 0,2...0,3 надлишкових атмосфери (ат).

За умови перевищення зазначених величин тиску витрати води приладами збільшуватимуться і матимуть місце перевитрати води.

Викладене вище дає можливість впроваджувати такий захід зі скорочення витрат води і кількості стоків як обмеження тиску води перед водорозбірними приладами за рахунок встановлення регуляторів тиску або дроселювальних діафрагм на трубопроводах.

Зменшення витрат води, порівняно із зазначеними у таблиці, може бути досягнуте за рахунок встановлення на водорозбірних кранах і змішувачах таких пристроїв, як аератори. Але необхідний вільний тиск води у системі водопостачання при цьому потрібно збільшити у 2...2,5 раза і довести до величини не менш як 0,5 ат. Це можливе за рахунок збільшення напору насоса. Таким чином, зменшення витрат води спричинить збільшення витрат електроенергії.

Остаточний економічний ефект такого водозберігального заходу, як встановлення аераторів на змішувачах, має бути визначений з урахуванням чинника збільшення вартості електроенергії.

6.7 Принципові схеми систем опалення будівель. Способи регулювання подачі теплоти

Загальні відомості про системи опалення житлового будинку, гуртожитку або навчального закладу подано у розділі 3.3 даного навчального посібника. Для можливості оцінки ефективності роботи таких систем у ході проведення обстеження будівлі ознайомимось з основними елементами систем водяного опалення, які дозволено в зазначених вище будівлях.

На рис. 6.3. показано принципову схему вертикальної однотрубної системи водяного опалення з верхнім розведенням і стояками різної конструкції. Систему опалення підключено до теплових мереж за незалежною схемою, тобто через теплообмінник. Така схема підключення ізолює систему опалення від теплової мережі. При цьому унеможливлюється вплив високого тиску у тепловій мережі на систему опалення. Під час використання такої схеми підключення виникає можливість застосування якісного місцевого регулювання відпуску теплоти до системи опалення будинку. Це може дати певну економію теплоти за рахунок підвищення загальної ефективності процесу регулювання, додатково до центрального регулювання в котельні.

Підключення за незалежною схемою використовують для систем опалення унікальних будівель, розгерметизація системи опалення в яких може призвести до значних збитків, а також у випадках, якщо тиск у зворотній магістралі теплових мереж перевищує допустимі значення для опалювальних приладів системи опалення. Незалежне приєднання може бути застосоване також в умовах трасування теплових мереж у місцевості із складним рельєфом або у ситуації, коли необхідно встановлювати підкачувальні насоси на подавальній чи зворотній магістралях теплових мереж. Незалежна схема приєднання підвищує надійність системи теплопостачання в цілому за рахунок зменшення впливу абонентських систем на теплові мережі та навпаки.

Однотрубні системи опалення дають можливість зменшити довжину і масу труб, уніфікувати окремі вузли і деталі, механізувати процес заготівлі деталей. На рис. 6.3 показано можливі схеми приєднання опалювальних приладів до такої системи. Проточна система (I) унеможливлює індивідуальне регулювання тепловіддачі нагрівальних пристроїв. Влаштування замикаючих ділянок (II) уможливлює встановити регулювальні крани і здійснювати зміну тепловіддачі приладів. Зміщення таких ділянок (II, IV) дає змогу дещо збільшити витрати води через прилад. Але одночасно, в зв'язку з перетіканням частини води по замикаючих ділянках, виникає необхідність у збільшенні теплової потужності нагрівальних пристроїв, їх поверхні і вартості.

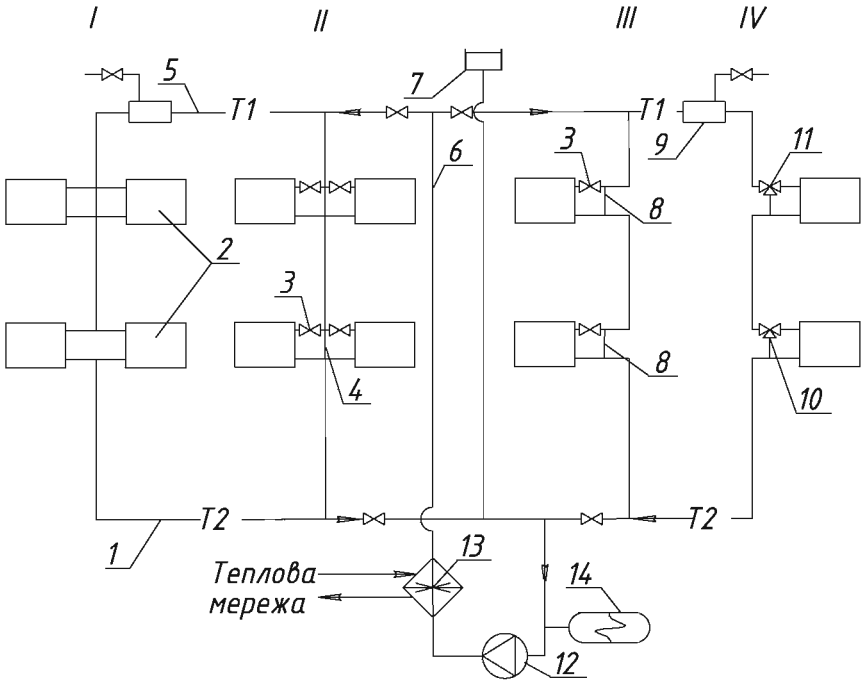


Рисунок 6.3 – Схема вертикальної однотрубної системи водяного опалення з верхнім розведенням і стояками різної конструкції
(незалежна схема приєднання)

I – проточний стояк; II і III – стояки з осьовими і зміщеними замикаючими ділянками, відповідно; IV – проточно регульовані стояки: 1 – зворотна магістраль; 2 – опалювальні прилади; 3 – регулювальна арматура; 4 – осьова замикаюча ділянка; 5 – подавальна магістраль; 6 – головний стояк; 7 – відкритий розширювальний бак; 8 – зміщена замикаюча ділянка; 9 – проточний повітрозбірник; 10 – обвідна ділянка; 11 – триходовий кран; 12 – циркуляційний насос; 13 – теплообмінник; 14 – закритий розширювальний бак.

Незалежно від способу приєднання опалювальних приладів вертикальні однотрубні системи опалення унеможливлюють індивідуальний приладовий поквартирний облік спожитої теплової енергії та впровадження індивідуальних розрахунків за фактично спожиту теплоту. Відсутність такого обліку суттєво зменшує мотивацію економії теплоти споживачем.

Для однотрубних систем також ускладнюється оснащення опалювальних пристроїв систем опалення терморегуляторами. При спрацюванні ж терморегуляторів на частині опалювальних приладів стояка підвищується температура зворотного потоку, що зменшує ККД джерела теплоти і спричиняє перевитрати паливно-енергетичних ресурсів.

Горизонтальні однотрубна і двотрубна система (див. рис. 6.4) останнім часом отримали широке застосування в сучасному житловому будівництві. Влаштування

таких схем дає можливість встановлювати індивідуальні поквартирні вузли обліку теплової енергії, спожитої кожною квартирою.

Розповсюдження горизонтальних систем пов'язано також з використанням збірних каркасно-панельних конструкцій будівель із значним кроком колон, будівель із великими світловими прорізами. Розміщення вертикальних стояків у таких будівлях є проблематичним.

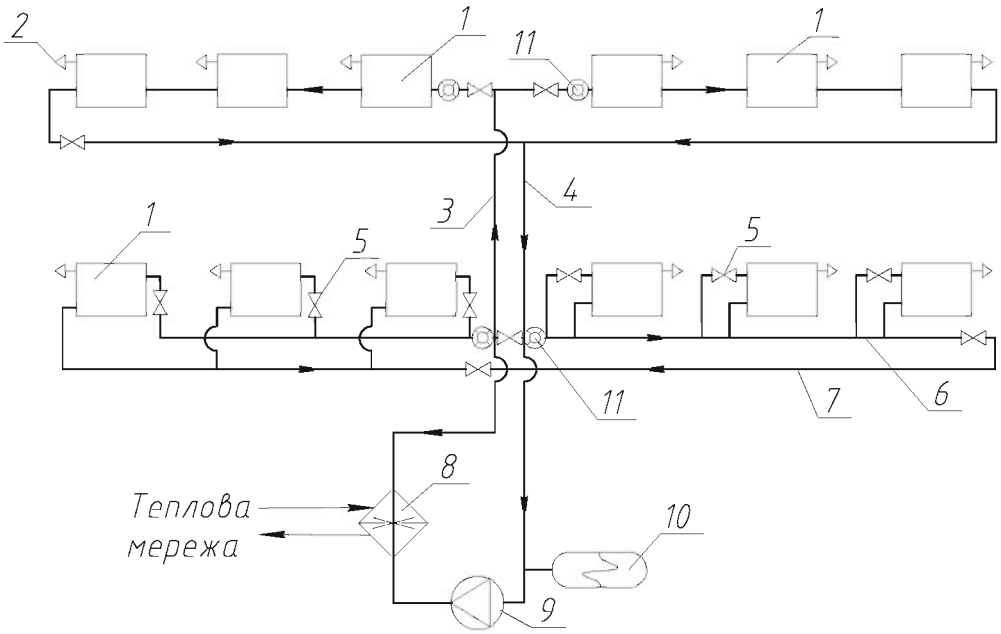


Рисунок 6.4 – Принципова схема горизонтальної системи опалення з відгалуженнями різної конструкції (незалежна схема приєднання)

I – ділянка однотрубної проточної системи; II – ділянка двотрубної горизонтальної системи; III – відгалуження однотрубної горизонтальної системи із замикаючими ділянками: 1 – опалювальні прилади; 2 – повітряні крани; 3 – подавальний стояк; 4 – зворотний стояк; 5 – запірно-регулювальна арматура; 6 – замикаюча ділянка; 7 – зворотна магістраль; 8 – теплообмінник; 9 – циркуляційний насос; 10 – закритий розширювальний бак

На рис. 6.5 показано двотрубну систему опалення з нижнім і верхнім розведенням та залежною схемою приєднання до теплових мереж. Двотрубну систему з верхнім розведенням використовують при природній циркуляції теплоносія. За умови примусової циркуляції така система влаштовується зазвичай у малоповерхових будівлях для запобігання вертикальному тепловому розрегулюванню.

Двотрубна система з нижнім розведенням має меншу металоємність, оскільки використовує менше труб. Характеризується більшою вертикальною гідравлічною та тепловою стійкістю порівняно з системою верхнього розведення.

У сучасних системах опалення повинні бути забезпечені можливість регулювання тепловіддачі опалювальних пристроїв та керованість потокорозподіленням води за окремими ділянками системи. Це забезпечує більшу ефективність процесів регулювання відпуску теплоти та можливість отримувати економію теплової енергії на етапі споживання теплоти. Забезпечення зазначених режимів роботи систем опалення може бути досягнуте за рахунок встановлення на них балансувальних клапанів і автоматичних регуляторів перепаду тиску.

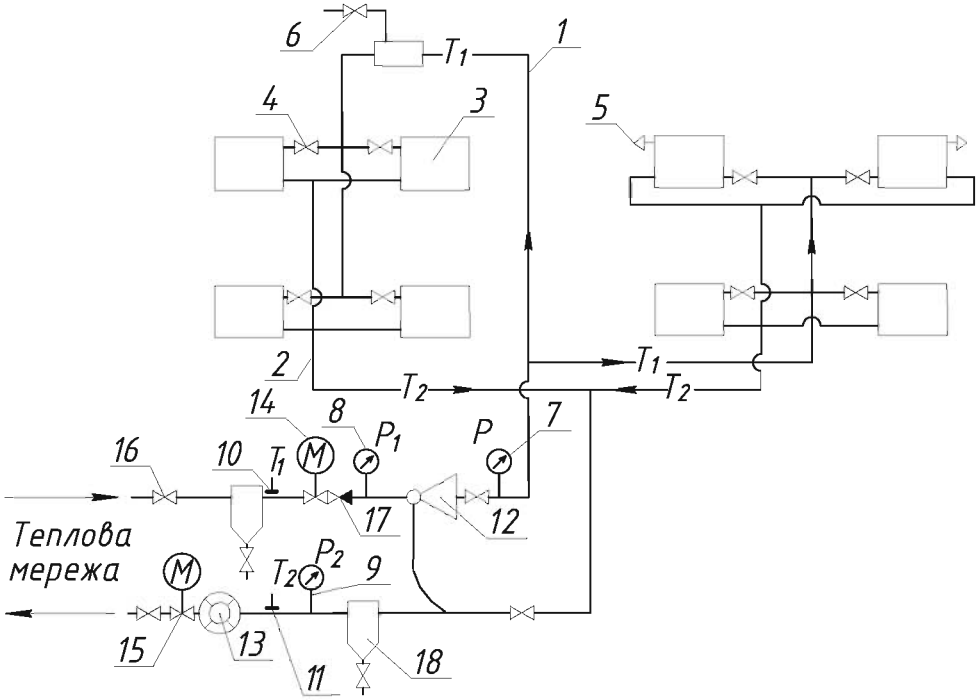


Рисунок 6.5 – Схема вертикальної двотрубної системи водяного опалення з верхнім і нижнім розведенням і залежною схемою приєднання до теплових мереж

1 – головний стояк; 2 – зворотна магістраль; 3 – опалювальні прилади; 4 – регулювальна арматура; 5 – повітряні крани; 6 – проточний повітрозбірник; 7 – манометр тиску води після елеватора; 8 – манометр тиску води в подавальній магістралі теплових мереж; 9 – манометр тиску води у зворотній магістралі; 10 – термометр гарячої води з теплової мережі; 11 – термометр зворотної води; 12 – елеватор (вузол змішування); 13 – вузол обліку теплової енергії; 14 – регулятор тиску; 15 – регулятор витрат; 16 – запірна арматура

На рис. 6.5 показано найбільш поширену схему підключення систем опалення до теплових мереж – залежну, з елеватором. Таку схему використовують у тому

випадку, коли розрахункова температура в тепловій мережі вища, ніж у системі опалення, а перепад тиску в подавальній і зворотній мережах достатній для роботи змішувального пристрою – елеватора.

Елеватор знижує температуру води, яка надходить з теплової мережі. Обладнання теплового пункту розміщують у тепловому вузлі вводу – зазвичай у підвалі будівлі або відокремленому приміщенні. Тепловий пункт містить, крім елеватора, таке обладнання:

- відмулювачі для очищення води від забруднюючих речовин (окалини, шламу продуктів корозії труб). Періодично слід виконувати очищення відмулювачів;
- будинковий лічильник теплоти, за яким можна визначати витрати теплоти, спожитої будинком, поточні витрати води, температури води на вході і на виході з системи опалення;
- запірну арматуру;
- регулятор тиску, що підтримує тиск «до себе» та забезпечує заповнення системи опалення водою. Разом із зворотнім клапаном на подавальному трубопроводі регулятор тиску запобігає витіканню води з системи опалення у разі аварійного спорожнення зовнішніх теплових мереж;
- регулятор витрат, призначений для стабілізації витрат води в системі опалення у разі зміни гідравлічного режиму роботи теплових мереж внаслідок підключення або відключення від теплової мережі окремих абонентів. Тиск теплоносія на вводах усіх абонентів за таких змін режиму роботи теплової мережі буде змінюватись, що спричинить зміну витрат води, гідравлічне розрегулювання мережі, неможливість відпуску розрахункової кількості теплоносія, дефіцит або перевитрати теплоти;
- термометри для контролю температури у зовнішніх трубопроводах теплових мереж і контролю температурного графіка відпуску теплоти;
- манометри, за якими можна визначити не лише тиск у кожному трубопроводі, але і перепад тиску, який визначає інтенсивність руху теплоносія.

Система забезпечення теплотою будівель повинна давати можливість здійснювати регулювання відпуску теплоти. Підвищення температури зовнішнього повітря має спричиняти зменшення витрат теплоти, а зниження температури – збільшення. Лише за таких умов буде забезпечено нормовану потребу в теплоті, необхідні умови життєдіяльності у приміщеннях та економію паливно-енергетичних ресурсів.

Система теплопостачання має забезпечувати багаторівневе регулювання:

- центральне регулювання подачі теплоти на тепловій електростанції (ТЕЦ), у котельні чи іншому джерелі генерування теплоти. Таке регулювання здійснюється, як правило, зміною кількості енергоносіїв – палива або електроенергії. Зміна витрат палива спричиняє зміну температури теплоносія – гарячої води в тепловій мережі;
- місцеве регулювання у тепловому пункті (індивідуальному або центральному). Виконується здебільшого також зміною температури теплоносія

за допомогою вузлів змішування. Потрібного ефекту досягають змішуванням високотемпературної води подавальної магістралі з охолодженою водою зворотного трубопроводу;

– індивідуальне регулювання шляхом зміни тепловіддачі опалювальних приладів.

Оптимальні параметри мікроклімату в приміщенні можна забезпечити, реалізувавши всі способи регулювання, серед яких основним є індивідуальне. Проте через недостатнє поширення автоматичних індивідуальних регуляторів відпуску теплоти саме такий спосіб є найменш уживаним.

Правильний вибір способу регулювання та досягнення його ефективності є одним із дієвих енергозберігальних заходів, який можна реалізовувати за результатами проведення енергетичного аудиту будівель.

У разі зміни температури теплоносія регулювання називають якісним. Якщо відпуск теплоти регулюється зміною кількості теплоносія, то маємо кількісне регулювання. У разі зміни як витрат теплоносія, так і його температури, регулювання буде кількісно-якісне.

Розробляючи режим центрального якісного регулювання, будують графік температур теплоносія залежно від температури зовнішнього повітря. На основі такого графіка визначають розрахункові витрати теплоносія. У ході подальшої експлуатації системи теплопостачання необхідно якомога точніше витримувати прийнятий графік температур теплоносія.

Взаємний вплив на величину кількості теплоти, яку можна отримати, значень витрат теплоносія, а також температур гарячої і охолодженої води можна з'ясувати, якщо записати і виконати аналіз залежності (6.31):

$$Q = M_в \cdot C_в \cdot 10^{-6} \cdot (t_г - t_о), \text{ Гкал / год; ГДж / год}, \qquad (6.31)$$

де

$M_в$ – масові витрати теплоносія (гарячої води), кг / год;

$C_в$ – масова теплоємність води, ккал/ кг · град.; кДж / кг · град.;

$t_г$ – розрахункова температура води в подавальній магістралі, ^{0}C;

$t_о$ – розрахункова температура води у зворотній магістралі, ^{0}C.

Як видно із залежності (6.31), будь-яку величину кількості теплоти можна отримати за будь-яких співвідношень між величинами витрат води $M_в$, і перепаду температур води ($t_г - t_о$).

Але зменшення перепаду температур, за якого здійснюється подача теплоти, завжди спричинюватиме пропорційне збільшення витрат води та відповідне зростання витрат електроенергії на приведення в дію мережних помп. При цьому збільшується і гідравлічний опір трубопроводів теплових мереж, що підвищує циркуляційний тиск. Підвищення витрат води потребує збільшення діаметрів і металоємності трубопроводів теплових мереж.

Тому перехід роботи теплових мереж на підвищений перепад температур теплоносія є одним із дійових заходів зменшення витрат електричної енергії на етапі транспортування.

Застосування кількісного регулювання дає можливість економії електричної енергії за рахунок зменшення її витрат під час транспортування теплоносія. Але зміна витрат води окремими абонентами і на окремих ділянках теплової мережі призводить до значного гідравлічного і теплового розрегулювання теплової мережі та систем опалення, втрати їх керованості. Наслідком такого явища є робота системи теплопостачання в нерозрахунковому режимі, за якого одні споживачі відчуватимуть дефіцит теплоти, а інші – значні перевитрати теплової енергії. За умови якісного регулювання таке розрегулювання не можливе.

За рахунок здійснення місцевого якісного дорегулювання за заданим температурним графіком змішаної води в приміщеннях забезпечуються нормовані температурні умови. При цьому запобігають також перегріванню приміщень, особливо в осінній та весняний періоди опалювального сезону. Таким чином, скорочуються витрати теплової енергії.

З огляду на певні недоліки елеваторів змішування теплоносіїв та отримання необхідної температури можна здійснювати за допомогою змішувальних насосів. Такий спосіб дає можливість забезпечити більш точний процес регулювання та отримати певну економію теплової енергії. Даний спосіб підключення систем опалення рекомендується за умови недостатнього перепаду тиску в тепловій мережі для роботи елеватора. Принципові схеми змішувального пристрою з насосом у складі теплового пункту наведено на рис. 6.6.

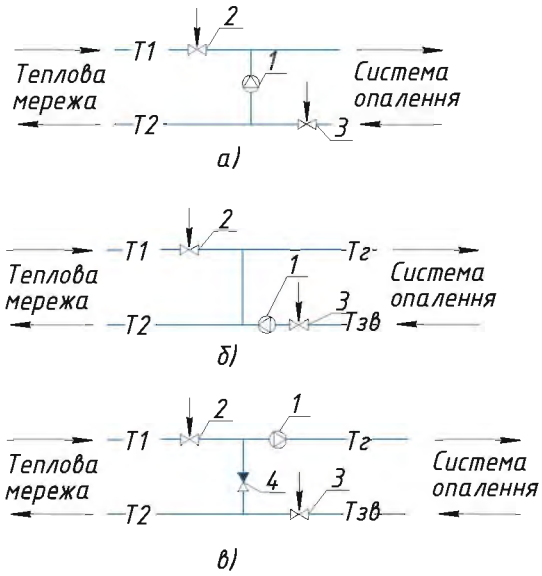


Рисунок 6.6 – Принципові схеми змішувальних пристроїв з насосом на перемичці між магістралями системи опалення (а); на зворотній магістралі(б);на подавальній магістралі (в):

1 – змішувальний насос; 2 – регулятор температури; 3 – регулятор витрат води в системі опалення; 4 – зворотний клапан.

Змішувальний насос, який включено у перемичку, подає частину води із зворотної магістралі в подавальну. Насос не впливає на величини циркуляційного тиску для системи опалення будинку.

Включення насоса в подавальну або зворотну магістралі системи опалення підвищує циркуляційний тиск у ній до необхідних величин. Умови змішування при цьому залишаються без змін. Насос, який включено в подавальну магістраль, виконує функції не лише змішування і циркуляції, але й підняття води у верхню частину систем опалення високих будівель. Згідно з нормативами для надійності необхідно встановлювати не менш як два змішувальних насоси. У роботі завжди лише один, а інший є резервним.

Влаштування теплових вузлів вводу з автоматичним регулюванням температури теплоносія та використанням змішувальних насосів є досить вартісним енергозберігальним заходом. Ефективність його впровадження має визначатись техніко-економічним порівнянням інвестицій, необхідних для впровадження такого заходу, і величини економічного ефекту, який буде досягнуто в результаті економії теплової енергії. У ході виконання таких розрахунків необхідно врахувати додаткові експлуатаційні витрати, пов'язані з оплатою електричної енергії на приведення у дію змішувальних насосів.

Неправильний вибір типорозміру насоса і способу його встановлення може призвести до підвищення тиску у зворотній магістралі теплових мереж, зниження перепаду тиску води на вводі до інших споживачів теплоти, теплового і гідравлічного розрегулювання теплових мереж.

6.8 Схеми приготування гарячої води, приєднання систем гарячого водопостачання до джерела теплоти

Особливості систем гарячого водопостачання є такими:

- значний нерівномірний характер розбору гарячої води споживачами і змінність витрат теплоти на її приготування;
- необхідність постійного підживлення системи свіжою водою з водогону у зв'язку з витратами гарячої води та зливом її у систему водовідведення. Високий вміст кисню у воді спричиняє корозію внутрішніх поверхонь сталевих трубопроводів;
- високі вимоги до якості води (прозорість, смак, запах, уміст хлору та бактерій, показник pH, жорсткість).

У житлових будинках використовують місцеві, а також автономні децентралізовані та централізовані системи гарячого водопостачання (ЦГВ). Місцеві – від локальних генераторів теплоти незначної потужності – до 50 кВт (котлів, проточних та ємнісних водонагрівачів). Встановлюють такі генератори гарячої води безпосередньо у споживача.

Автономні, децентралізовані та централізовані системи гарячого водопостачання використовують у будівлях, які забезпечені теплотою від власних котелень або теплових мереж. Ці системи можуть бути таких видів:

1. Відкриті – з безпосереднім відбором гарячої води із теплових мереж.

2. Закриті – з приготуванням гарячої води в теплообмінниках, які можуть розміщуватися у:

- джерелах теплоти. В такому випадку від котельні (джерела теплоти) до споживачів прокладається чотиритрубна теплова мережа – два трубопроводи на опалення та два – на гаряче водопостачання (по одному гаряча вода подається споживачам, а інший трубопровід є циркуляційним. Він слугує для повернення на догрівання води, яка не була спожитою, та постійного підтримання, таким чином, нормованої температури гарячої води у споживачів). Згідно з вимогами СНиП 2.04.01-85 дозволяється не влаштовувати циркуляцію гарячої води в системах ЦГВ з регламентованим у часі споживанням води, якщо температура в місцях розбирання води не буде зменшуватись нижче 50 ^{0}С (для систем, які приєднуються до закритих систем теплопостачання[43]);
- центральних теплових пунктах. Чотиритрубна теплова мережа у такому випадку буде прокладена лише від ЦТП до споживача;
- індивідуальних теплових пунктах – у теплових вузлах вводу до будівель. Теплова мережа у такому разі буде двотрубною, а режим відпуску теплоти має забезпечити можливість приготування гарячої води в ІТП. Для нагрівання води в системі гарячого водопостачання до 55...60 ^{0}С у подавальному трубопроводі закритої теплової мережі температура теплоносія має бути не менш як 70 ^{0}С. На рис. 6.7 показано графік температур теплоносія в тепловій мережі, якого потрібно додержувати при центральному якісному регулюванні та зазначеній схемі приготування гарячої води.

[43] У разі зменшення температури води споживач зливає її у систему водовідведення до досягнення необхідної температури води. Це спричиняє підвищення витрат води та її марнотратство. Влаштування циркуляційного трубопроводу дає змогу уникнути цього явища. Згідно з вимогами СНиП 2.04.01-85 влаштування циркуляційних трубопроводів і перемичок є обов'язковим для житлових і громадських будинків, вище 4-х поверхів. Але сам циркуляційний трубопровід є джерелом втрат теплоти з поверхні труби у довкілля. Тому за умови прокладання такого трубопроводу в неопалювальних приміщеннях і спорудах обов'язковою є теплова ізоляція циркуляційного трубопроводу. Такий захід дає можливість економії теплової енергії.

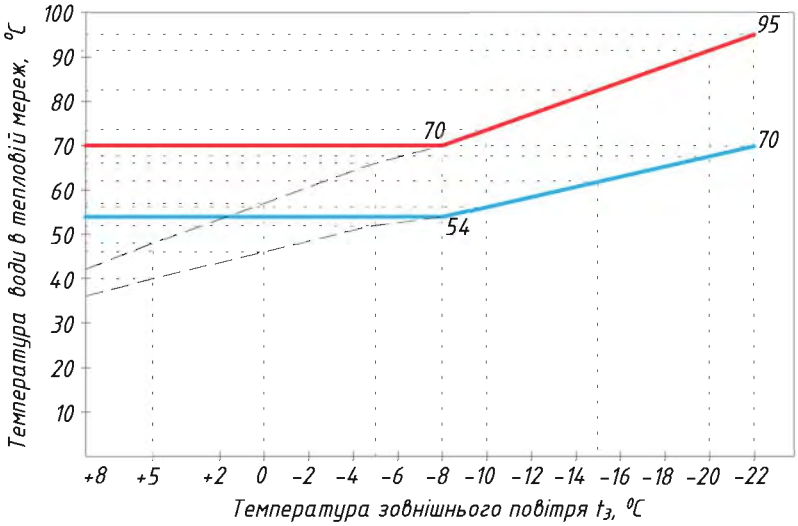


Рисунок 6.7 – Графік температур теплоносія за умов центрального якісного регулювання закритої теплової мережі за опалювальним навантаженням та наявності потреби в теплоті для гарячого водопостачання

Температуру зовнішнього повітря, за якої теплоносій досягає критичного значення у 70 °С, позначено на схемі як $t_з^{гв}$.(«точка зрізу температурного графіка»). Вона має менші значення за температуру початку і завершення сезону опалення(+8 °С).

Це означає, що при температурах зовнішнього повітря, більших за $t_з^{гв}$ (такий період часу може бути досить тривалим), якісне регулювання відпуску теплоти застосувати не можна. Для забезпечення комфортних умов внутрішнього повітря та відпуску теплоти на потреби опалення необхідно було б знизити температуру теплоносія, але з міркувань забезпечення необхідної температури в системі гарячого водопостачання знизити температуру теплоносія не можна.

У діапазоні зовнішніх температур від $t_з^{гв}$ до +8 °С переходять на кількісне регулювання опалювального навантаження за рахунок зміни витрат теплоносія.

За відсутності у джерелі теплоти можливості зменшити витрати теплоносія таке регулювання можна здійснювати на місцевому рівні – в ЦТП або ІТП. Але реалізація місцевого регулювання у період «зрізу температурного графіка» (так називають період роботи системи у діапазоні зовнішніх температур від $t_з^{гв}$ до +8 °С) можлива лише за умови наявності засобів такого регулювання.

Влаштування теплових вузлів вводу з автоматичним регулюванням температури теплоносія і використанням змішувальних насосів, на відміну від елеваторних вузлів вводу, дає можливість виконувати таке регулювання.

Таким чином, ефективне регулювання відпуску теплоти в період «зрізу температурного графіка» може вважатись одним із енергозберігальних заходів на етапі споживання теплоти.

Ефективність такого заходу може бути визначеною після обстеження дійсного режиму відпуску теплоносія на будівлю, який визначається у ході побудови за показаннями термометрів фактичного графіка температур теплоносія на вводі до будинку, зображеного на рис. 6.7. Після побудови дійсного графіка температур його необхідно порівняти з розрахунковим графіком, методика побудови якого викладено у розділі 3 посібника. Аналіз температурного графіка необхідно виконувати разом з аналізом дійсного графіка витрат теплоти, побудованого згідно з показаннями лічильників теплоти.

За регламентованого у часі періодичного споживання незначної кількості гарячої води (наприклад, декілька годин у ранковий час, деякий період опівдні та ввечері), застосування централізованих систем з протяжними трубопроводами, значними втратами теплоти внаслідок охолодження води, необхідністю забезпечення циркуляції води економічно доцільним може бути впровадження таких енергозберігальних заходів:

- подача гарячої води за певним графіком або відповідно до сигналу датчика тиску води у споживача;
- заміна централізованих систем гарячого водопостачання на місцеві в проточних або ємнісних водонагрівачах. При цьому необхідно враховувати, що влаштування газових водонагрівачів заборонено в ванних кімнатах і санітарних вузлах, у разі недостатнього об'єму та висоти кухні, у гуртожитках, душових, лікарнях, дошкільних та загальноосвітніх навчальних закладах. У таких випадках рекомендовано встановлення електричних водонагрівачів.

Джерелом енергії для приготування гарячої води може бути також сонячна енергія, вторинні енергоресурси, які задіяні в схемах теплових помп.

Контроль за витратами енергоносіїв у місцевих системах теплопостачання за відсутності лічильників теплоти необхідно виконувати за показаннями лічильників газу, які обов'язково мають бути встановлені у місцевих джерелах теплоти.

Енергозберігальні заходи на рівні споживання теплоти в умовах відпуску теплоти на потреби як опалення, так і гарячого водопостачання, можна запропонувати за рахунок підвищення ефективності регулювання відпуску теплоти та впровадження раціональних схем підключення теплообмінників гарячого водопостачання до теплових мереж.

Так, у разі використання схеми з двоступеневим нагріванням води з незалежним приєднанням гарячого водопостачання до теплових мереж (див. рис. 6.8) виникає можливість зменшення витрат мережевої води на гаряче водопостачання та підвищення ефективності системи теплопостачання у цілому.

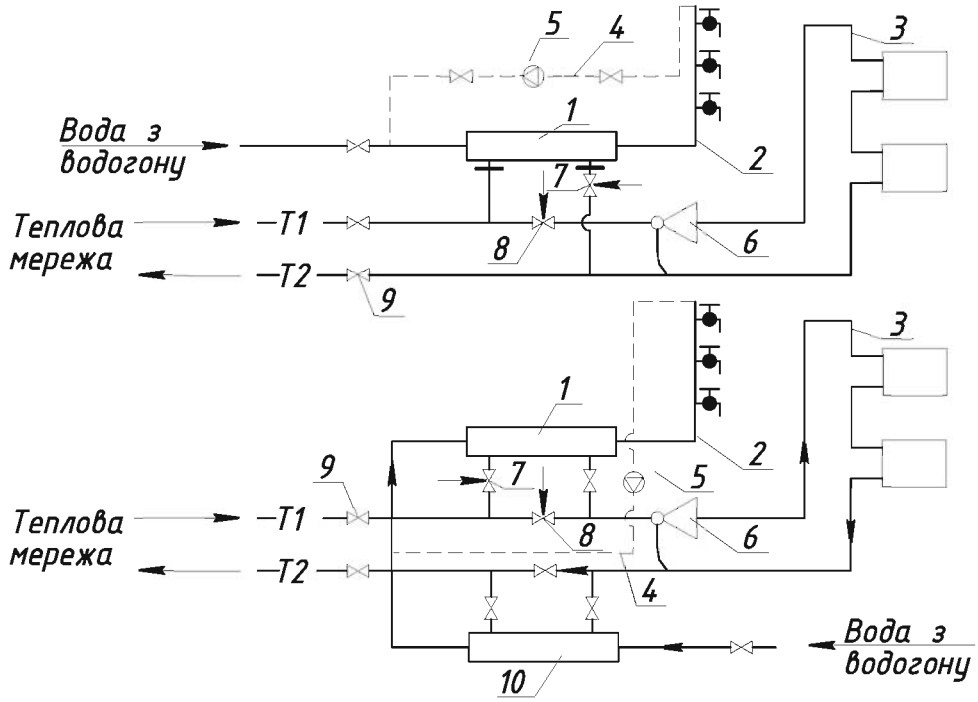


Рисунок 6.8 – Принципові схеми незалежного підключення систем гарячого водопостачання до теплових мереж: а – паралельна; б – двоступенева послідовна

1 – теплообмінник для приготування гарячої води (для схеми б – теплообмінник другого ступеня); 2 – система гарячого водопостачання; 3 – система опалення; 4 – циркуляційний трубопровід системи гарячого водопостачання; 5 – циркуляційний насос системи ГВП; 6 – водоструминний елеватор; 7 – регулятор температури води в системі гарячого водопостачання; 8 – регулятор витрат; 9 – запірно-регулююча арматура; 10 – теплообмінник першого ступеня для приготування гарячої води

За такою схемою гаряча вода спочатку нагрівається у теплообміннику першого ступеня теплоносієм, який повертається з системи опалення будівлі, а потім – у теплообміннику другого ступеня – гарячим теплоносієм із подавального трубопроводу теплових мереж. У такому разі тепловий потенціал гарячого теплоносія з теплових мереж використовується лише для догрівання гарячої води у другому ступені.

За умови використання схеми з паралельним одноступеневим нагріванням (див. рис. 6.8) витрати мережевої води збільшуються – вони визначаються як сумарні розрахункові витрати води на опалення та гаряче водопостачання. У такому разі теплова мережа забезпечує паралельно навантаження як на систему опалення, так і на систему гарячого водопостачання.

Вибір оптимальної схеми приєднання системи гарячого водопостачання до теплових мереж визначається за величиною співвідношення розрахункових навантажень на систему гарячого водопостачання $Q_{гв}^{max}$ (6.30) та на опалення $Q_{оп.}$ (6.16). Тому для вирішення питання про оптимальну схему підключення необхідно, визначивши величини розрахункових навантажень, розрахувати їх співвідношення $Q_{гвмах}$ / $Q_{оп.}$ та скористатись рекомендаціями довідника (Манюк В.И. и др. Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей: Справочник. -М.,1988):

- за умови $Q_{гв}^{max}$ / $Q_{оп.} \geq 1$, або $Q_{гв}^{max} \leq 0{,}2$ Гкал / год, підключення водонагрівачів має бути за паралельною схемою;
- за умови $0{,}2 < Q_{гв}^{max} / Q_{оп.} < 1{,}0$ – теплообмінники підключають за двоступеневою послідовною або змішаною схемами, залежно від прийнятого режиму регулювання відпуску теплоти в теплових мережах.

Для запобігання перегріванню гарячої води та перевитрат теплоти необхідно встановлювати регулятор температур, який зменшує витрати нагрівального теплоносія з теплової мережі на нагрівання води та забезпечує підтримання нормованих значень її температури, незалежно від інтенсивності розбору води із системи гарячого водопостачання.

Такий захід також дає економію теплової енергії за рахунок підвищення ефективності процесу регулювання відпуску теплоти на приготування води в системі гарячого водопостачання.

6.9 Визначення дійсних витрат паливно-енергетичних ресурсів. Вузли обліку витрат енергоносіїв

Обстежуючи будівлі, визначення дійсних витрат енергоносіїв, холодної та гарячої води необхідно здійснювати за показаннями лічильників теплоти, води, електроенергії та природного газу.

Прилади обліку уможливлюють контролювати споживання ресурсів та здійснювати оплату не за нормативне, визначене розрахунком, а за фактичне їх використання.

Комерційними називають вузли обліку, за даними яких здійснюю взаєморозрахунки за спожиті енергоносії. Розрахунок за фактично спожиті енергоносії, які визначаються вузлами обліку, є чудовим стимулом для зменшення нераціональних втрат енергії, води і палива, а також приводом для ощадливого підходу до використання енергоносіїв.

Основними правилами такого підходу мають стати такі:

- здійснення періодичного (не рідше як один раз на 7...10 днів) зняття показників вузлів обліку всіх енергоносіїв і води;
- ведення неперервного обліку показників приладів обліку з фіксацією умов, які впливають на покази приладів (температура зовнішнього повітря, режим роботи будівлі – робочі дні, святкові, канікули, змінність роботи тощо);
- аналіз отриманих результатів, розробка висновків, надання рекомендації та впровадження заходів з оптимізації енергоспоживання.

Зазначені правила є основними засадами енергетичного менеджменту.

Основними вимогами до комерційних вузлів обліку енергоносіїв мають бути такі: достовірність показань; забезпечення необхідної точності вимірювань з похибкою не більшою за нормовані величини; своєчасність проведення метрологічної повірки приладів органами Держспоживстандарту України; відповідність встановленого у вузлах обліку обладнання чинним державним реєстрам засобів вимірювальної техніки; використання лічильників та іншого обладнання вузлів обліку в межах встановлених границь допустимої похибки вимірювань. Відповідальність за роботу вузлів обліку несе власник. Як правило, це споживач теплової та електричної енергії, газу або води.

У цілому облік споживання ресурсів можливий на всіх рівнях – центральної розподільної станції (для систем теплопостачання – в котельні), на проміжних станціях трансформації енергоносіїв (у центральних теплових пунктах), у споживачів – у цілому по будинку та в окремих квартирах.

Проте, за даними Міністерства з питань ЖКГ, станом на 1 січня 2010 р. із 229411 житлових будинків, які підлягають оснащенню приладами обліку та регулювання, житловий фонд України було оснащено таким чином:

- будинковими лічильниками теплової енергії – 34304 будинки, або 15,0 % потреби;
- будинковими лічильниками гарячої води – 9563 будинки, або 4,2 % потреби;
- будинковими регуляторами температури – 1424 будинки, або 0,6 % потреби.

Безперечно, що у майбутньому ми усвідомимо необхідність визначати споживання ресурсів у окремих квартирах, але вже зараз доцільно почати з обліку споживання на рівні будівлі.

Для окремих квартир заходом, який швидко окупається, є встановлення лічильників гарячої і холодної води та встановлення двотарифних електролічильників.

Облік холодної води необхідно здійснювати не лише по окремих квартирах, а й у цілому по будинку. До складу вузла обліку води, який встановлюється на вводі у будівлю зовнішнього водогону, входить витратомір, датчик тиску, фільтр, запірна арматура. У вузлі обліку має бути також байпас (обвідний трубопровід) із запірною арматурою, яка відкривається за умови виникнення у будівлі пожежі та інших аварійних ситуацій.

Основним елементом будинкового вузла обліку теплової енергії є тепловий лічильник, до складу якого входять витратомір, датчики температури, прилади для визначення тиску води, які встановлюють на подавальному і зворотному трубопроводах системи опалення. Для визначення витрат теплоти за даними вимірювань згідно з залежністю (6.31) до складу вузла обліку входить обчислювач.

Необхідно наголосити на тому, що точність роботи вузла обліку теплоти залежить від правильності його вибору та відповідності вимірювальних величин мінімально допустимим паспортним значенням, які встановлюю для кожного лічильника окремо.

Так, у разі роботи водоміра за межею допустимих паспортних витрат води похибка вимірювання витрат теплоти перевищує 5 %.

Вимірювання за межами мінімально допустимих перепадів температур у подавальному та зворотному трубопроводах (менш як 5...10 ^{0}С) призводить до збільшення відносної похибки вимірювання на 10 %. Експлуатаційна перевірка контрольно-вимірювальних приладів (КВП) та витратомірів вузлів обліку має здійснюватися не рідше 2 разів на рік, а також додатково на вимогу теплопостачальної організації.

Надзвичайно важливим у доборі вузлів обліку теплоти є забезпечення оптимального гідравлічного опору лічильника та іншого обладнання вузлів обліку.

У разі використання обладнання із значним гідравлічним опором (найчастіше це відбувається внаслідок заниження діаметра умовного проходу обладнання з метою здешевлення вузла обліку) підвищується необхідний циркуляційний тиск води для забезпечення працездатності системи опалення.

Теплова мережа не завжди може забезпечити необхідну величину циркуляційного тиску в тепловому вузлі вводу.

У зв'язку із зазначеним, вибір обладнання вузлів обліку теплоти слід виконувати з урахуванням дійсного режиму тиску води у теплових мережах і п'єзометричного графіка (графіка зміни тиску води у подавальному і зворотному трубопроводах теплових мереж).

Зазвичай будівлі ВНЗ та гуртожитки забезпечені індивідуальними електролічильниками. Доцільною є заміна старих лічильників на нові моделі, які забезпечують більшу точність вимірювання параметрів електроенергії та дають змогу за допомогою використання двоставкових тарифів роздільно фіксувати споживання електроенергії в денний і нічний час. Нічний тариф електроенергії значно менший за денний.

Таким чином нічна робота студентів над підручниками, форсування допізна курсових проектів і завдань, підготовка до іспитів в останню ніч можуть бути сплаченими за зменшеним тарифом. Розрізняють також тарифи на внутрішнє та зовнішнє освітлення будівель.

Зняття показів у вузлах обліку газу з метою визначення витрат теплоти на створення необхідних параметрів мікроклімату в приміщеннях здійснюють на будівлях з місцевими системами теплопостачання.

Вузли обліку газу встановлюють у найбільш газифікованих приміщеннях або в окремих приміщеннях чи шафах, розміщених ззовні. Облік газу, як і інших енергоносіїв, необхідно виконувати разом із представником організації, яка є власником вузлів обліку або обслуговує їх.

До складу вузла обліку газу з витратою газу більш як 16 м^3 /год мають входити:

- лічильник газу;
- коректор-обчислювач об'єму газу, що складається з обчислювача, вимірювальних перетворювачів тиску та температури;
- фільтр газовий.

У разі застосування побутових лічильників (за умов витрат газу до 16 м^3 / год) коректор-обчислювач можна не встановлювати, а витрати газу до стандартних умов необхідно переводити в ручному режимі за показами термометра і манометра, які встановлюють на газопроводі безпосередньо у вузлі обліку.

Справа в тому, що об'ємні витрати та об'єм природного газу, як і будь-якого газу взагалі, суттєво залежать від тиску, під яким знаходиться газ, і його температури. З підвищенням температури об'єм газу збільшується, а під підвищеним тиском його об'єм суттєво зменшується. Таким чином, у визначенні величини витрат газу з'являється певна неоднозначність – на результати обліку впливає не лише фактичне споживання газу паливовикористовувальним обладнанням, а ще й параметри газу: його тиск у вузлі обліку та температура.

Саме з огляду на це, усі виміряні витрати газу за будь-якого тиску та температури обов'язково перераховують до однакових умов – температури $t_{су}$ = +20 ^{0}C та тиску $P_{су}$ = 1 ат (або 101,3 кПа, або 760 мм рт. ст.). Такі умови називають стандартними. Лише після цього можна аналізувати величини витрат газу та виносити їх до сплати.

У зв'язку із зазначеним у ході обліку природного газу за умови відсутності автоматичного коректора-обчислювача приведення витрат газу до стандартних умов необхідно здійснювати в ручному режимі за показами манометра, який фіксує тиск газу у вузлі обліку, і термометра, який показує температуру газу. А сам перерахунок годинних витрат газу виконується за залежністю (6.32):

$$B_{су} = 60\left(m_2 - m_1\right)\left(\frac{P_г + 101{,}325}{P_{бар}}\right)\left(\frac{293}{273 + t_г}\right), \text{ м}^3 / \text{год}, \qquad (6.32)$$

де

$B_{су}$ – витрати вологого природного газу, які приведено до стандартних умов, м^3 / год;

m_1 і m_2 – результати зняття показів газового лічильника з інтервалом у 1 хвилину, відповідно початкові і кінцеві, м^3;

$P_г$ – тиск газу, виміряний у вузлі обліку газу в момент зняття показів газового лічильника, кПа;

$P_{бар.}$ – барометричний тиск у день вимірювань, кПа;

$t_г$ – дійсна температура газу у трубопроводах вузла вимірювання, ^{0}C.

За розрахованою за формулою (6.32) величиною годинних витрат газу $B_{су}$ в м^3 / год за стандартних умов і теплотою згоряння газу за стандартних умов $Q_{сг}$ в ккал / м^3 або кДж / м^3, прийнятою відповідно до сертифікату якості газу (його надає газорозподільна організація за запитом споживача газу), визначають кількість теплоти, отриманої під час спалювання палива (тепловий потенціал палива або теплова потужність агрегату), за залежністю (6.33):

$$N = B_{су} \cdot Q_{сг}, \text{ ккал / год; кДж /год; кВт.} \qquad (6.33)$$

Складанням годинних витрат теплоти або газу отримують фактичний об'єм теплоти або спожитого газу за певний період часу, наприклад опалювальний період.

Але необхідно знати, що не вся отримана таким чином теплота буде корисно використана на потреби опалення чи гарячого водопостачання.

Частина енергії буде втраченою. Ефективність процесу спалювання палива у джерелах теплоти визначається величиною коефіцієнта корисної дії роботи теплогенерувального пристрою. Величину ККД котла або іншого джерела теплоти визначають на основі режимно-налагоджувальних робіт, які повинні періодично виконуватись на обладнанні.

Кількість теплоти, яка буде вироблена джерелом теплоти $Q_{вир}$ визначають за залежністю (6.34):

$$Q_{вир.} = N \cdot \eta_к, \quad (6.34)$$

де

$Q_{вир.}$ – кількість теплоти, яка вироблена джерелом теплоти і відпущена до теплових мереж у результаті спалювання палива або отримання первинної енергії від іншого енергоносія;

$\eta_к$ – ККД на етапі вироблення теплоти (в середньому становить по Україні 0,81...0,84 або 81...84 % (див. рис. 3.5), але у деяких випадках може зменшуватись до 65...70 %).

Кількість теплоти Q, яка буде відпущена споживачам на забезпечення нормованих параметрів внутрішнього повітря (на потреби опалення, вентиляції та гарячого водопостачання), буде меншою за $Q_{вир.}$ на величину втрат теплоти у теплових мережах і визначиться за залежністю (6.35):

$$Q = Q_{вир.} \cdot \eta_{тм}, \quad (6.35)$$

де $\eta_{тм}$ – коефіцієнт, який характеризує втрати теплоти у теплових мережах. Величину $\eta_{тм}$ визначають за результатами теплових випробувань теплових мереж, а за відсутності таких даних – за рекомендаціями, наданими у розділі 6.5 посібника. За умови відсутності теплових мереж (у разі місцевих систем теплопостачання).

$$\eta_{тм} = 1; \text{ а } Q_{вир.} = Q.$$

Одержану таким чином величину витрат теплоти Q вже можна порівнювати з розрахунковими витратами теплоти на потреби опалення, вентиляції і гарячого водопостачання будівлі та роботи висновки щодо відповідності зазначених величин.

Запитання та завдання для самоперевірки до розділу 6

1. Що таке тепловий баланс будівлі? Як визначаються основні складові теплового балансу?
2. Навести основні статті теплонадходжень до будівель і споруд ВНЗ.
3. Що таке трансмісійні втрати теплоти, від чого вони залежать і як визначаються?
4. Як визначаються втрати теплоти через підлогу на ґрунті?
5. Що таке додаткові втрати теплоти, як їх враховують у загальному розрахунку втрат теплоти будівлею?
6. Як визначаються втрати теплоти через огородження, які не омиваються зовнішнім повітрям, а виходять у неопалювальний підвал або на горище?
7. Що таке еквівалентний коефіцієнт теплопередачі?
8. Викласти порядок визначення температури в неопалювальному приміщенні.
9. Як визначаються втрати теплоти з інфільтрацією?
10. Навести основні правила впровадження систем переривчастого опалення. Охарактеризувати метод переривчастого опалення як енергозберігальний захід.
11. Викласти методику визначення витрат теплоти на потреби опалення за питомим показником витрат теплоти. Роз'яснити поняття питомої теплової характеристики будівлі.
12. Від чого залежить величина питомої теплової характеристики будівель? Викласти методику визначення дійсної величини питомої теплової характеристики.
13. Як визначається величина питомих тепловитрат $q_{буд.}$ на опалення будинку за опалювальний період на одиницю опалювального об'єму? Викласти методику визначення дійсних величин питомих тепловитрат.
14. Як здійснюється комплексна оцінка теплозахисних характеристик будівель та ефективності процесів регулювання відпуску теплоти?
15. Як визначити річні витрати теплоти на потреби опалення і гарячого водопостачання будинку?
16. Навести основні характеристики вертикальних двотрубних і однотрубних систем опалення.
17. Навести основні характеристики однотрубних і двотрубних горизонтальних систем опалення.
18. Що таке елеватор? У яких випадках необхідне встановлення елеваторів у теплових вузлах вводу? Навести переваги і недоліки елеваторів.
19. Викласти методику побудови графіка температур теплоносія при центральному якісному регулюванні закритої теплової мережі.
20. Охарактеризувати основні способи приєднання теплообмінників гарячого водопостачання до теплових мереж.
21. Навести основні вимоги до вузлів обліку витрат енергоносіїв.
22. У яких випадках покази вузлів обліку енергоносіїв стають недостовірними?
23. Для чого заміряні витрати газу у вузлах обліку приводять у відповідність до «стандартних умов»? Навести основні правила виконання таких перерахунків.
24. Як визначити вироблену кількість теплоти?
25. Як визначається кількість теплоти, яка відпускається споживачам теплоти?
26. Які умови називають «стандартними»?

РОЗДІЛ 7
РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ В НАВЧАЛЬНИХ КОРПУСАХ ВИЩИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ

Енергозбереження в навчальних корпусах ВНЗ є питанням не менш актуальним, ніж збереження теплоти в гуртожитках таких закладів. Мало того, оскільки тарифи на теплову енергію, яка подається до навчальних корпусів, завжди були більшими, порівняно з тарифами на теплову енергію для гуртожитків (тарифи для гуртожитків прирівнюються до тарифів, за якими теплота відпускається для житлових будинків, і які дотепер значно менші за тарифи для інших споживачів), економічна ефективність заходів з енергозбереження в навчальних приміщеннях ВНЗ може бути значно більшою. Будівлі, в яких розміщені адміністративні та навчальні приміщення ВНЗ, відносяться до громадських будівель.

Різниця у тарифах на теплову енергію для житла та інших споживачів спричинена існуючою дотепер різною відпускною ціною на природний газ для різних категорій споживачів.

Правила проектування і розроблення інженерних систем зі створення комфортних умов перебування людей в навчальних і адміністративних будівлях ВНЗ регламентується вимогами ДБН В.2.2-9-99 «Громадські будинки і споруди», а також ДБН В.2.2-3-97 «Будинки та споруди навчальних закладів».

7.1 Загальні будівельні вимоги. Вимоги до енергозбереження

Відповідно до вимог нормативної документації вищі навчальні заклади, інститути підвищення кваліфікації, професійно-технічні навчальні заклади, школи відносяться до громадських будівель і споруд.

Розрахункові параметри повітряного середовища у приміщеннях ВНЗ повинні прийматись згідно з даними таблиці 7.1.

Таблиця 7.1

Температура і повітрообмін в приміщеннях ВНЗ

Приміщення	Температура, ^0C	Кратність обміну повітря	
		витяжка	приплив
Аудиторії до 150 місць, навчальні кімнати, лабораторії	18	20*	20*
Аудиторії на 150 місць і більше	18	Розрахунок	
Актові зали взимку	16	40*	40*
Лабораторії з виділенням шкідливих газів і пари	20	Розрахунок	

Приміщення	Температура, ^0C	Кратність обміну повітря	
		витяжка	приплив
Бібліотека	18	0,5	-
Адміністративні приміщення	18	1,0	-
Вестибуль	16	-	2,0
Вбиральні	16	50*	

*Цифри, які помічені зірочкою *, означають повітрообмін, який наводиться у м^3 за год. на одиницю споживання: для аудиторій і актової зали – на одну людину; для туалету – на один унітаз.*

Аудиторії з числом місць 30 і більше слід проектувати з припливною вентиляцією при механічному спонуканні. Відокремлені системи витяжної вентиляції належить передбачити для таких приміщень ВНЗ: лекційних аудиторій, лабораторій, залів курсового та дипломного проектування, читальних залів, фізкультурно-спортивних залів, санітарних вузлів, актових залів, їдальні.

Газопостачання у будинках навчальних закладів допускається передбачати *лише в лабораторіях ВНЗ, що мають пальники, які не можна замінити електричними приладами і лише за погодженням із газовою інспекцією.*

Із таблиці видно, що на відміну від гуртожитків у адміністративних і навчальних будівлях ВНЗ виникає необхідність влаштування припливних систем вентиляції з нагріванням зовнішнього повітря, після чого воно подається до приміщень для забезпечення необхідних умов мікроклімату.

Таким чином, до загальних витрат теплоти на потреби опалення і гарячого водопостачання долучаються також додаткові витрати теплоти на нагрівання припливного повітря в системах припливної вентиляції (витрати на вентиляцію). Збільшуються також витрати електричної енергії на приведення до дії вентиляторів припливних систем. Видалення вказаної у таблиці кількості відпрацьованого витяжного повітря з приміщень будівель ВНЗ також вимагає застосування механічних систем із примусовим спонуканням руху повітря, отже, виникає необхідність у додаткових витратах електричної енергії на приведення до дії вентиляторів витяжних систем.

Приміщення з постійним перебуванням людей, що мають природне освітлення, повинні провітрюватись через вікна, фрамуги, кватирки або інші пристрої. Граничне значення різниці температур у повітрі та на поверхні стіни не повинне перевищувати взимку 3 ^0C, а у повітрі і на поверхні вікна – 16 ^0C. Температура підлоги не повинна бути нижчою взимку за 16,5 ^0C, а стелі – 16 ^0C.

Огороджувальні конструкції будинків повинні мати теплозахисні властивості не гірші за ті, що вказані в табл. 4.2. Питоме споживання теплової енергії, що витрачається на опалення, повинно бути в межах встановлених нормативів, наведених у табл. 7.2.

Таблиця 7.2

Нормативні максимальні тепловитрати будівель вищих навчальних закладів, $E_{мах}$, кВт · год / м^2; (кВт · год / м^3) станом на 2006 р.

Поверховість будинку	Значення $E_{мах}$ для температурної зони			
	1	2	3	4
1	(44)	(38)	(32)	(26)
2	(40)	(34)	(29)	(24)
3	(39)	(33)	(28)	(23)
від 4 до 5	94; (35)	81; (31)	69; (26)	56; (21)
від 6 до 7	89; (33)	77; (29)	65; (24)	53; (20)
від 8 до 9	83; (31)	72; (27)	61; (23)	50; (19)
від 10 до 11	79; (29)	69; (25)	58; (21)	48; (17)
12 і більше	77; (28)	67; (24)	57; (20)	46; (17)

Будинки навчальних закладів повинні підключатись, як правило, до системи централізованого теплопостачання. За неможливості такого підключення слід проектувати місцеві теплогенератори (при дотриманні вимог із проектування котельних установок), які рекомендується передбачати в комплексі з альтернативними джерелами тепла (наприклад сонячними колекторами, встановленими у випадках активного використання цих будинків влітку).

Будівлі ВНЗ, які підключені до систем централізованого теплопостачання, повинні бути обладнані пристроями для комерційного обліку теплової енергії, що споживається, встановленими на абонентських вводах. Системи теплоспоживання будинків мають обладнуватись пристроями для автоматичного регулювання теплової потужності. Будинки з фіксованою тривалістю робочого дня належить проектувати з регуляторами програмного споживання теплової енергії.

Питоме теплоспоживання на потреби опалення будівель ВНЗ у ГДж / кв.м за рік не повинно перевищувати величин, які вказані у таблиці 7.3.

Таблиця 7.3

Контрольні показники питомого теплового потоку для опалення будівель ВНЗ (вимоги СНиП 2.04.05-91)

Тип будівлі	Поверховість	Питома теплова потужність, Вт / м^2				Питоме річне теплоспоживання, ГДж / м^2 · рік			
		Температурна зона							
		I	II	III	IV	I	II	III	IV
Будівлі ВНЗ, технікумів, шкіл	1	58	57	55	49	0,36	0,32	0,27	0,20
	2	50	49	48	43	0,31	0,29	0,23	0,18
	3	44	43	42	37	0,29	0,23	0,20	0,16
	4	39	38	37	33	0,23	0,22	0,18	0,14

Дані таблиці приведені на 1 м^2 корисної площі будівель ВНЗ. Корисна площа будинків визначається як сума площ усіх розташованих у них приміщень за винятком сходових кліток, ліфтових шахт, внутрішніх відкритих сходів і пандусів.

На вводах водопроводу від зовнішніх мереж водопостачання для обліку витраченої води належить встановлювати лічильники води. При підключенні внутрішніх систем гарячого водопостачання до зовнішніх мереж необхідно встановлювати лічильники гарячої води на подавальному та циркуляційному трубопроводах.

Лічильники гарячої та холодної води також слід встановлювати на водопровідних відгалуженнях до їдалень, навчальних майстерень та інших споживачів усередині будинку, якщо вони здійснюють самостійну господарську діяльність. В їдальнях навчальних закладів необхідно передбачити встановлення електронагрівачів для забезпечення резервного гарячого водопостачання.

Основними видами паливно-енергетичних ресурсів, які споживаються у будівлях ВНЗ є такі:

- теплота на потреби опалення;
- теплота на приготування гарячої води (у разі влаштування індивідуального теплового пункту з теплообмінником системи гарячого водопостачання);
- холодна вода;
- гаряча вода в разі приєднання системи гарячого водопостачання до зовнішніх теплових мереж;
- теплота на нагрівання повітря в системах припливної вентиляції;
- електрична енергія;
- природний газ.

Аналіз ситуації свідчить, що більшість будівель ВНЗ збудовані до 2000 р. – у період дії будівельних нормативів, які не враховували фактори суттєвого збільшення вартості паливно-енергетичних ресурсів і води, а також підвищених вимог до теплозахисних конструкцій будівель.

В умовах постійного зростання цін на основні види енергоресурсів та значної залежності від постачальників енергоносіїв, питання покращення показників енергоефективності та зменшення споживання енергоресурсів в будівлях ВНЗ набувають особливої актуальності у зв'язку з нагальною необхідністю економії коштів на їх утримання.

Опалювальні площі у навчальних корпусах ВНЗ є досить значними, що спричинене достатньо великими контрольними питомими показниками нормованої питомої площі аудиторій, лабораторій, бібліотек, читальних залів, адміністративних приміщень, спортивних залів та ін. Ці показники для вищих навчальних закладів регламентуються ДБН В.2.2-3-97 (додаток 9) у розрахунку на одного студента.

Наприклад, для ВНЗ економічного напряму підготовки спеціалістів такий показник становить 14 м^2 на одного студента; для педагогічних ВНЗ – 15 м^2; для технічних та інженерно-економічних вишів чисельністю студентів від 4 тис. до 8 тис. – 19 м^2; для політехнічних ВНЗ чисельністю студентів від 6 тис. до 12 тис. – 18 м^2. Отже, при кількості студентів технічного університету до 7 тис. опалювальна площа основних приміщень ВНЗ, як мінімум, має становити не менше 133000 м^2, на яких необхідно створити нормовані параметри мікроклімату. А це еквівалентно площі майже 22-х футбольних полів!

Зрозуміло, що витрати енергії на забезпечення умов навчання і життєдіяльності за таких умов не можуть бути малими. Якщо виходити з контрольних

показників питомого теплового потоку згідно з вимогами чинного нормативу СНиП 2.04.05 – 91, то лише на потреби опалення величина питомого теплового потоку для міст першої температурної зони (наприклад, м. Хмельницького) має становити близько 0,23 ГДж / м² упродовж опалювального періоду, який для м. Хмельницького становить 181 добу.

Отже, загальна кількість теплоти, яка повинна бути спожитою на потреби опалення у навчальних корпусах університету становитиме 133000 · 0,23 = 30 590 ГДж = 7283 Гкал. За чинного тарифу на теплову енергію близько 700 грн за 1 Гкал це коштує близько 5,0 млн грн за 181 добу опалювального періоду без урахування втрат теплоти.

Аналіз даних, наведених на рис. 3.5, показує, що середні втрати теплової енергії на «шляху до споживача» оцінюються на рівні 28...32 % від потенціалу палива, або 33...37 % від виробленої теплової енергії. З урахуванням втрат на етапі транспортування теплової енергії можна зробити висновок, що до споживачів доставляється 81...84 % від виробленої теплової енергії.

Втрати у споживача становлять 54...58 % від теплової енергії, яка відпущена споживачеві, або 37...42 % від енергетичного потенціалу палива.

За умови приведення теплозахисних характеристик будівель до сучасних вимог потреба у тепловій енергії для опалення житлового фонду становила би близько 44 % від того, що сьогодні подається до будинку.

Цікаво, що по мірі покращення теплозахисних характеристик будівель змінюється і характер втрат теплоти за окремими складовими. У таблиці 7.4 наведені дані, які характеризують якісні зміни втрат теплоти у будівлі, що відбуваються під час утеплення її зовнішніх огороджень.

Аналіз таблиці свідчить, що із збільшенням термічного опору теплопередачі огороджувальних конструкцій будівель частка трансмісійних втрат теплоти зменшується, а частка втрат з повітрообміном зростає, оскільки потреба у витратах теплоти на вентиляцію приміщень залишається незмінною (за умови відсутності енергозберігальних заходів, які впроваджуються в системах вентиляції).

Таблиця 7.4

Структура тепловитрат громадських будинків з різним рівнем опору теплопередачі огороджувальних конструкцій

Характеристика будинку	Тепловтрати через елементи будинків у % до загальних тепловтрат				
	непрозорі стіни	прозорі конструкції	дах	цокольне перекриття	повітрообмін
Забудова до 1995 р.	39	21	4	1	35
Забудова 1996...2006 рр. зі стінами з: R_Σ = 1,6 м² К / Вт	27	24	4	1	44
R_Σ = 2,0 м² К / Вт	23	26	4	1	46
R_Σ= 2,5 м² К / Вт	19	27	4	1	49
Забудова після 2007 р.	18	24	2	1	55

Наведені вище таблиці дають можливість здійснити експертну оцінку відповідності дійсних витрат теплоти на потреби опалення будівель ВНЗ нормованим величинам. Визначення потреби в теплоті, яка необхідна для забезпечення нормованих параметрів внутрішнього повітря, здійснюється за методиками, аналогічними тим, що застосовуються для житлових будинків.

7.2 Тепловий баланс будівлі. Визначення розрахункових потреб на опалення, вентиляцію і гаряче водопостачання

Визначення теплової потужності системи опалення будівель виконується на основі розгляду теплового балансу витрат і надходження теплоти для розрахункового режиму роботи (розрахункової температури зовнішнього повітря, нормованих параметрів внутрішнього повітря, регулярних теплових потоків і стаціонарних умов роботи будівлі). Тепловий баланс годинних витрат теплоти записується аналогічно тепловому балансу житлових будинків (див. 6.1).

Методика визначення окремих складових балансу може бути подібною до методик для житлових будинків, викладених у розділі 6. Визначення витрат теплоти на опалення та вентиляцію будівель ВНЗ за укрупненими показниками виконується за питомими тепловими характеристиками будівель на одиницю їхнього об'єму за зовнішніми обмірами відповідно до «Норм та вказівок по нормуванню витрат палива та теплової енергії на опалення житлових та громадських споруд, а також на господарсько-побутові потреби в Україні. КТМ 204 України 244-94». Зазначені показники наведено для будівель, споруджених до та після 1980 р. (табл. 7.5).

Таблиця 7.5

Питомі опалювальні та вентиляційні характеристики навчальних будівель ВНЗ, q_o , $q_в$ у кДж / м³ · год · град.; (ккал / м³ · год · град.)

Об'єм будинків за зовнішнім обміром, тис.м³	Опалювальні характеристики q_o для районів із зовнішньою температурою -30 °С		Питомі вентиляційні характеристики $q_в$	
	до 1980 р.	після 1980 р.	до 1980 р.	після 1980 р.
до 10	1,46; (0,45)	1,55; (0,37)	0.42; (0,1)	2,13; (0,51)
10...15	1,38; (0,33)	1,42; (0,34)	0.42; (0,1)	2,13; (0,51)
15...20	1,25; (0,30)	1,3; (0,31)	0,33; (0,08)	2,22; (0,53)
понад 20	1,01; (0,24)	1,13; (0,27)	0,33; (0,08)	2,22; (0,53)

Значення нормованих розрахункових величин теплових характеристик для опалення громадських будинків на 1 м² корисної площі будівлі відповідно до вимог СниП 2.04.05-912 «Отопление, вентиляция и кондиционирование» станом на 1991 р. наведено у табл. 7.3. Значення нормативних максимальних тепловитрат будівель вищих навчальних закладів станом на 2006 р. наведено у табл. 7.2.

Збільшення опалювального об'єму будівель спричиняє зменшення величини питомих опалювальних характеристик.

Необхідно пам'ятати, що так само, як і для житлових будинків, використання питомої опалювальної характеристики q_o для визначення потреби в теплоті на опалення будівлі може призвести до суттєвих похибок у розрахунках. Пояснюється це тим, що залежність (7.1) не враховує цілої низки факторів, про які йшлося вище, і які впливають на величину теплового навантаження на систему опалення. Для точного визначення потреби в теплоті на опалення рекомендується користуватись методом теплового балансу.

Визначення розрахункових витрат теплоти на опалення за одиницю часу з використанням опалювальної характеристики здійснюють відповідно до залежності (7.1):

$$Q_{оп.} = V_з \cdot q_o \cdot (t_в - t_з) \cdot K_t, \text{ ккал / год; кДж / год; Вт}, \quad (7.1)$$

де

$Q_{оп.}$ – розрахункові витрати теплоти на потреби опалення;

$V_з$ – опалювальний об'єм будівлі за зовнішніми обмірами, м^3;

$(t_в - t_з)$ – розрахунковий перепад температур для основних приміщень будівлі.

K_t – поправочний коефіцієнт, який необхідно застосовувати у зв'язку з тим, що в довідниках величини q_o питомих теплових характеристик будівель наведено за умови перепаду температур $\Delta t = (t_в - t\ ) = 18 - (-30) = 48\ ^0C$. Тому за інших значень перепадів температури згідно з таблицею 6.3 необхідно визначати поправочний коефіцієнт K_t;

q_o – питома опалювальна характеристика для будівель навчальних корпусів ВНЗ, наведена у таблиці 7.5.

Для будь-якої іншої зовнішньої температури опалювального періоду року $t'_з$ і іншого значення внутрішньої температури $t_в^д$ витрати теплоти на опалення можна визначити за залежністю (7.2):

$$Q'_{оп.} = Q_{оп.} \cdot [(t_в^д - t'_з) / (t - t_з)], \quad (7.2)$$

де

$Q'_{оп.}$ – витрати теплоти на опалення за будь-якого значення температури зовнішнього повітря, відмінної від розрахункової температури $t_з$;

$t'_з$ – поточне значення температури зовнішнього повітря в діапазоні від +8 ^0C до $t_з$.

Середньогодинні витрати теплоти за опалювальний період на опалення визначають за формулою (7.3):

$$Q_{оп.}^{сер.} = Q_{оп.} \cdot [(t_в^д - t_{сер.}) / [(t_в - t_з)], \text{ ккал / год; кДж / год; кВт}, \quad (7.3)$$

де

$Q_{оп.}$ – розрахункові годинні витрати теплоти на опалення, ккал / год.; кДж / год.; кВт;

$t_{сер.}$, $t_з$ – дійсна середня за опалювальний період температура зовнішнього повітря, ^0C та розрахункова для систем опалення температура зовнішнього повітря, ^0C, відповідно.

Визначення річних витрат теплоти на потреби опалення будівель навчальних корпусів $Q_{рік}^{оп.}$ виконують відповідно до залежності (7.4) за відомими величинами середньогодинних за опалювальний період витрат теплоти на опалення $Q_{оп.}^{сер.}$ та тривалості опалювального періоду $n_{оп.}$:

$$Q_{рік}^{оп.} = Q_{оп.}^{сер.} \cdot n_{оп.}, \text{ ккал; кДж; кВт} \cdot \text{год}, \quad (7.4)$$

де

$Q_{оп.}^{сер.}$ – середні за опалювальний період витрати теплоти на опалення, ккал / год; кДж / год; кВт;

$n_{оп.}$ – дійсна тривалість опалювального періоду, год.

Порівняння дійсних опалювальних характеристик будівлі з сучасними нормативами (ДБН В.2.6-31:2006. «Теплова ізоляція будівель») виконують шляхом порівняння одержаних у результаті аудиту величин $q_{буд.}$ з максимально допустимим значенням питомих тепловитрат $E_{мах}$ із табл. 7.2.

Згідно з вимогами зазначених нормативів дійсні питомі тепловитрати на опалення будинків повинні відповідати умові:

$$q_{буд.} \leq E_{мах.}$$

Фактичні значення питомих тепловитрат на одиницю опалювального об'єму будинку за опалювальний період $q_{буд.}$ визначають за формулою:

$$q_{буд.} = Q_{рік} / V_з, \text{ кВт}\cdot\text{год / м}^3,$$

де

$Q_{рік}$ – витрати теплової енергії на опалення будинку упродовж опалювального періоду року в кВт · год, визначають на підставі результатів енергетичного аудиту або за результатами розрахунків;

$V_з$ – опалювальний об'єм будівлі за зовнішніми обмірами, $м^3$.

Фактичні значення питомих тепловитрат на одиницю загальної площі будинку за опалювальний період $q_{буд.}$ визначають за формулою:

$$q_{буд.} = Q_{рік} / F_з, \text{ кВт} \cdot \text{год / м}^2,$$

де

$Q_{рік}$ – витрати теплової енергії на опалення будинку упродовж опалювального періоду року в кВт · год, визначають на підставі результатів енергетичного аудиту або за результатами розрахунків;

$F_з$ – загальна площа громадської будівлі, $м^2$. Величину загальної площі громадського будинку визначають як суму площ усіх поверхів. Площу поверхів слід вимі-

рювати в межах внутрішніх поверхонь зовнішніх стін. Площу антресолей, переходів до інших будинків, засклених веранд, галерей та балконів слід включати до загальної площі будинку (вимоги ДБН В.2.2-9-99 «Громадські будинки та споруди»).

Розрахунок потреби в теплоті на вентиляцію споруд проводиться лише за наявності у них систем припливної вентиляції. За відсутності фактичних даних про максимальні погодинні витрати теплоти на вентиляцію будівель річну потребу в теплоті $Q_{рік}^{в}$ визначають за формулою (7.5):

$$Q_{рік}^{в} = V_в \cdot q_в \cdot (t_в - t_з^{в}) \cdot n_в \cdot Z_в \cdot 10^{-6}\text{, ккал; кДж; кВт} \cdot \text{год}, \quad (7.5)$$

де

$V_в$ – об'єм будівлі, що вентилюється, за зовнішніми обмірами, м^3;

$q_в$ – питома вентиляційна характеристика будівлі в кДж /м^3 год· град.; (ккал / м^3 · год · град.). Приймається за даними табл.7.5;

$t_в$ – середня розрахункова температура внутрішнього повітря, ^{0}С. Приймається за даними табл. 7.1;

$t_з^{в}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря для проектування вентиляції, ^{0}С. Приймається за даними табл. додатку Г;

$n_в$ – тривалість роботи систем вентиляції за опалювальний період, діб;

$Z_в$ – середня за опалювальний сезон кількість годин роботи систем вентиляції за добу. Приймається за результатами обстежень будівлі.

Годинні розрахункові витрати теплоти на вентиляцію $Q_{втр.}^{в}$ визначаються за залежністю (7.6):

$$Q_{втр.}^{в} = V_в \cdot q_в \cdot (t_в - t_з^{в})\text{, ккал / год; кДж / год; кВт.} \quad (7.6).$$

Витрати теплоти на приготування гарячої води визначають аналогічно методикам, які використовувались для житлових будинків і гуртожитків (див. розділи 6.5, 6.6 і 6.8 посібника).

Норму витрат води на одного споживача в навчальних закладах згідно з вимогами СНиП 2.04.01-85 наведено у табл.7.6.

Дані таблиці використовуються під час визначення витрат води на будівлю за умов відсутності лічильників води. Крім того, середньодобовою нормою витрат гарячої води із табл. 6.6 користуються під час визначення середньогодинних витрат теплоти на гаряче водопостачання.

Дані табл. 7.6 можна застосовувати у ході аналізу та з'ясування причин перевитрат чи дефіциту холодної і гарячої води за відомою кількістю студентів і викладачів у навчальних корпусах.

Річні витрати теплоти на гаряче водопостачання $Q_{рік}^{гв}$ визначають за залежністю (7.7) відповідно до відомих величин середньогодинних витрат теплоти на гаряче водопостачання в опалювальний період $Q_{гв}^{сер.}$ і в літній період $Q_{гв}^{сер.л.}$, а також річної тривалості роботи системи гарячого водопостачання:

$$Q_{рік}^{гв} = Q_{гв}^{сер.} \cdot n_{оп.} + Q_{гв}^{сер.л.} \cdot (T_{гв}^{рік} - n_{оп.})\text{, ккал; кДж; кВт} \cdot \text{год}, \quad (7.7)$$

де

$Q_{гв}^{сер.}$ та $Q_{гв}^{сер.л.}$ – середньогодинні витрати теплоти на гаряче водопостачання, відповідно, в опалювальний період і літній період року, ккал / год; кДж / год; кВт;

$n_{оп.}$ – дійсна тривалість опалювального періоду, год;

$T_{гв}^{рік}$ – період споживання гарячої води за рік, визначають залежно від прийнятого режиму подачі гарячої води. Приймають рівним числу годин роботи системи за рік згідно з результатами енергетичного аудиту будівлі.

Таблиця 7.6.

Норми витрат води у навчальних закладах

Споживач води	Од. виміру	Норма витрат води					
		Середньодобова, л / добу		За годину максимального споживання, л / год.		Витрати води одним приладом, л / с	
		Всього, у тому числі, гарячої	Гарячої	Всього, у тому числі, гарячої	Гарячої	Всього, холодної і гарячої	Гарячої або холодної
Навчальні заклади, у т.ч. вищі та середні спеціальні з душовими у спортивних залах і буфетами, які реалізують готову продукцію	1 студент та 1 викладач	17,2 (20)	6	2,7	1,2	0,14	0,.1
Лабораторії вищих і середніх спеціальних навчальних закладів	1 прилад	224 (260)	112	43,2	21,6	0,2	0,2

Цифра у дужках наведена для споживання води за добу максимально можливого споживання.

Загальні річні витрати теплоти на потреби опалення, вентиляції і гарячого водопостачання навчальних та адміністративних будівель ВНЗ визначають за сумою відповідних річних витрат згідно з формулою (7.8):

$$Q_{рік} = Q_{рік}^{оп.} + Q_{рік}^{в} + Q_{рік}^{гв}, \text{ ккал; кДж; кВт} \cdot \text{год.} \qquad (7.8)$$

Непрацюючі системи вентиляції з відчиненими та нерегульованими вентиляційними решітками, які виходять у приміщення, можуть бути причиною значних втрат теплової енергії, пов'язаних з видаленням із приміщень значної кількості нагрітого повітря, як в робочий, так і не в робочий період часу.

У ході обстеження будівель необхідно ретельно з'ясувати призначення кожного вентиляційного отвору чи решітки у стінах, кожного повітропроводу, дослідити вентиляційні камери, в яких встановлено вентилятори та інше вентиляційне обладнання на наявність в таких камерах отворів у зовнішніх огородженнях, через які можлива евакуація теплового повітря у довкілля. За результатами таких

досліджень потрібно скласти схеми систем припливної та витяжної вентиляції, які ляжуть в основу розроблення енергозберігальних заходів. Приклад оформлення такої схеми наведений на рис 7.1

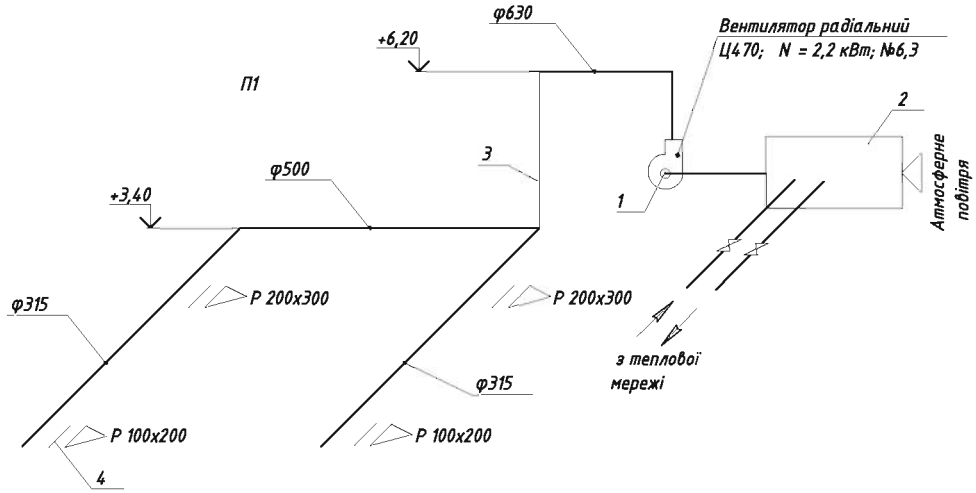


Рисунок 7.1 – Схема системи вентиляції, побудована в аксонометричній проекції

7.3 Економія електричної енергії в електродвигунах насосів, вентиляторів та іншого технологічного обладнання

Цей розділ ми адресуємо тим, хто планує провести ґрунтовний аудит споживання електричної енергії у ВНЗ, маючи відповідну підготовку з електротехніки та інших дисциплін, присвячених вивченню електричних машин.

Значну частку енергетичних витрат у будівлях навчальних корпусів можуть мати електродвигуни. Вони є найбільш розповсюдженими енергоспоживачами нарівні з електричним освітленням.

Більшу частину електричних агрегатів у навчальних корпусах ВНЗ становлять асинхронні електродвигуни приводу насосів, вентиляторів, ліфтових та лабораторних установок тощо.

Однією з основних причин перевитрат енергії в них є невідповідність потужності приводів (електродвигунів) споживаній потужності навантаження, оскільки завищена потужність електродвигуна призводить до зменшення його ККД і величини cos φ – відношення активної енергії до повної підведеної енергії. Активна енергія – це енергія, що використовується на виконання корисної роботи при наближеному значенні величини cos ϕ рівному одиниці; cos φ – це величина, яка характеризує ефективність роботи електричного пристрою.

Втрати активної енергії мають місце також при роботі всієї системи електропостачання не у номінальному режимі, при недовантаженні трансформаторів

та їх роботі у режимі холостого ходу. Під час обстежень необхідно оцінити ступінь навантаження трансформаторних підстанцій, вимикати недовантажені трансформатори, збільшувати ступінь завантаження решти трансформаторів.

Під час проведення енергетичного аудиту навчальних корпусів необхідно перевіряти відповідність потужності приводу (електродвигуна) споживаній потужності. Із зменшенням ступеня завантаження двигуна збільшується частка споживаної *реактивної потужності* на створення магнітного поля системи порівняно з активною потужністю і зменшується величина cos ϕ. Реактивна потужність – це величина, яка використовується для розрахунку навантажень, які створюються в електротехнічних пристроях коливаннями енергії електромагнітного поля ланцюга перемінного струму. Визначають за залежністю $N_p = (N^2 - N_a^2)^{0,5}$, де N_p – реактивна потужність; N – повна потужність; N_a – активна потужність. Реактивна потужність, яка передається по лініям електромереж, спричиняє активні втрати енергії в електричних мережах і трансформаторах, а також втрати напруги. Для компенсації активних втрат витрачається енергія на електростанціях. Реактивна потужність зростає для ненавантажених на повну потужність асинхронних двигунів і трансформаторів.

Капітальні витрати на заміну одного двигуна іншим із відповідною номінальною потужністю стають доцільними за умови його завантаження на 45 % і менше; при завантаженні двигуна на 45...75 % ефективність заміни необхідно перевірити техніко-економічним розрахунком; якщо ж завантаження двигуна більше 75 %, то заміна економічно недоцільна.

При зменшенні навантаження до 40 % потужності, споживаної асинхронним двигуном, доцільно запровадити автоматичне переключення обмоток зі схеми «трикутник» на схему приєднання «зірка». Це дає можливість зменшити потужність двигуна в 2,5...3 рази і скоротити втрати енергії. Такий захід є найпростішою схемою регулювання двигуна, який тривалий час працює при незначному навантаженні.

В системах, де має місце неперервна зміна характеристик роботи двигуна (мережні насоси при кількісному регулюванні відпуску теплоносія, димососи і вентилятори котлів із дуттєвими пальниками, циркуляційні насоси систем гарячого і холодного водопостачання) ефективним може бути використання електроприводу, що регулюється. Орієнтовні значення економії електроенергії у разі використання такого електроприводу у вентиляційних системах – до 30 %, у компресорних системах – 45...50 %, у насосах – до 25 %. Тиристорні регулятори напруги дешевші і використовуються для регулювання швидкості обертів у межах 10...15 % менше номінальних). Частотні регулятори (ЧР) дорожчі і діапазон їх регулювання є більш широким.

За умови роботи електродвигунів упродовж більшої частини робочого часу при навантаженні, меншому за 20...30 % від номінального, використання частотних регуляторів є економічно доцільним.

З огляду на значну вартість ЧР і особливості їх роботи, особливо в періоди пуску і зупинки електродвигунів, важливо здійснити правильний вибір їх технічних характеристик відповідно до потужності електродвигунів.

Економії електроенергії в насосних установках можна досягти такими заходами:

- правильним вибором потужностей електродвигунів установок;
- підвищенням ККД насосів;
- оптимізацією навантаження насосів і удосконаленням способів регулювання їх роботи;
- зменшенням гідравлічного опору трубопроводів (використанням більших діаметрів трубопроводів та запірно-регулювальної арматури із незначним опором, запобіганням забруднення внутрішньої порожнини трубопроводів);
- зменшенням витрат і втрат води.

Необхідну потужність електродвигуна насосу визначають відповідно до залежності (7.9):

$$N_н = (1,1...1,5) \cdot M_в \cdot H_в / (3600 \cdot \eta_н), \text{ кВт}, \quad (7.9),$$

де

$N_н$ – потужність приводу насосу, кВт;

$M_в$ – масові витрати води, які подаються насосом у мережу, кг / год;

$H_в$ – перепад тиску води на насосі; визначається як сума тиску води на нагнітальній і всмоктувальній лініях насосу відповідно до показань манометрів до і після насосу, відповідно, МПа;

$\eta_н$ – ККД насосу і передачі. $\eta_н = \eta_{нас.} \cdot \eta_{пер.}$, де $\eta_{нас.}$ – ККД насосу, приймається 0,65...0,85 згідно з паспортними характеристиками насосу і розташування робочої точки насосу на діаграмі характеристики насосу; $\eta_{пер.}$ – ККД передачі, залежить від виду передачі.

Економію електроенергії у разі заміни неефективних насосів з ККД $\eta_{н1}$ на більш ефективні з більшим ККД $\eta_{н2}$ а також заміни електродвигунів із збільшенням їх ККД з η_{e1} до η_{e2} за рахунок збільшення завантаження визначають за такою залежністю:

$$\Delta N_н = 0,000272 \cdot H_в \cdot M_в \cdot п_{нас.} [1/ (\eta_{e1} \cdot \eta_{н1}) - 1 / (\eta_{e2} \cdot \eta_{н2})], \text{ кВт} \cdot \text{год}, \quad (7.6),$$

де

η_{e1} і η_{e2} – ККД електродвигуна до і після заміни, відповідно, , визначається згідно паспортних даних двигуна і його реального завантаження. Орієнтовно для двигунів до 5 кВт за умови 100 % навантаження ККД електродвигуна становить $\eta_{e2} \approx 80$ %, а при 50 % завантаженні $\eta_{e1} \approx 55$ %;

$п_{нас.}$ – тривалість терміну роботи насосів упродовж облікового періоду (наприклад упродовж року), год;

$\Delta N_н$ – економія електроенергії внаслідок заміни насосів і збільшення їх ККД, кВт · год.

Питомі витрати електроенергії $N_н^{пит.}$ на 1 м^3 води для насосів визначають за залежністю $N_н^{пит.} = 0,272 \cdot H_в / (\eta_e \cdot \eta_н)$, де η_e і $\eta_н$ – величини ККД електродвигуна і насосу, відповідно, які залежать від режиму роботи насосу і ступеня завантаженості двигуна; визначають за діаграмами характеристик.

Найменші питомі витрати електроенергії будуть мати місце за умови номінальної паспортної подачі насосу.

Для підвищення ефективності роботи електродвигунів і насосів важливе значення має обраний спосіб регулювання режимів роботи насосів. Під час експлуатації насос працює у перемінному режимі, залежно від споживання води. При регулюванні засувкою витрати води і, відповідно, ККД, зменшуються, перепад тиску збільшується, що призводить до збільшення питомих витрат електроенергії.

Більш вдалий варіант регулювання – зміна кількості працюючих насосів або використання насосів із різними характеристиками і різною подачею, залежно від режиму роботи мережі та споживання води. У такому випадку ККД двигунів і насосів залишаються незмінними, питомі витрати електроенергії зменшуються.

Ще один варіант регулювання – зміною частоти обертів насосу. Це приводить до зменшення перепаду тиску (напору насосу) і, відповідно, $\eta_е$ та $\eta_н$. Питомі витрати електроенергії за такого регулювання змінюються незначно.

Скорочення витрат електроенергії на вентиляційних установках можна домогтися:

- заміною вентиляторів із низькими ККД $\eta_{в1}$ на вентилятори з більш високими ККД $\eta_{в2}$;
- впровадженням економічних способів регулювання продуктивності вентиляторів, наприклад, зміною частоти обертів;
- блокуванням вентиляторів теплових завіс з пристроями для відчинення і зачинення вхідних дверей або воріт;
- використанням теплоти видаляємого витяжного повітря для нагрівання припливного повітря у теплообмінниках;
- застосуванням ефективних схем регулювання тепловіддачі калориферів – нагрівачів припливного повітря;
- впровадженням автоматичного управління вентиляційними установками.

Заміна вентиляторів з низьким ККД $\eta_{в1}$ на вентилятори з підвищеним ККД $\eta_{в2}$ дає економію електроенергії, яка визначається за залежністю (7.10):

$$\Delta N_в = P_п \cdot V_п \cdot n_{вент.} \cdot (\eta_{в2} - \eta_{в1}) / (10^3 \cdot \eta_е \cdot \eta_{в2} \cdot \eta_{в1} \cdot \eta_п \cdot \eta_м), \text{ кВт} \cdot \text{год}, \quad (7.10)$$

де

$\eta_е$ – ККД електродвигуна, визначають згідно з паспортними даними двигуна і його реального завантаження;

$n_{вент.}$ – тривалість періоду роботи вентиляторів упродовж облікового періоду (наприклад протягом року), год.

$\Delta N_в$ – економія електроенергії внаслідок заміни вентиляторів і збільшення їх ККД, кВт · год;

$\eta_{в1}$, $\eta_{в2}$ – ККД вентиляторів до і після заміни, відповідно, част. од.;

$\eta_{пер.}$ – ККД передачі, част. од.;

$\eta_м$ – ККД електричної мережі, величина, яка враховує втрати енергії в електричній мережі, в трансформаторах част. од.

$P_п$ – тиск, який розвивається вентилятором, визначається за результатами вимірювання тиску у період проведення обстеження систем вентиляції, Па;

$V_п$ – продуктивність (подача) вентилятора, м^3/ с.

Необхідна потужність на приведення до дії вентилятора визначається за залежністю (7.11):

$$N_в = 1{,}1 \cdot V_п \cdot P_п / (\eta_в \cdot 10^3), \text{ кВт}, \quad (7.11)$$

де

$\eta_в$ – ККД вентилятора і передачі. $\eta_в = \eta_{пер.} \cdot \eta_{вент.}$, де $\eta_{пер.}$ – ККД передачі; $\eta_{вент.}$ – ККД вентилятора відповідно до його характеристики при подачі витрат повітря під тиском $P_п$.

Найбільш енерговитратним є регулювання вентилятора шибером на лінії нагнітання. Шибер – це запірно-регулювальний пристрій на повітропроводі для кількісного регулювання подачі повітря або газу.

Застосування інших способів регулювання дає можливість скоротити витрати електроенергії у таких межах:

- використання багатошвидкісних електродвигунів (економія електроенергії 20...30% порівняно з регулюванням шибером на лінії подачі повітря);
- регулювання подачі вентиляторів шиберами на лінії всмоктування (економія електроенергії до 15 %);
- регулювання подачі повітря шиберами на відгалуженнях системи і на робочих місцях (економія електроенергії до 10 %)
- регулювання за рахунок зміни числа обертів або зміною кута лопаток направляючого апарату (економія електроенергії 20...27 %). Більш точне визначення економії електроенергії у кВт · год здійснюється за залежністю (7.12):

$$\Delta N_в = n_{вент.} \cdot (V_{п1} \cdot \eta_{в1} \cdot P_{п1} - V_{п2} \cdot \eta_{в2} \cdot P_{п2}) / (10^3 \cdot \eta_{в2} \cdot \eta_{в1} \cdot \eta_е \cdot \eta_{пер} \cdot \eta_м), \text{ кВт·год}, \quad (7.12)$$

де

$V_{п1}$,$V_{п2}$ – подача вентилятора до і після зміни режиму його роботи, м^3/ с;

$P_{п1}$, $P_{п2}$ – тиск, який розвивається вентилятором до і після зміни режиму його роботи, Па;

$\eta_{в1}$, $\eta_{в2}$ – ККД вентилятора до і після зміни режиму його роботи згідно характеристики вентилятора і положення робочої точки на ній.

Влаштування автоматичного регулювання і управління вентиляційними установками залежно від температури зовнішнього повітря дає економію електроенергії до 10...15 %.

7.4 Енергозбереження в системах освітлення

З ростом чисельності населення та розвитком економіки розширюється сфера цілодобової діяльності людей, що потребує додаткового використання штучного освітлення і, як наслідок, збільшення споживання електричної енергії, виробництво якої пов'язано із значними фінансовими витратами, інтенсивним споживанням природних ресурсів і забрудненням навколишнього середовища.

Зауважимо, що вартість створення 1 кВт генерувальної електричної потужності становить близько 1,5...2,0 тис. дол. США, а під час виробництва 1 кВт · год електроенергії викидається в атмосферу близько 0,6 кг CO_2. Це зобов'язує

людство шукати шляхи зменшення споживання електроенергії, в тому числі тієї її частки, яка споживається на освітлення.

За усередненими оцінками, енергія, що витрачається на генерування світла, становить близько 5 % від споживаної енергії в цілому (або більше 13 % від електроенергії, що виробляється). Приблизно 0,5 % споживається в процесі виробництва ламп та іншої світлотехнічної продукції і 4,5 % споживається електростанціями з кінцевою метою генерування енергії для отримання світла. Середня ефективність перетворення електричної енергії в світлову становить близько 5 % для ламп розжарювання і 20...50 % – для люмінесцентних ламп. Враховуючи, що електростанції перетворюють енергію природного палива в електроенергію з середнім коефіцієнтом корисної дії до 30...35 %, одержуємо загальну ефективність перетворення енергії палива в світлову на рівні 1,5...17 %.

Тому основний потенціал енергозбереження в освітлювальних установках полягає у підвищенні ефективності перетворення електричної енергії в світлову.

Головні чинники, що впливають на споживання енергії освітлювальною установкою за заданих норм освітлення, є такими:

- проект схеми освітлення; спільне використання природного та штучного освітлення;
- світлова віддача лампи (світловий вихід на один ватт електроенергії, що споживається лампою даного типу);
- ефективність світильника (коефіцієнт корисної дії освітлювальної апаратури);
- правильність використання вимикачів та регуляторів;
- вибір схеми розміщення світильників;
- автоматичне регулювання освітлення;
- рівень запиленості повітря приміщень;
- чистота вікон (для повного використання природного освітлення) тощо.

Упровадження нових прогресивних джерел світла, використання світильників з високим ККД, застосування відбиваючої арматури і раціональних схем освітлення дозволяють в багатьох випадках значно підвищити ефективність електроосвітлювальних установок, збільшити освітленість робочих місць, досягнути реальної економії електроенергії.

1. Використання ефективних джерел світла. Головні тенденції розвитку джерел світла останніх років полягають у такому: підвищення світлової віддачі, тривалості горіння, щільності світлового потоку, якості кольоропередачі та екологічної безпеки. Необхідно використовувати той тип лампи, який забезпечує максимальний світловий потік на один ватт встановленого електричного навантаження та має характеристики, узгоджені з іншими потребами освітлювальної установки. Світлова віддача кожного типу лампи може бути визначена на основі доступних даних про лампу і схему її включення.

В різноманітних галузях людської діяльності використовуються три основні групи ламп: лампи розжарювання; розрядні лампи низького тиску (люмінесцентні лампи); розрядні лампи високого тиску (високоінтенсивні лампи).

Лампи розжарювання. Незважаючи на досить низьку енергетичну ефективність, лампи розжарювання (ЛР) залишаються наймасовішими в усіх країнах.

Це обумовлено простотою їх конструкції і схеми ввімкнення, універсальністю, невисокою вартістю та, не в останню чергу, традицією. В обсязі виробництва ламп загального призначення частка ЛР в Україні становить більш як 90 %, в Західній Європі та Північній Америці приблизно 80 % і лише в Японії менш як 30 %.

В сучасних ЛР практично повністю реалізовано технічні можливості підвищення їх енергоекономічності. Основна увага щодо ЛР за кордоном приділяється збільшенню їх номенклатури для побуту, зміні форм колб, нанесенню дзеркальних покриттів, зміні складу скла або застосуванню покриттів для корекції кольоровості та ін.

Значного поширення за останні роки набули створені наприкінці 50-х років *галогенні лампи розжарювання* (ГЛР) – лампи розжарювання з галогенним циклом, світлова віддача, колірна температура і тривалість горіння яких перевищують відповідні параметри традиційних ЛР. Широке застосування в світильниках спрямованого світла і в нових типах побутових світильників загального та місцевого освітлення сьогодні знайшли ГЛР низької напруги, Вони є альтернативою звичайним ЛР через значно менші габарити, в 1,5...2 рази вищу світлову віддачу і в 2...4 рази більший термін експлуатації.

Люмінесцентні лампи. Люмінесцентні лампи (ЛЛ) є розрядними джерелами світла, які широко використовуються для внутрішнього освітлення адміністративних, комерційних будівель, виробничих приміщень та ін. Про це свідчать статистичні дані; в загальному обсязі виробництва джерел світла ЛЛ складають в Західній Європі – 18 %, в Північній Америці – 19 %, в Японії – 70 %, в інших країнах –18 %. Для України та інших пострадянських країн цей показник удвічі нижчий, ніж для Західної Європи та Північної Америки (джерело: Журнал «Світло люкс»).

Люмінесцентні лампи вперше були представлені в 1939 р. на виставці у Нью-Йорку. Вони почали застосовуватись в магазинах, офісах й інших адміністративних будинках, оскільки споживали менше електроенергії, забезпечуючи необхідне освітлення. Проте, для освітлення в домівках їх майже не використовували – мерехтіння, час вмикання, шум та розмір тих ламп не влаштовували господарів. У 80-х роках знайшли спосіб зменшити розмір трубок і люмінесцентні лампи стали вже більш схожими з лампами розжарювання за своїм зовнішнім виглядом.

Сьогодні виробникам вдалося позбутися більшості недоліків, й люмінесцентні енергозберігаючі лампи (ЛЕЛ) стають дедалі більш популярними, а звичайні лампи розжарювання планують заборонити у найближчі роки в багатьох країнах світу.

Люмінесцентні лампи містять всередині суміш парів ртуті та інертного газу. Внаслідок електричного розряду між електродами створюється електричне поле, яке спричиняє виділення парами ртуті ультрафіолетового світла. Аби ультрафіолетове світло перетворювалось на видиме, на внутрішні стінки лампи наноситься люмінофор (речовина, яка активно випромінює світло при дії електромагнітного, ультрафіолетового чи іншого виду випромінювання).

Сучасні високоефективні компактні люмінесцентні лампи використовують до 80 % електроенергії менше за лампи розжарювання. Економія електроенергії досягається завдяки більшій ефективності та більшій тривалості використання. Звичайні лампи продукують 12...15 лм на 1 Вт спожитої електроенергії, тоді як компактні люмінесцентні лампи – 50...80.

Ще однією характеристикою енергозберігальних ламп є їх кольорова температура, яка визначає колір світла: 2700 К – теплий білий колір, найбільш близький до світла традиційної лампи розжарювання; 4200 К – денне світло, 6400 К – холодне біле світло. Загалом, світло дещо відрізняється від звичного, але більшість людей досить швидко звикає до нього.

За розрахунками, економія коштів на одній лампі сягає близько 190 грн, вона окупається менш як за рік. Енергоефективні лампи слугують набагато більше за звичайні. Час роботи енергоефективної лампи становить 10000...13000 год (якщо лампа постійно ввімкнена), тоді як звичайної лампи розжарювання – близько 750...1000 год.

Люмінесцентні лампи наповнені парами ртуті, тому потрібно поводитися з ними обережно, щоб не розбити в оселі, адже ртуть належить до речовин першого класу небезпеки. Проблема утилізації люмінесцентних ламп стоїть досить гостро у сучасному світі, не лише у зв'язку із зростанням рівня забрудненості планети важкими металами, але й із зростанням використання ртутних ламп в сучасному виробництві і побуті.

Ще одним з недоліків енергозберігаючих ламп часто називають мерехтіння. Але в сучасних лампах частота мерехтіння сягає 20 тис. герц, тому воно не помітне для людини.

Діодні лампи. Історія світлодіодів (СВД) починається з середини 50-х років, коли було відкрито інфрачервоне випромінювання напівпровідників. Однак, тоді ще було далеко до їх використання в якості освітлювальних приладів – занадто мала яскравість.

В 1993 р. професор Накамура (Shuji Nakamura) запропонував світу перший яскравий СВД на нітриді галію. Дуже скоро після цього він створив зелений та білий світлодіоди. У 2006 р. професор Накамура одержав «Премію тисячоліття» від Національного технологічного агентства Фінляндії, яка вручається за винаходи, які зробили вагомий внесок у розвиток людства.

Принцип роботи СВД базується на ефекті електролюмінесценції: випромінюванні світла певними речовинами під дією електричного струму. Колір залежить від хімічного складу використаного у світлодіоді напівпровідника. Сучасні СВД можуть випромінювати на довжині хвилі від інфрачервоної до близького ультрафіолету.

Ефективність СВД залежить від кольору й досягає 30 лм / Вт. Однак вже зараз з'являються технології, які можуть забезпечити ефективність 70 лм / Вт і вище.

Так само, як і люмінесцентні лампи, СВД економлять не лише електроенергію, але й кошти. Діодні лампи розраховані (принаймні так стверджують виробники) на 50...100 тис. годин безперервної роботи.

СВД не містять парів ртуті й не піддаються механічними пошкодженням у тій мірі, як звичайні та люмінесцентні лампи.

Недоліком є досить висока вартість СВД. На сьогодні в Україні вже випускаються світлодіоди, розраховані на потужність понад 25 Вт. Монтувати їх можна в уже встановлену світлоарматуру. Вартість такої точки внутрішнього освітлення становить майже 50 дол. США.

2. Використання електронної пускорегулювальної апаратури. Сучасна електронна пускорегулювальна апаратура (ПРА) суттєво покращує техніко-економічні показники люмінесцентних ламп. забезпечуючи:

- миттєве (без мигання і шуму) запалювання ламп;
- стабільність освітлення незалежно від коливань напруги;
- високу якість електроенергії, що споживається.

ПРА є досить дорогими пристроями, однак початкові затрати компенсуються за рахунок їх високої економічності. Економія електроенергії сягає 20...25 % при збільшенні освітленості на 10...12 %, зменшуються затрати на обслуговування світильників внаслідок виключення з їх складу стартерів, конденсаторів тощо, підвищується на 50 % термін служби ламп завдяки ощадному режиму роботи і пуску.

3. Ефективне використання світової віддачі ламп.

Для використання світлової віддачі ламп необхідно враховувати: ефективність світильника (освітлювальної арматури); проект схеми освітлення – природне освітлення; правильне використання вимикання та регулювання. Основні функції світильників полягають у тому, щоб підтримувати і захищати лампи, забезпечувати електричні підключення до джерела живлення, а також регулювання та спрямованість світла.

Високоефективні рефлектори. Використовують поверхню, покриту сріблом, що має виключно високі відбивальні властивості та забезпечує максимальне відбиття світлового потоку лампи. Високоефективні рефлектори забезпечують збільшення коефіцієнта використання освітлювальної установки, в результаті чого більша частина світлового потоку досягає поверхні. Практично це дає змогу зменшити вдвічі кількість ламп.

Вплив дизайну та облицювання. Поверхні, пофарбовані в світлий тон відбивають світла більше і є більш ефективними, проте їх необхідно регулярно фарбувати та мити, щоб забезпечувати економічне використання освітлення. Збільшення коефіцієнтів відбиття поверхонь приміщень на 20 % дозволяє економити 5...15 % електроенергії, внаслідок збільшення рівня освітленості.

Регулятори освітлення. Мета встановлення подібних регуляторів – забезпечити ефективне освітлення в потрібному місці і протягом необхідного часу. Ручними регуляторами забезпечується керування освітленням для окремих рядів систем освітлення, керування індивідуальними світильниками. Автоматичні регулятори бувають такі: фотоелектричні, безконтактні та регулятори з таймером.

Фотоелектричні регулятори. Фотоелектричні регулятори можуть забезпечити відключення освітлення тоді, коли для створення необхідного світлового потоку вистачає природного (денного) освітлення. Наприклад, фотоелектричний датчик може реагувати на зовнішню освітленість і може бути налаштований так, щоб спрацьовувати при такій зовнішній освітленості, що забезпечує необхідну освітленість на робочому місці. Вмикання електронного економного світлотехнічного пристрою в робочий режим відбувається фотодіодом в момент настання темноти, а безпосереднє вмикання-вимикання освітлення забезпечує детектор руху в момент попадання об'єкту в поле його дії.

Безконтактні регулятори. Це локальні регулятори, які реагують на присутність (ефект близькості) людей в приміщені. Визначення присутності може базуватися

на використанні інфрачервоних чи високочастотних датчиків, які вмикають освітлення за присутності людини в приміщені та знову вимикають освітлення, коли людина залишає приміщення.

Регулятори з таймером. Часові регулятори використовуються в приміщенні із чітким графіком роботи. Наприклад, освітлення може вимикатись з деяким запізненням після закінчення зміни. Проте в цьому випадку необхідно передбачити аварійне та охоронне освітлення.

Автоматичне управління рядами світильників. При освітленні великих приміщень, де використовуються кілька рядів світильників, розміщених паралельно стіні, можна вимикати окремі ряди залежно від зміни природного освітлення, часу доби, роботи в окремих частинах приміщення.

4. Підтримання ефективності системи освітлення. Для підтримання ефективності системи необхідне таке: регулярна чистка світильників, заміна пошкоджених та застарілих ламп, полегшення доступу природного освітлення шляхом регулярного чищення вікон, підтримання чистоти (прозорості) повітря.

В запилених і брудних виробництвах спостерігається випадки зниження освітленості в 8...10 разів. Тому підтримання світильників в належній чистоті має велике значення для раціонального використання електроенергії.

Практичне використання освітлювальної апаратури вказує, що втрати світлового потоку складають внаслідок:

- забруднення світильників – 16 %;
- забруднення стін та стелі – 19,5 %;
- старіння ламп – 13 %;
- неправильної зборки ламп і рефлектора – 4 %;
- понаднормативної втрати напруги в мережі – 8 %.

Слід відмітити, що використання ламп з раціональною освітлювальною арматурою скорочує витрати електроенергії в 1,5 рази порівняно з відкритими лампами.

Підвищення коефіцієнта потужності мережі є одним із найважливіших заходів щодо економії електроенергії. Цей захід зменшує споживання реактивної потужності електроустановками, а тим самим веде до зменшення втрат в енергосистемі на передачу реактивної потужності.

При значній економії електроенергії люмінесцентні лампи мають свої особливості. Наприклад, у люмінесцентних ламп коефіцієнт потужності складає близько 0,5, тому не можна допускати роботу цих ламп без компенсуючих пристроїв – статичних конденсаторів.

5. Підтримання номінальних рівнів напруги в освітлювальній мережі. Коливання напруги призводить до перевитрат електроенергії. Напруга на виводах ламп не повинна бути більше 105 % і нижче 85 % номінальної напруги. Зниження напруги на 1 % спричиняє зменшення світлового потоку ламп: розжарювання – на 3...4 %, люмінесцентних – на 1,5 % і ртутних люмінесцентних ламп – на 2,2 %.

Для уникнення впливу коливань напруги на ефективність освітлювальних установок використовують окремі трансформатори і компенсувальні пристрої. Застосовують також пристрої автоматичного регулювання напруги.

Запитання та завдання для самоперевірки до розділу 7

1. Яким чином визначаються нормовані параметри повітряного середовища у приміщеннях ВНЗ?
2. Для яких приміщень ВНЗ потрібно передбачити відокремлені системи витяжної вентиляції і чому саме?
2. За даними таблиці 7.3 визначте контрольні показники питомого теплового потоку для опалення будівлі чотириповерхового навчального корпусу для вашої температурної зони.
3. Наведіть формулу для визначення годинних розрахункових витрат теплоти на вентиляцію.
4. Визначте розрахункові витрати теплоти на потреби опалення для навчального корпусу ВНЗ опалювальним об'ємом за зовнішніми обмірами 15000 м^3 у м. Чернігові. Будівлю збудовано у 1985 р.
5. Порівняйте питомі опалювальні характеристики навчальних будівель ВНЗ і гуртожитків (дані табл. 6.4 і 7.5). Зробіть висновки за результатами порівняння. Визначте розрахункові потреби на опалення будівлі навчального корпусу і гуртожитку однакового об'єму за зовнішніми обмірами. Порівняйте результати.
6. Визначте річні витрати холодної води для навчального корпусу політехнічного університету у м. Одесі. Кількість студентів – 1500 осіб. Кількість викладачів – 190 осіб.
7. Визначте річні витрати теплоти на гаряче водопостачання за умовами попередньої задачі.
8. Визначте річні витрати теплоти для будівлі педагогічного університету у м. Житомирі за умови, що середньогодинні витрати теплоти на опалення за опалювальний період становили 350 кВт · год. Дійсна середня температура опалювального періоду становила +1 ^{0}С. Тривалість опалювального періоду – 180 діб.
9. Назвіть чинники, що впливають на споживання енергії освітлювальною установкою за заданих норм освітлення.
10. Охарактеризуйте переваги та недоліки сучасних джерел світла.
11. Яким чином можна підвищити ефективність системи освітлення?

РОЗДІЛ 8
ОРГАНІЗАЦІЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО АУДИТУ У ЖИТЛОВИХ БУДІВЛЯХ, НАВЧАЛЬНИХ КОРПУСАХ ТА ІНШИХ СПОРУДАХ УНІВЕРСИТЕТСЬКИХ МІСТЕЧОК

Викладення у розділах посібника основних правил облаштування систем опалення, вентиляції та гарячого водопостачання гуртожитків і навчальних корпусів ВНЗ дало можливість ознайомитись з основними статтями витрат енергії для забезпечення комфортних умов життєдіяльності людей у будівлях університетських містечок.

У ході ознайомлення із змістом викладених вище розділів можна було пересвідчитись у надзвичайно високій енерговитратності процесів створення мікроклімату у приміщеннях для навчання, проживання і відпочинку. Це є однією із причин значних витрат енергії у комунальному господарстві. Оскільки використання будь-якої енергії пов'язано із споживанням природних ресурсів, які утворювались і нагромаджувалися упродовж надзвичайно довгого, з огляду на тривалість одного людського життя, проміжку часу, стає зрозумілим, що споживання енергії і антропогенний вплив на довкілля тісно пов'язані.

Окрім того, використання викопних вуглеводневих палив і здобування з них теплоти поки що неможливе без організації та здійснення процесу горіння палива. А горіння – це процес, який спричинює утворення таких продуктів згоряння, яких не було ні у складі палива, ні у складі атмосферного повітря, що витрачається у значних об'ємах на забезпечення процесу горіння палива.

Більша частина таких продуктів згоряння належить або до класу токсичних речовин, або до парникових газів – теплових забруднювачів атмосфери. Отож висновок очевидний — генерування енергії у процесах згоряння палива неминуче призводить до забруднення довкілля.

Таким чином, будь-які енергозберігальні заходи є одночасно і заходами зі зменшення забруднення довкілля, у тому числі атмосферного повітря. Енергетичні та екологічні проблеми нерозривно взаємопов'язані.

Найкращим способом очищення викидів у атмосферу є не той спосіб, який дає найвищий коефіцієнт очищення викидів, а спосіб або технологічний процес, який запобігає самому утворенню викидів забруднюючих речовин в атмосферу.

Зменшення витрат природного газу лише на 1000 м^3, які згоряють у котлі середньої теплової потужності (до 10 МВт) всього за одну годину, запобігають викидам у атмосферу 1800 кг парникового діоксиду вуглецю, 1680 г токсичних оксидів азоту і такої самої кількості чадного газу — монооксиду вуглецю. Мабуть, безперспективно обговорювати, чи правильно і справедливо це, чи ні, бо це таким є закон природи.

У зв'язку із запланованим скороченням витрат природного газу буде збільшуватись споживання низькосортних твердих палив і рідкого сірчистого палива. А це означає значне погіршення екологічної ситуації.

Так, за умови переведення роботи того ж котла з природного газу на деревину викиди в атмосферу забруднюючих речовин за одну годину роботи становитимуть:

- діоксиду вуглецю – 3440 г;
- метану — 10350 г;
- діоксиду азоту – 3450 г;
- оксиду вуглецю —172500 г;
- сірчистого ангідриду – 4968 г;
- твердих частин (золи і сажі) — 506 г.

Зазначене суттєве збільшення викидів забруднювальних речовин в атмосферу необхідно обов'язково враховувати під час розроблення концепції переходу роботи паливоспалювального обладнання з природного газу на інші види палива.

Плануючи заходи із переведення джерел теплоти середньої і малої потужності з природного газу на тверде або рідке паливо (у тому числі місцеві і відновлювальні види палива) необхідно також пам'ятати, що шкода, яка спричинена такими джерелами забруднення, є значно більшою, ніж шкода від роботи потужних теплових електростанцій і котелень. Це пояснюється специфікою розміщення таких котельних у зонах з високою густотою населення, незначною висотою димових труб та відсутністю технічних заходів, що забезпечували б ефективне спалювання низькосортних видів палива і очищення шкідливих викидів у атмосферу.

Особливо важливим за такої ситуації стає використання відновлювальних джерел енергії (ВДЕ). Світова енергетика розвивається у напрямку їх використання. Такі країни, як Німеччина, США, Іспанія, Швеція, Данія, Японія планують у першій половини XXI століття збільшити частку ВДЕ в загальному енергетичному балансі до 20...50 % (див. табл. 8.1).

В країнах ЄС передбачають до 2011 року подвоїти частину частку енергії, яка виробляється відновлювальними джерелами (вітру, сонця, біомаси, гідроенергії) у загальному енергопостачанні з 6 % до 12%. Такі цифри є і для України необхідною умовою для вступу до ЄС.

Таблиця 8.1

Вироблення теплової і електричної енергії з відновлюваних джерел енергії у країнах ЄС

Тип відновлюваних джерел енергії (ВДЕ)	Виробництво енергії				Загальні капітальні витрати в 1997...2010 рр., млрд дол. США	Зменшення викидів CO_2, млн т / рік
	1995 р.		2011р.			
	млн т н. е	%	млн т н. е	%		
Вітроенергетика	0,35	0,5	6,9	3,8	34,56	72
Гідроенергетика	26,4	35,5	30,55	16,8	17,16	48
Фотоелектрична енергетика	0,002	0,003	0,26	0,1	10,8	3,0
Біомаса	44,8	60,2	135	74,2	100,8	255
Геотермальна енергетика	2,5	3,4	5,2	2,9	6,0	5,0
Сонячний колектор	0,26	0,4	4	2,2	28.8	19
Усього	74,3	100	182	100	198,12	402

Внесок окремих видів вторинних джерел енергії у виробництво енергії із ВДЕ в Україні подано в табл. 8.2.

Таблиця 8.2

Частка відновлюваних джерел у виробництво енергії в Україні

Вид відновлюваних джерел енергії	Частка у виробництві енергії, %	Вид відновлюваних джерел енергії	Частка у виробництві енергії, %
Біоенергетика	17,79	Вітроенергетика	0,2
Велика гідроенергетика	78,8	Геотермальна енергетика	0,07
Мала гідроенергетика	3,1	Сонячні теплові колектори	0,04

Однією із проблем енергозбереження є недостатня освіченість населення щодо питань ощадливого використання енергії та відсутність комплексного підходу у впровадженні таких знань в навчальні програми шкіл, технікумів та ВНЗ.

Вигоди підвищення енергетичної ефективності і її екологічних наслідків, на жаль, не всім і не завжди очевидні. Успіх у справі енергозбереження буде досягнуто лише у тому випадку, коли якомога більша частина споживачів енергії долучаться до цього процесу. Навіть в умовах існуючої катастрофічної ситуації, яка спричинена дефіцитом енергоресурсів і неможливістю багатьох споживачів вчасно розраховуватись за енергію, не всі розуміють важливість та актуальність проблеми економії енергії.

Тому результатом ознайомлення з матеріалами посібника може бути практична реалізація одержаної інформації для конкретної корисної справи – проведення енергетичних досліджень будівель ВНЗ та їх інженерних систем з метою аналізу дійсного стану справ з витратами теплової, електричної енергії і води; визначення розрахункових витрат, необхідних для досягнення комфортних умов мікроклімату у приміщеннях; аналізу фактичного рівня витрат паливно-енергетичних ресурсів; з'ясування причин можливих перевитрат енергії і, як результат, – розроблення енергозберігаючих заходів та рекомендацій з ощадного користування ресурсами.

Саме такі роботи лежать в основі *енергетичного аудиту будівель*[44] – комплексу робіт, спрямованих на досягнення раціонального використання паливно-енергетичних ресурсів, зменшення втрат теплової енергії, скорочення споживання теплової, електричної та інших видів енергії, підвищення енергетичної ефективності роботи обладнання та покращення поліпшення мікроклімату в будівлях.

Енергетичний аудит створює підґрунтя для реалізації енергоменеджменту — системи контролю та управління споживанням енергетичних ресурсів з метою унеможливлення їх перевитрат у ході експлуатації будівель.

[44] Загальні правила проведення енергетичного аудиту у будівлях, підпорядкованих Міністерству освіти та науки України, викладені в «Методиці проведення енергетичного аудиту закладів освіти. Загальні положення. Порядок проведення». — К., 2010

Під час виконання енергетичного аудиту будівель і споруд здійснюється визначення ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів для будівель у процесі їх експлуатації, що передбачає таке:

- проведення аналізу архітектурно-планувальних рішень, встановлення дійсних теплотехнічних показників теплоізоляційної оболонки будинку та енергетичних характеристик інженерного обладнання;
- з'ясування структури і величини енерговитрат на потреби опалення, вентиляції, гарячого водопостачання, освітлення та інші потреби упродовж опалювального періоду чи року;
- визначення розрахункової потреби теплоти на опалення, вентиляцію і гаряче водопостачання житлових, громадських і промислових будинків за їх фактичними паспортними характеристиками, а також показаннями теплових лічильників; побудова графіку відпуску теплоти залежно від температури зовнішнього повітря;
- визначення відповідності фактичних питомих тепловитрат нормативним значенням;
- побудова графіка витрат теплоти залежно від температури зовнішнього повітря;
- визначення потенціалу енергозбереження;
- розробка обґрунтованих рекомендацій з підвищення рівня енергетичної ефективності будівель – комплексу технічних, організаційних та експлуатаційних заходів, які сприяють зниженню витрат теплової та інших видів енергії за умови обов'язкового забезпечення оптимальних кліматичних та інших умов життєдіяльності людини у приміщеннях будівлі.

Результати подано у Звіті з енергоаудиту, що описує рекомендовані заходи з розрахунками необхідних інвестицій, економії та вигод.

Щодо виконання таких робіт силами студентів. Ми усвідомлюємо той факт, що професійні роботи з енергетичного аудиту виконують представники спеціалізованої організації, атестованої на діяльність з енергоаудиту відповідно до вимог законодавства (Наказ Державного комітету України з енергозбереження від 9 квітня 1999 р № 27 «Про затвердження положення про порядок організації енергетичних обстежень бюджетних установ, організацій та казенних підприємств»).

Організація, яка здійснює виконання робіт з енергетичного аудиту, повинна мати свідоцтво — дозвіл Центрального агентства з енергетичних обстежень, яке підпорядковане Національному Агентству України з питань забезпечення ефективного використання енергетичних ресурсів (НАЕР). Тому, звичайно, мова не йде про офіційні роботи з проведення енергетичного аудиту. Але, поклавши в основу таких енергетичних обстежень зацікавленість у результатах роботи, об'єктивний підхід до визначення основних характеристик будівель, небайдужість і бажання прислужитись високій меті енергетичної незалежності держави, в якій ми живемо, результатом такого аудиту може бути не лише економія паливно-енергетичних і фінансових ресурсів у вищих навчальних закладах ВНЗ, а й усвідомлення студентами свого призначення і своєї громадської позиції у суспільстві та у житті.

8.1 Методика проведення енергетичного аудиту. Визначення розрахункових і фактичних показників витрат енергоносіїв. Збір даних для проведення енергоаудиту

При проведенні енергоаудиту в будинках повинні бути оцінені такі чинники і системи, які впливають на рівень енергоспоживання та створення необхідних умов життєдіяльності людини:

- огороджувальні конструкції будівлі (стіни, вікна, двері, дах і підлога);
- система опалення;
- система вентиляції;
- система гарячого водопостачання;
- автоматичні системи управління;
- освітлення;
- різне обладнання — кухонне, пральне і т.д.;
- система кондиціювання повітря.

Окрім цього, необхідно також брати до уваги, як відбувається управління й експлуатація будівлі та її інженерних систем.

Загальний рівень споживання енергії будинком оцінюється як сумарний за всіма зазначеними вище системами:

$$N_{заг.} = N_{оп.} + N_{вент.} + N_{гв} + N_{авт.} + N_{осв.} + N_{конд.} + N_{інше}, \text{ кВт} \cdot \text{год},$$

де

$N_{оп.}$ – кількість енергії, яка була спожитою для потреби опалення будинку;

$N_{вент.}$ – кількість енергії, яка була спожитою для забезпечення роботи систем вентиляції (витрати теплової енергії на нагрівання повітря, що надходить ззовні);

$N_{гв}$ – кількість енергії, спожитої системою гарячого водопостачання;

$N_{авт.}$ – витрати енергії для забезпечення роботи системи автоматичного управління безпеки;

$N_{осв.}$ – витрати енергії з метою забезпечення роботи системи внутрішнього та зовнішнього освітлення об'єкта аудиту;

$N_{конд.}$ – кількість енергії, що була використана для роботи систем кондиціювання повітря;

$N_{інше}$ – витрати енергії для іншого обладнання, що споживає енергію (насоси, вентилятори, кухонне, пральне обладнання, ліфти тощо).

Не слід також забувати, що основу кожного аудиту повинна становити вивірена енергетична модель об'єкта, що ґрунтується на тепловому, енергетичному або матеріальному балансі.

Так, після складання та визначення основних компонентів теплового балансу будівлі у вигляді рівняння (6.1) будуть визначені розрахункові витрати теплоти на опалення (за відсутності вихідних даних можливим є визначення цієї величини за укрупненими показниками відповідно до залежностей (6.16 і 7.1).

Витрати теплоти на потреби опалення будинку, які будуть отримані із рівняння теплового балансу за дійсних параметрів внутрішнього і зовнішнього повітря,

повинні відповідати показанням теплового лічильника, який встановлено у вузлі теплового вводу будинку $Q_{ліч.}$.

$$Q_{оп.} = (Q_{транс.} + Q_{інф.}) — [Q_{гв}^{тр} + (Q_{вент.}^{тр} + Q_{вент.}) + Q_{осв.} + Q_{сон.} + Q_{ел.\ обл.} + Q_{техн.} + Q_{люд.} + Q_{вн.\ огор.} + Q_{інші}] = Q_{ліч.} \quad (8.1)$$

Така тотожність для фактичних параметрів мікроклімату означає, що отримана розрахункова модель об'єкта відповідає дійсності і з нею можна продовжити роботу.

Після підстановки в рівняння теплового балансу (8.1) нормованих параметрів внутрішнього і зовнішнього повітря можуть бути отримані такі варіанти:

1. $Q_{ліч.} < Q_{оп.}$ — у будівлі здійснюються адміністративні методи енергозбереження за рахунок погіршення параметрів мікроклімату; неправильно ідентифіковано теплотехнічні характеристики огороджувальних конструкцій; інші помилки під час складання теплового балансу;

2. $Q_{ліч.} > Q_{оп.}$ — перевитрати теплоти на об'єкті енергоаудиту; неправильно встановлено теплотехнічні характеристики огороджувальних конструкцій, інші помилки під час складання теплового балансу;

3. $Q_{ліч.} = Q_{оп.}$ — модель адекватна, витрати теплоти на опалення відповідають дійсним теплотехнічним характеристикам будівлі.

Зазначена перевірка здійснюється для різних значень температур зовнішнього повітря в усьому діапазоні від початку опалювального періоду до розрахункової температури найбільш холодної п'ятиденки. Відсутність тотожності при зміні температури зовнішнього повітря свідчить про недоліки у процесі регулювання відпуску теплоти.

Таким чином, вивірений тепловий баланс будівлі гарантує об'єктивність результатів її енергоаудиту.

За наявності у будівлях власних джерел теплоти важливо скласти баланс по паливу, який записано у вигляді залежності (8.2):

$$B \cdot Q_н^р \cdot \eta_{нетто} = (Q_{оп.}^{ж} + Q_{оп.}^{гр} + Q_{гв}^{ж} + Q_{гв}^{гр} + Q_{вент.}^{гр}) + (Q_{охол.}^{втр.} + Q_{виток.}^{втр.}), \quad (8.2)$$

де

B – витрати палива у котельні за результатами приладового обліку;

$Q_н^р$ — теплота згоряння палива за даними сертифіката якості палива;

$\eta_{нетто}$ — середньозважений за період спостереження ККД «нетто» котелень. Визначається за результатами режимно-налагоджувальних робіт на паливоспалювальному обладнанні або за нормативами.

У правій частині теплового балансу (8.2) – потреба споживачів у теплоті для опалення житлових, громадських та інших будівель $Q_{оп.}^{ж}$, $Q_{оп.}^{гр.}$, їх гаряче водопостачання $Q_{гв}^{ж}$, $Q_{гв}^{гр.}$, вентиляцію $Q_{вент.}^{гр.}$, а також втрати теплоти у теплових мережах – з охолодженням води $Q_{охол.}^{втр.}$ і з витоками води $Q_{виток}^{втр.}$. У лівій частині – витрачений тепловий потенціал палива за результатами обліку витрат газу і показань лічильника газу. Баланс складається для розрахункової температури зовнішнього повітря, будь-якого іншого значення температури зовнішнього

повітря, а також в цілому за рік. Допустима похибка складання теплових балансів становить 10...15 % (до 20 %).

Після перевірки теплової моделі можна приступати до визначення питомих опалювальних характеристик будівель за залежністю (6.15) і порівняння отриманих питомих показників з нормованими величинами, чинними на час спорудження будівель і на сьогодення.

На основі такого порівняння визначають потенціал енергозбереження і переходять до аналізу можливості скорочення окремих складових теплового балансу, розробки енергозберігаючих заходів і визначення їх економічної ефективності.

Вся робота з проведення енергетичних досліджень може бути розділена на наступні етапи:

1. Підготовчі роботи. Збір вихідних даних про об'єкт.
2. Попереднє обстеження об'єкту.
3. Проведення енергетичного аудиту .
4. Оброблення результатів аудиту. Визначення потенціалу енергозбереження та енергозберігальних заходів. Розроблення рекомендацій з енергетичного менеджменту.
5. Екологічне оцінювання результатів упровадження енергозберігальних заходів.
6. Економічна оцінка впровадження енергозберігальних заходів.
7. Громадські слухання та обговорення результатів аудиту. Розроблення рекомендацій з упровадження результатів роботи.

Увесь процес розвитку роботи потребує часу і значних зусиль. У зв'язку з цим перед виконанням робіт необхідно скласти програму і календарний план. Вони повинні бути узгодженими із адміністрацією ВНЗ перед початком процесу. В програмі і календарному плані вказується тривалість та послідовність виконання робіт, що дає можливість адміністрації висловити побажання, які можуть бути враховані під час складання остаточного варіанту програми.

Розглянемо зміст окремих складових робіт з проведення енергетичного аудиту:

1. Підготовчі роботи. Збір вихідних даних про об'єкт.

На етапі виконання підготовчих робіт складають програму і календарний план, визначають об'єм рахунків за електричну та теплову енергію, паливо, гарячу і холодну воду, з'ясовують ступінь зношеності обладнання та інженерних систем, термін останнього капітального ремонту, плани щодо поточних ремонтів. На цьому етапі разом з експлуатаційним персоналом адміністративно-господарчої частини ВНЗ виявляють технічні та експлуатаційні проблеми тепло-, водо-, газо- та енергоспоживального обладнання, які необхідно вирішити. Важливою стадією підготовчих робіт є вибір і усвідомлення розрахункових параметрів внутрішнього і зовнішнього повітря для об'єктів обстеження.

2. Попереднє обстеження об'єкта.

На етапі попереднього обстеження об'єкта, в першу чергу, насамперед здійснюють збір основних відомостей і технічної інформації про будівлі (розміри огороджувальних конструкцій будівель, їх об'єм і площа; ознайомлення з паспортами будівель; будівельними кресленниками; матеріалом і теплотехнічними

характеристиками огороджувальних конструкцій; заповнення світлопрозорих прорізів тощо). Форму відомостей для обстеження будівель наведено у збірнику задач до посібника. За результатами ознайомлення з характеристиками огороджувальних конструкцій визначають величини коефіцієнтів теплопередачі.

На цьому етапі студенти ознайомлюються з інженерними системами будівель, виконують схеми таких систем і роблять їх описання, з'ясовують питання про кількість споживачів енергетичних ресурсів і води. На цьому ж етапі визначають, чи є ознаки поганого мікроклімату в приміщеннях, такі як занижена температура внутрішнього повітря, нижча за нормовану величина вологості повітря, скарги на головний біль, протяги з вікон і т.д. Виконують контрольні вимірювання температури внутрішнього повітря у приміщеннях у холодний період року. Визначають усереднені значенння температур внутрішнього повітря у окремих приміщеннях і у цілому – в будівлі.

Важливо виконати якомога ретельніше збір статистичних даних про споживання паливно-енергетичних ресурсів і води, а також дізнатись про величини тарифів, що були чинними упродовж попередніх років, на всі види споживаних ресурсів.

Збір метеорологічних характеристик зовнішнього повітря (середні дійсні добові і місячні температури) за минулі роки є також обов'язковим на етапі обстеження об'єкта.

Збір даних щодо споживання паливно-енергетичних ресурсів і води рекомендується здійснювати мінімум за два—три попередні роки. У ході обстежень необхідно визначити схеми подачі енергоносіїв до будівель, обстежити теплові вузли вводу, виконати принципові схеми таких вузлів, виконати інвентаризацію вузлів обліку всіх видів енергії, холодної і гарячої води, з'ясувати схему приготування і подачі гарячої води у будинок.

3. Проведення енергетичного аудиту.

На наступному етапі — проведенні енергетичного аудиту — виконують розрахунки нормованих витрат теплоти на опалення будівель, витрат холодної і гарячої води, витрат теплоти на гаряче водопостачання; виконують перерахунки витрат теплоти для опалення на різні температури зовнішнього повітря і вивіряють розрахункові моделі шляхом порівняння результатів розрахунків з показаннями лічильників енергоносіїв і води.

Згідно з показаннями теплових лічильників і результатів розрахунків здійснюють побудову графіка витрат теплоти на потреби опалення для забезпечення комфортних умов життєдіяльності. Для проведення аналізу за питомими показниками побудову таких графіків можна виконати за окремими місяцями опалювального періоду. З метою більш детального аналізу аномальних місяців споживання доцільно здійснити побудову недільних або декадних графіків споживання.

Аналогічні помісячні графіки потрібно побудувати для споживання електричної енергії, палива, гарячої і холодної води (залежно від виду енергоносіїв, які використовуються у будинку) за результатами збору статистичної інформації у вузлах обліку води.

Подальші дії аудиторів полягають у такому. Здійснюють побудову графіка зміни середньомісячної (для більш детального аналізу середньої за 7 або

10 днів) температури зовнішнього повітря. Виконують спільний розгляд графічних залежностей зміни температури зовнішнього повітря і витрат теплоти на опалення (нормованих і фактичних), виконують аналіз відповідності таких графіків. Одержавши кількісні показники відповідності отриманих залежностей, по можливості виконують регресійний[45] аналіз.

Роблять висновки з результатів порівняння фактичних і розрахункових витрат ресурсів. З'ясовують температурний графік відпуску теплоти до будівлі шляхом вимірювань температур у подавальній та зворотній магістралях системи опалення за різних температур зовнішнього повітря. Будують нормований температурний графік відпуску теплоносіїв за методикою, яку викладено у розділі 3 посібника.

У ході виконання енергетичного аудиту визначають питомі характеристики споживання паливно-енергетичних ресурсів і води – на 1м^2 площі, на 1 м^3 об'єму за зовнішніми обмірами, на одного проживаючого у гуртожитку і т. ін. Виконують порівняння одержаних показників з нормованими, наведеними у табл. 6.4 і 6.5 для гуртожитків і 7.2, 7.3 та 7.5 — для навчальних корпусів. Роблять висновки за результатами порівняння про ефективність використання паливно-енергетичних ресурсів і води та відповідності нормативам одержаних результатів.

Результати аудитів по кожній будівлі заносять до таблиці 8.9. Таблиця складається по кожній будівлі університетського містечка, є результатом простого енергетичного аудиту будівель і слугує водночас вихідними даними для подальшого виконання повного енергетичного аудиту. За результатами складання зазначеної таблиці і порівняння одержаних дійсних питомих показників витрат паливо-енергетичних ресурсів з нормованими роблять висновки про ефективність використання паливно-енергетичних ресурсів і води в будівлях.

4. Оброблення результатів для виконання повного енергетичного аудиту будівель починають з визначення потенціалу енергозбереження та пропозицій щодо впровадження енергозберігаючих заходів. Після цього переходять до розроблення рекомендацій з енергетичного менеджменту.

Виконують аналіз результатів проведення обстежень та виявлення причин перевитрат паливно-енергетичних ресурсів і води або їх дефіциту порівняно з нормованими характеристиками. На основі такого аналізу розробляють енергозберігальні заходи і рекомендації з ощадного використання теплоти, палива, електричної енергії та води. На основі розроблених і вивірених моделей оцінюють ефективність заходів і виконують оцінку потенціалу енергозбереження.

Використовуючи отримані під час проведення енергетичного аудиту і опрацювання його результатів графіки споживання енергоресурсів, розробляють рекомендації з енергетичного менеджменту будівель.

5. Екологічне оцінювання результатів впровадження енергозберігаючих заходів. За результатами оцінювання ефективності розроблених енергозберігальних заходів у будівлі (визначення економії палива, теплової та електричної енергії чи

[45] Регресійний аналіз — статистичний метод обробки даних спостережень (у нашому випадку, результатів, які отримані у ході енергетичного аудиту), спрямований на визначення їх невипадковості, наявності кореляції між отриманими характеристиками, підтвердження значимості коефіцієнтів зв'язку в отриманих даних.

води) відповідно до рекомендацій розділу 3.5 посібника розраховують наступні такі екологічні результати впровадження енергозберігальних заходів:

- скорочення витрат і збереження атмосферного повітря та кисню у процесах згоряння зекономленої кількості палива;
- скорочення викидів парникових газів;
- зменшення шкідливих викидів у атмосферу токсичних інгредієнтів – оксиду азоту, сірки, вуглецю, дисперсної фази тощо;
- обсяги зекономленої деревини і збереженого лісу;
- розміри запобіжної (відвернутої) шкоди, яка могла бути завданою довкіллю за умови надходження в атмосферу, ґрунт і воду шкідливих інгредієнтів, об'єм яких зменшиться у результаті впровадження енергозберігальних заходів;
- скорочення витрат води і зменшення кількості стічної води;
- інші екологічні вигоди.

6. Економічна оцінка впровадження енергозберігаючих заходів. Визначають економічний ефект упровадження заходів. Оцінюють обсяги інвестицій, необхідних для впровадження заходів з енергозбереження. Здійснюють обрахунок річної економії, періоду окупності, критеріїв рентабельності – чистої наведеної вартості, коефіцієнта чистої наведеної вартості.

7. Громадські слухання і обговорення результатів аудиту, розроблення рекомендацій з впровадження результатів роботи. Результати виконання роботи повинні бути обговорені серед колективу ВНЗ у присутності адміністрації, працівників адміністративно-господарчої частини, професорсько-викладацького складу, студентів. Після врахування зауважень розробляють план упровадження енергозберігальних заходів і надають рекомендації з організації енергетичного менеджменту.

8.1.2 Визначення економії первинної енергії і палива у результаті впровадження енергозберігальних заходів.

В основі визначення основних показників енергозбереження лежить найважливіша підсумкова характеристика процесу економії енергії – обсяги зекономленого у результаті можливого впровадження енергозберігальних заходів викопного палива і первинної енергії палива. Визначення витрат палива за відомою величиною обсягів теплової енергії (у тому числі, теплової), яка подається споживачам на тому чи іншому етапі її трансформації від вироблення до споживання можна здійснити за залежністю (8.3):

$$B = Q_l / Q_н^р \cdot \eta_{\Sigma i}, \quad (8.3)$$

де

B – витрати первинного енергоносія (палива) – для природного газу у м^3, під тиском в 1 ат (101,3 кПа) і при температурі 0 ^{0}С. Вище вже було зазначено, що такі умови називають «нормальними» і позначають як нм^3. Для решти палив — у кг.

$Q_н^р$ – довідникова величина теплоти згоряння палива у кВт · год / кг (м^3) або ккал / кг (м^3) і кДж / кг (м^3) – при використанні природного газу теплоту згоряння відносять

до 1 м³, а для решти палив – до 1 кг; 1 кВт · год = 860 ккал, а 1 ккал = 4,2 кДж.

Q_i – кількість теплоти (енергії) на етапі її трансформації, яка необхідна для забезпечення потреб життєдіяльності людини або здійснення виробничих процесів. Наприклад, на етапі вироблення енергії у джерелі теплоти $Q_i = Q_к$, на етапі транспортування теплоти ($Q_i = Q_т$), а на етапі відпуску теплоти $Q_i = Q_{сп.}$. На етапі відпуску така кількість теплоти $Q_{сп.}$ дорівнює потребі будівлі у теплоті для опалення, вентиляції і гарячого водопостачання (залежно від того, які саме споживачі є у будівлі). Це може бути також і електрична енергія, яка споживається у будівлі на потреби освітлення чи на приведення в дію вентиляторів, обладнання, комп'ютерів тощо. Величину кількості такої енергії виражають у кВт · год; кДж або ккал.

$\eta_{\Sigma i}$ – сумарний ККД процесу трансформації енергії на етапах вироблення, транспортування або споживання. Приймається залежно від виду енергії, етапу її трансформації, на якому будуть впроваджені енергозберігальні заходи, виду обладнання і ефективності його роботи.

У результаті впровадження енергозберігаючих заходів досягають підвищення ефективності процесу трансформації енергії на одному із зазначених вище етапів за рахунок зменшення втрат теплоти. Власне, величина ККД і визначається як різниця між вихідною кількістю теплоти, яку приймають за 100 % (1,0 част. од) і втратами теплоти, які також виражають у % або у част. од.:

$$\eta_\Sigma = 1 - \Delta q_\Sigma, \text{ част. од.}, \quad (8.4)$$

де Δq_Σ — сумарні непродуктивні втрати теплоти від джерела енергії до етапу, на якому було досягнуто зменшення споживання енергії, част. од. Ця величина складається з втрат теплоти на джерелі енергії на етапі вироблення ($\Delta q_к$), втрат енергії з охолодженням теплоносія та його витоками у тепловій мережі на етапі транспортування ($\Delta q_т$), а також непродуктивних втрат на етапі споживання у споживача ($\Delta q_{сп.}$).

Так, для теплоти, яка відпускається споживачам, втрати будуть визначатись за сумою втрат на етапі вироблення і транспортування $\Delta q_\Sigma = \Delta q_к + \Delta q_т$, а для кількості теплоти, що відпускається з котельні у теплові мережі, величина сумарних втрат $\Delta q_\Sigma = \Delta q_к$ визначається лише втратами у джерелі теплоти.

Величину сумарного (або результуючого) ККД на будь-якому етапі трансформації енергії можна визначити за добутком елементарних величин ККД на кожному з етапів трансформації. Наприклад, результуючий ККД на вході енергії до будівлі визначається за залежністю (8.5):

$$\eta_\Sigma = \eta_к \cdot \eta_т, \text{ част. од.}, \quad (8.5)$$

де

$\eta_к$ — ефективність вироблення енергії, $\eta_к = 1 - \Delta q_к$ (для системи централізованого теплопостачання – ККД вироблення теплоти у котельні), част. од;

$\eta_т$ — енергетична ефективність на етапі транспортування теплоти, $\eta_т = 1 - \Delta q_т$., характеризує величину втрат теплоти лише на етапі транспортування, част. од.

Для етапу відпуску теплоти з котельні у теплову мережу $\eta_{\Sigma} = \eta_{к}$.

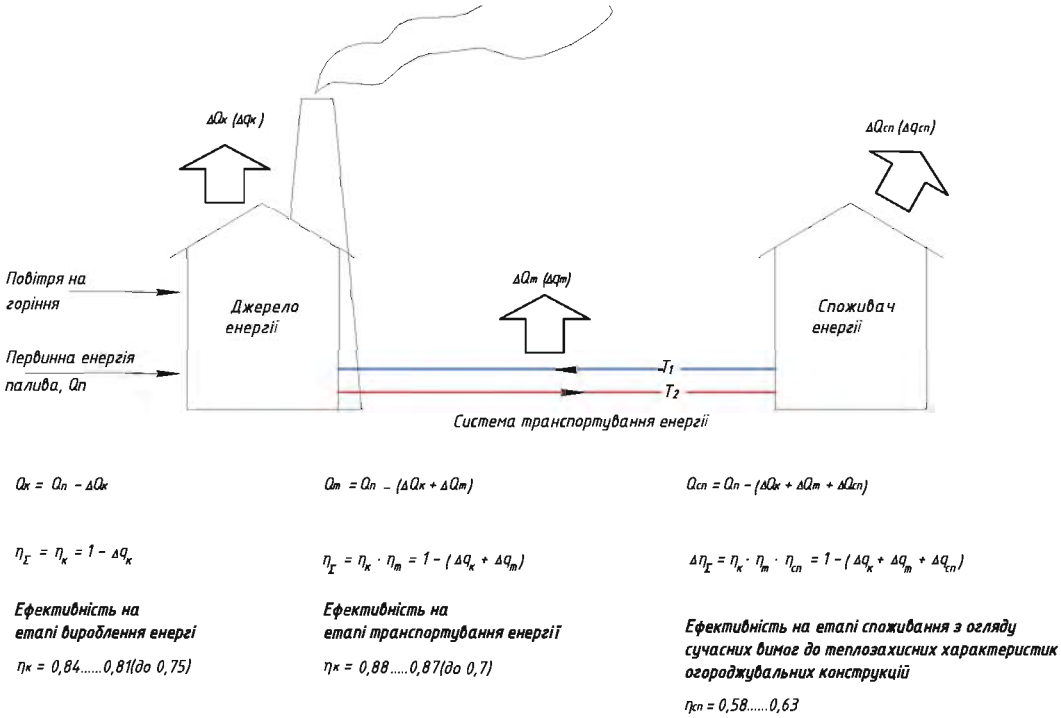
Втрати теплоти можна виразити не лише у част. од. від вихідної кількості теплоти, а й в абсолютному вимірі — у кВт · год, кДж або ккал. Тоді кількість теплоти, відпущеної споживачам, можна визначити за відомими величинами первинної енергії палива, підведеної до джерела теплоти ($Q_{П}$), і відомими втратами теплоти – на джерелі енергії ($\Delta Q_{к}$), і в теплових мережах ($\Delta Q_{т}$) за залежністю (8.6):

$$Q_{сп} = Q_{п} - (\Delta Q_{к} + \Delta Q_{т}), \text{ кВт · год; ккал; кДж, } (8.6)$$

де $\Delta Q_{к}$ і $\Delta Q_{т}$ — абсолютні значення втрат теплоти на етапі вироблення і транспортування, відповідно у кВт · год, ккал, кДж.

На рис. 8.2 показано схему трансформації первинної енергії палива на етапах вироблення, транспортування і відпуску теплоти.

Рисунок 8.1 — Схема трансформації первинної енергії палива



Як видно зі схеми рис. 8.1, в міру віддалення від джерела енергії у напряму до споживача величина втрат буде збільшуватись, а величина результуючого (сумарного) ККД η_{Σ}, відповідно, зменшуватись.

Саме тому, в міру віддалення етапу впровадження енергозберігальних заходів від джерела енергії величина економії первинного енергоносія, або первинної енергії, згідно з схемою рис. 8.1, безперервно зростатиме відносно величини

зекономленої енергії. Так, за умови економії або запобігання втратам енергії на етапі транспортування у кількості $\Delta Q_т$ = 1000 кВт · год за рахунок впровадження енергозберігаючих енергозберігальних заходів на теплових мережах (наприклад, теплової ізоляції теплових мереж) величина економії первинного енергоносія (природного газу з теплотою згоряння 9,9 кВт · год / нм^3) у котельні визначиться за залежністю (8.7) і становитиме:

$$\Delta B = \frac{\Delta Q_i}{Q_i^p \cdot \eta_{\Sigma i}} = \frac{\Delta Q_T}{Q_H^p \cdot \eta_k} = \frac{1000}{9{,}9 \cdot 0{,}81} = 124{,}7 нм^3, \quad (8.7)$$

де

$\eta_к$ – величина ККД вироблення теплоти у котельні, част. од.;

$Q_н^р$ — теплота згоряння природного газу, 9,9 кВт · год / нм^3;

ΔB – економія первинного енергоносія (природного газу) у джерелі теплоти (котельні), нм^3.

Економія $\Delta Q_т$ = 1000 кВт · год на етапі транспортування теплоти за рахунок скорочення втрат енергії у теплових мережах дає можливість отримати величину економії первинної енергії палива у розмірі, який визначається згідно з формулою (8.8):

Економія скорочення втрат енергії у теплових мережах дає можливість отримати величину економії первинної енергії палива у розмірі, який визначається згідно з формулою (8.8):

$$\Delta Q_п = \frac{\Delta Q_i}{\eta_{\Sigma i}} = \Delta Q_i \cdot k_i = \frac{\Delta Q_T}{\eta_k} = \Delta Q_T \cdot k_T = \frac{1000}{0{,}81} = 1000 \cdot 1{,}23 = 123 \text{ кВт} \cdot \text{год},$$

(8.8)

де

$\eta_\Sigma = \eta_к$, а $\Delta Q_i = \Delta Q_к$;

k_i – коефіцієнт перетворення первинної енергії. Величина такого коефіцієнта залежить від ефективності трансформації енергії та етапу впровадження заходів і визначається за залежністю (8.9):

$$k_i = 1 / \eta_\Sigma \text{, част. од.} \quad (8.9)$$

Якщо енергозберігальні заходи впроваджуються на етапі споживання, то економія тієї самої 1000 кВт · год енергії у споживачів дає можливість отримати більшу за попередній розрахунок величину економії первинної енергії палива, яка визначається за формулою:

$$\Delta Q_п = \frac{\Delta Q_i}{\eta_{\Sigma i}} = \Delta Q_i \cdot k_i = \frac{\Delta Q_{сп}}{\eta_k \cdot \eta_т} = \Delta Q_{сп} \cdot k_{сп} = \frac{1000}{0{,}81 \cdot 0{,}87} = 1000 \cdot 1{,}42 = 1420 \text{ кВт}.$$

Як видно з наведеної залежності, для розглянутого випадку коефіцієнт перетворення первинної енергії дорівнює $k_{сп}$ = 1,42.

Величина економії первинного енергоносія ΔВ (природного газу з теплотою згоряння 9,9 кВт · год / нм³) у котельні при цьому визначиться так:

$$\Delta B = \frac{\Delta Q_i}{Q_H^p \cdot \eta_{\Sigma i}} = \frac{\Delta Q_{сп}}{Q_H^p \cdot \eta_к \cdot \eta_т} = \frac{1000}{9{,}9 \cdot 0{,}81 \cdot 0{,}87} = 143{,}3 \text{ нм}^3,$$

де

$\eta_т$ – енергетична ефективність на етапі транспортування теплоносія у теплових мережах, прийнята рівною середньому показнику в Україні 0,87;

$\eta_\Sigma = \eta_т \cdot \eta_к$ – підсумковий ККД трансформації теплоти для енергозберігальних заходів на рівні споживання.

$K_{сп.} = 1 / \eta_\Sigma = 1 / \eta_т \cdot \eta_к$ — коефіцієнт перетворення первинної енергії відносно заходів з енергозбереження на рівні споживання енергії, визначається за результатами енергетичного аудиту системи теплопостачання відповідно до фактичних величин ККД на кожному з етапів трансформації теплоти.

Економія первинного палива ΔВ, яку можна отримати за рахунок підвищення ефективності процесу вироблення енергії (при зменшенні втрат у самому джерелі енергії і збільшенні ККД в котельні), визначається відповідно до залежності (8.10):

$$\Delta B = \frac{Q_к}{Q_н^p}\left(\frac{1}{\eta'_к} - \frac{1}{\eta''_к}\right), \quad (8.10)$$

де Q_K – кількість теплоти, яку необхідно виробити у джерелі теплоти, для забезпечення потреб життєдіяльності людини або здійснення виробничих процесів;

$\eta'_к$ – ККД вироблення енергії до впровадження енергозберігальних заходів, част. од.;

$\eta''_к$ – ККД вироблення енергії після впровадження енергозберігальних заходів, част. од.

Отже, енергозберігальні заходи, які впроваджуються на етапі споживання теплоти, мають найбільший вплив (порівняно з етапами транспортування і вироблення теплової енергії) на величину скорочення витрат палива в котельні (за умови отримання однакової величини економії теплоти).

Вплив на величину економії палива у котельні за умов впровадження енергозберігальних заходів на етапі споживання теплоти перевищує аналогічний показник за умов впровадження заходів на етапі транспортування для існуючої середньої ефективності трансформації теплоти в Україні в 1,15...1,25 раза на кожну одиницю зекономленої теплоти.

Нормативна величина коефіцієнту перетворення первинної енергії k_i для енергозберігальних заходів у централізованих системах теплопостачання на етапі споживання енергії повинна бути встановленою на національному рівні, з огляду на фактичний стан розвитку комунальної енергетики, викликів сьогодення та стратегічних планів розвитку галузі. Нормативами EN 15603 для країн ЄС такий коефіцієнт приймається, залежно від виду первинного енергоносія, у таких межах:

- для нафтового палива $k_{сп}$ = 1,35;
- для природного газу – 1,36;
- для антрациту – 1,19;
- для бурого вугілля – 1,4;
- для дров із хвойних порід – 1,1;
- для електроенергії від ГЕС – 1,5;
- для електроенергії від вугільних ТЕС – 4,05;
- для електроенергії від когенераційних станцій – 3,31.

8.2 Енергозбереження в будівлях ВНЗ

Основним методом економії енергії в будівлях ВНЗ є приведення будівель та їх інженерних систем до стану енергоефективних, тобто таких, у яких передбачені оптимальні інженерні методи, системи і заходи з ефективного використання та економії енергії, а також впровадження нетрадиційних джерел енергії.

8.2.1. Скорочення витрат теплоти на потреби опалення.

Під час розроблення енергоефективних систем необхідно насамперед досягти найкращих в енергетичному плані теплозахисних характеристик огороджень. Немає сенсу підвищувати ефективність використання енергії інженерними системами будівель, які мають недостатній теплозахист. При цьому необхідно керуватись принципом, що найдешевшою є енергія, яку не потрібно витрачати».

Коефіцієнти теплопередачі зовнішніх стін і перекриття потрібно зменшувати у 3...4 рази і довести їх до вимог чинної нормативної документації (ДБН В.2.6-31), тобто до величин 0,25 ... 0,4 Вт / м^2 · град. (див. табл. 4.2).

Зменшення коефіцієнтів теплопередачі до зазначених величин можливо за рахунок застосування у конструкції огороджень теплоізоляційних матеріалів із низькими коефіцієнтами теплопровідності. Широко застосовується для цього метод скріпленої теплоізоляції, який полягає у прикріпленні спеціальним клеєм теплоізоляційних плит до поверхні фасаду, захисті їхньої поверхні полімерцементними композиціями, армованими склосіткою і нанесенні шару декоративної штукатурки.

У якості теплоізоляційних матеріалів використовують пінополістирол і мінераловатні плити. У системі скріпленої теплоізоляції можна використовувати пінополістирол, що задовольняє вимогам ДСТУ Б.В.2.7-94. Мінеральна плита майже в 2,5 раза дорожча за пінополістирол. Метод використовується як при на новому будівництві, так і для реконструкції будинків. Для утеплення перекриття дахів також використовують мінераловатні плити та теплоізоляційні плити з базальтового волокна. Для утеплення стін підвалів і підлоги використовують матеріали з екструдованого пінополістиролу[46]. Крім системи скріпленої теплоізоляції використовують інші матеріали з малими величинами коефіцієнта теплопровідності – газо- та пінобето-

[46] Більш детальне ознайомлення з видами теплоізоляційних матеріалів і методів роботи з ними див. Карапузов Є.К., Соха В.Г., Остапченко Т.Є. Матеріали і технології в сучасному будівництві. — К. : Вища освіта, 2006. — 495 с.

ни, перлітопластбетони, вермикуліт, мінеральні утеплювачі, такі як теплозвукоізоляційні панелі бетоль та ін.

Необхідна товщина шару утеплювача визначається за величиною додаткового опору теплопередачі, на який потрібно збільшити значення опору наявної конструкції і досягти вимог нормативної документації:

$$\delta_{із} = (R_н - R_д) \cdot \lambda_{із.} , \quad (8.11)$$

де

$\delta_{із}$ – необхідна товщина шару утеплювача, м;

$R_н$ – нормована величина опору теплопередачі відповідно до вимог ДБН В.2.6-31, м^2 · град. / Вт;

$R_д$ – дійсна величина опору теплопередачі наявної конструкції в м^2 · град. / Вт, визначається за методикою, викладеною у розділі 4.

$\lambda_{із}$ – коефіцієнт теплопровідності шару утеплювача, Вт / м · град. за даними таблиці додатка Ж.

Нанесення шару теплоізоляції здійснюється, як правило, на зовнішню поверхню стін з метою переміщення так званої точки роси[47] ближче до зовнішньоїповерхні огороджень. Але масивні будівлі, в яких планується здійснювати заходи з економії теплоти за рахунок змінного режиму роботи системи опалення і тимчасового зниження температури теплоносія, повинні мати теплостійкі внутрішні шари огороджень також і на внутрішніх поверхнях стін. Товщину шару утеплювача можна збільшувати і досягати величин коефіцієнтів теплопередачі, які значно перевищують нормовані (створювати «будинки-термоси»). Але вартість такого заходу буде суттєво зростати, а вплив товщини на величину термічного опору теплопередачі – зменшуватись.

На рис. 8.2 показано графік залежності коефіцієнта теплопередачі для цегляної стіни завтовшки 380 мм, на яку нанесено утеплювач у вигляді пінополістирольної плити різної товщини. Термічний опір покривного шару не враховано. Коефіцієнт теплопровідності утеплювача прийнятий 0,045 Вт /м · град., коефіцієнт теплопровідності цегли – 0,6 Вт / м · град.

[47] Точка роси – це температура, за якої відбувається конденсація водяної пари у складі повітря і будівельного матеріалу в товщині огородження.

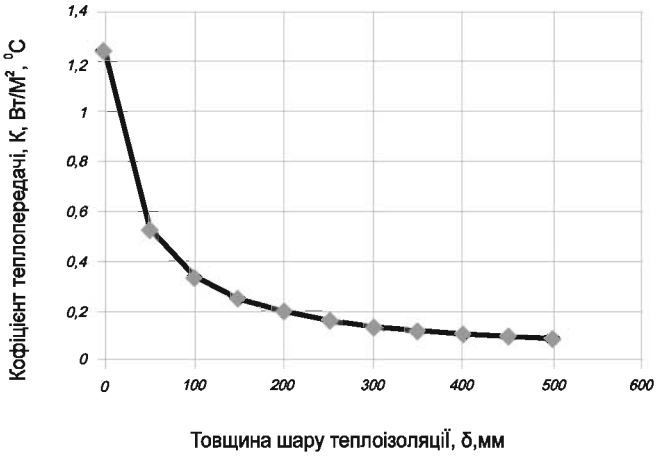


Рисунок 8.2 — Залежність коефіцієнту теплопередачі від товщини теплової ізоляції

З рис. 8.2 видно, що вже після досягнення товщини теплової ізоляції 100...150 мм подальший вплив збільшення товщини теплоізоляційного шару на величину коефіцієнта теплопередачі суттєво скорочується. Також при цьому зменшуватиметься вплив і на величину втрат теплоти, і на теплозахисні характеристики огородження.

Обираючи економічно виважену величину товщини теплової ізоляції і, відповідно, коефіцієнт теплопередачі огороджень, беруть до уваги співвідношення між вартістю витрат теплоти на потреби опалення в холодний період року та вартістю необхідної теплової ізоляції. Вартість витрат теплоти залежить від величини чинних тарифів на теплову енергію і паливо, а вартість теплової ізоляції — від цін на будівельні матеріали. Збільшення товщини теплової ізоляції спричиняє збільшення витрат будівельних матеріалів і їх вартості, але одночасно з цим зменшуються витрати теплоти на потреби опалення в холодний період року, кількість спожитої енергії на потреби опалення і її вартість.

Але не слід при цьому забувати, що у будівлях і спорудах із значними тепловиділеннями збільшення термічного опору огороджень та їх утеплення може призвести до суттєвого зростання витрат енергії на потреби вентиляції і кондиціювання повітря у перехідний і теплий період року. Енергія (у більшості випадків здебільшого електрична) в такому випадку буде витрачена для видалення надлишкового тепла.

У зв'язку з реформами в економіці будуть змінюватись і співвідношення вартості будівельних матеріалів і енергоносіїв, що неодмінно спричинить відповідні зміни і в нормуванні необхідного ступеня теплозахисту будівель. Але, найбільш помітною є тенденція до подальшого зниження коефіцієнта теплопередачі огороджень і підвищення теплозахисту будівель з незначними тепловиділеннями.

Для будівель з теплонадлишками і необхідністю додержання оптимальних параметрів мікроклімату в теплий період року питання про необхідні величини

термічного опору огороджень треба вирішувати на основі детального техніко-економічного аналізу.

Об'ємно-планувальне рішення будівлі також впливає на енерговитрати системи опалення. Найоптимальнішою є компактна форма будівлі з мінімальним відношенням площі зовнішніх огороджень до об'єму будівлі. Ідеальна форма – сфера, куб, гірші — вузькі, довгі і високі будівлі зі складними фасадами, вбудованими і заглибленими лоджіями та еркерами.

Значні тепловитрати припадають на вікна, тому важливу роль відіграє ступінь скління фасадів і вид заповнення світлопрозорих прорізів. Зазвичай площу скління зменшують до мінімальної за умови забезпечення необхідних нормативів природного або штучно-природного освітлення. Але за умови гарного теплозахисту вікон та їх екранування від сонячного випромінювання у літній період ступінь скління, з урахуванням корисного використання сонячної радіації для опалення особливо в осінньо-весняний період, може бути значно більшим за необхідний для природного освітлення. Не слід забувати, що питання про ступінь скління є комплексним. Збільшена площа скла зменшує витрати електроенергії на штучне освітлення. Тому вирішуючи такі питання, необхідно враховувати ступінь завантаження аудиторій у вечірній період доби.

Водночас збільшення площі скла призводить до суттєвого збільшення теплового навантаження на системи вентиляції і кондиціювання повітря в теплий період року. Для зменшення втрат теплоти через вікна необхідно використовувати теплозахисні екрани, двокамерні пакети з використанням селективних плівок і скла, які запобігають пропусканню довгохвильового випромінювання і втратам теплоти з приміщення, віддзеркалюючи сонячні промені у літній період. Слід використовувати склопакети, заповнені інертним газом.

Теплозахисні характеристики світлопрозорих огороджувальних конструкцій залежать від теплотехнічних характеристик обрамлення скла (віконного профілю) і світлопрозорої частини – склопакета. Залежно від типу віконної системи і її геометричних розмірів на непрозорі ділянки вікна може припадати до 30 % загальної площі вікна.

Орієнтовні величини термічного опору віконних профілів наведено у таблиці 8.3.

Таблиця 8.3

Термічний опір віконних профілів різної конструкції

Тип профілю і тип системи	Опір теплопередачі пакета профілів, R_o, м² · град. / Вт	Коефіцієнт теплопередачі пакета профілів, K, Вт / м² · град.
Полівінілхлоридний (ПВХ) профіль — однокамерна система — двокамерна система — трикамерна система	 0,52 0,59 0,71	 1,9 1,7 1,4
Алюміній	0,4	2,3
Дерево – сосна (λ = 0,18 Вт / м · град.) — товщина рами 80 мм — товщина рами 120 мм	 0,44 0,67	 2,3 1,5

Тип профілю і тип системи	Опір теплопередачі пакета профілів, R_o, м² · град. / Вт	Коефіцієнт теплопередачі пакета профілів, К, Вт / м² · град.
Дерево – дуб (λ = 0,23 Вт / м · град.) — товщина рами 80 мм — товщина рами 120 мм	 0,35 0,52	 2,9 1,9

Як видно із таблиці 8.3 однокамерний профіль має гірші теплозахисні характеристики порівняно з двокамерним і трикамерним. Збільшення кількості повітряних прошарків у конструкції профілю збільшує величину його термічного опору.

Величини термічного опору світлопрозорої частини конструкції вікна наведено у таблиці додатка К.

Аналіз такої таблиці показує, що опір теплопередачі світлопрозорої ділянки залежить від таких чинників:

- відстані між шарами скла;
- виду газонаповнення;
- ступеня чорноти поверхні скла або виду покриття скла;
- кількості скла і камер у склопакеті (конфігурації склопакета).

Узагальнювальною ж величиною, яка характеризує теплозахисні властивості всієї світлопрозорої огороджувальної конструкції, є наведений опір теплопередачі вікна, який визначається за методикою, викладеною в додатку М до ДБН В.2.6-31: 2006 «Теплова ізоляція будівель».

Розрахунки за вказаною методикою показують, що незважаючи на помітний вплив, який можуть мати віконні профілі на температурний режим вікна і втрати теплоти через нього, визначальна роль все ж таки залишається безпосередньо за світлопрозорою частиною (склопакетом).

Під час впровадження енергозберігальних заходів із заміни світлопрозорих огороджень необхідно враховувати таке:

1. Опір теплопередачі вікон, які заплановані до встановлення, не повинен бути меншим за опір теплопередачі наявних конструкцій вікон у дерев'яних чи інших рамах, які замінюються.

Для цього необхідно обов'язково виконувати порівняння теплозахисних характеристик наявних світлопрозорих конструкцій і запланованих до встановлення.

За відсутності паспортних характеристик вікон можна скористатись даними таблиць 8.3 і додатка К, в яких наведено нормовані значення опору теплопередачі наявних вікон відповідно до вимог СНиП 2-3-79 ** «Строительная теплотехника» (для будинків забудови після 1979 р.) і сучасні нормативи (забудови 2006 р. і пізніше) відповідно до вимог ДБН В.2.6-31:2006 «Теплова ізоляція будівель».

Із наведених таблиць видно, що подвійне вікно у роздільних дерев'яних рамах за умови задовільного або доброго стану, ущільнене і пофарбоване, без видимих дефектів і з непошкодженими шибками, має нормативну величину опору теплопередачі не менш як 0,39 ... 0,42 м² · град. / Вт. Світлопрозора ж частина вікна з одинарним склопакетом і відстанню між склом 10 мм із стандартним склінням і заповненням повітрям характеризується наведеним термічним опором лише близько 0,29 м² · град. / Вт.

Із зазначеного випливає, що трансмісійні втрати теплоти через оновлене вікно за таких умов будуть більшими, порівняно з наявним вікном, на 30...35 %.

При переході на двокамерний склопакет, заповнений повітрям, з відстанню між склом до 12...16 мм, виникає можливість дещо (на 22...30 %) поліпшити теплозахисні характеристики вікна. Нормоване значення термічного опору світлопрозорої частини вікна для такої конструкції становитиме 0,49...0,52 м^2 · град. / Вт. А в цілому для вікна — до 0,53...0,61 м^2 · град. / Вт (залежно від виду віконного профілю).

Лише за таких умов можна віднести захід із заміни вікон до енергозберігальних. За доброї якості наявних конструкцій вікон у дерев'яних рамах не можна нехтувати такими заходами, як ущільнення стулок вікон – такий захід у ряді випадків може бути більш ефективним і економічно доцільним порівняно із заміною світлопрозорих конструкцій.

За умови використання вікон із покриттям, яке змінює ступінь чорноти поверхні скла, або заповнення простору між склом аргоном або криптоном замість повітря загальні теплозахисні характеристики вікон поліпшуються. Результати теплотехнічних випробувань таких вікон показують, що наведений опір теплопередачі для них становить близько 0,65...0,7 м^2 · град. / Вт (нормована величина опору теплопередачі для вікон у 1-й температурній зоні України становить не менш як 0,6 м^2 · град. / Вт).

2. Заміна вікон у дерев'яних або металевих рамах на склопакети з профілями із металу або ПВХ не повинні призводити до скорочення нормованих величин інфільтрації зовнішнього свіжого повітря у будівлях, які обладнані гравітаційними системами вентиляції із природним рухом повітря. Інакше це призведе до погіршення санітарно-гігієнічних умов перебування людей у приміщеннях.

Для забезпечення необхідного повітрообміну у приміщеннях вікна із склопакетами повинні мати функцію «мікро провітрювання» або заміна вікон повинна супроводжуватись встановленням спеціальних припливних регульованих ґраток, які розташовують, як правило, за опалювальними приладами систем опалення.

3. Заміна вікон не повинна призводити до конденсації водяної пари, яка міститься у повітрі, на зовнішній поверхні внутрішнього скла склопакету.

Для цього необхідно, щоб температура на зовнішній поверхні внутрішнього скла, $t_{ст}$, яка омивається внутрішнім вологим повітрям приміщення, була більшою за точку роси $t_р$ – температуру, за якої починається процес скраплення водяної пари у складі повітря на поверхні скла.

Точка роси залежить від відносної вологості повітря і його температури. Стан повітря за наявності процесу конденсації називають станом насичення. В таблиці 8.4 наведено значення парціального тиску водяної пари у складі повітря у мм рт. ст. і показника абсолютної вологості (кількості вологи у г, яка міститься у м^3 повітря) у стані насичення залежно від температури повітря. За даними такої таблиці можна визначити величину точки роси – температуру на поверхні скла, за якої починається скраплення водяної пари. Для цього необхідно знати дійсну величину абсолютної вологості або тиску водяної пари у повітрі.

Якщо дійсна величина тиску водяної пари у повітрі або дійсна величина абсолютної вологості за заданої величини температури повітря у приміщенні $t_в$

і відомої температури на поверхні скла $t_{ст}$ будуть меншими за величини, які наведені у таблиці, то конденсація відсутня і навпаки.

Крім того, конденсація водяної пари буде відсутня за умови $t_{ст.} > t_р$. Якщо ж температура зовнішньої поверхні внутрішнього скла буде меншою або рівною значенню точки роси, то конденсація неминуча. $t_{ст.} \leq t_{р.}$ — умова конденсації водяної пари на склі.

Розглянемо на прикладі визначення умов конденсації водяної пари на поверхні скла.

Таблиця 8.4

Параметри насичення повітря залежно від його температури

Температура повітря у приміщенні, $t_в$, ^0C	-20	-15	-10	0	+3	+5	+10	+12	+14	+16	+18	+20
Парціальний тиск водяної пари у повітрі, $P_Н$, мм рт. ст.	0,9	1,4	2,1	4,6	5,7	6,5	9,2	10,5	11,9	13,6	15	17
Абсолютна вологість повітря $a_Н$, г / м^3	1,1	1,6	2,3	4,9	6,0	6,8	9,4	10,6	12,0	13,6	15	17

Приклад.

Визначити, за яких умов почнеться конденсація водяної пари на поверхні внутрішнього скла однокамерного склопакета при температурі зовнішнього повітря $t_з = -10\ ^0C$. Склопакет встановлено в аудиторії об'ємом 430 м^3, розрахованій на 25 студентів. Нормований повітрообмін – однократний за рахунок інфільтрації. Кількість повітря, яке повинно надходити в аудиторію, становить $V_п = 430$ м^3 за годину. Фактично надходить $V_п = 125$ м^3 повітря за годину.

Допоміжні дані: у стані розумової роботи одна людина виділяє до 70 г вологи за годину. Кількість вологи, яка надходить від вологої одежі, взуття або підлоги не враховувати. Температура повітря в аудиторії $t_в = +20\ ^0C$, термічний опір процесу тепловіддачі на внутрішній поверхні скла прийняти $R_в = 0,115$ м^2 · град. / Вт.

Задачу розв'язати для однокамерного склопакета з величиною термічного опору $R_o = 0,35$ м^2 · град. / Вт і для двокамерного склопакета з термічним опором $R_o = 0,42$ м^2 · град. / Вт. Оцінити величину відносної вологості повітря за різних умов вентиляції приміщення.

Розв'язання.

1. Оцінимо величину кількості вологи, яка буде виділятись у приміщенні. Визначимо для цього кількість вологи, яка буде виділена людьми протягом першої години занять в аудиторії. Для цього визначимо добуток кількості студентів і питомої кількості вологи: 25 · 70 = 1750 г за годину.

2. Дійсна величина абсолютної вологості при цьому становитиме:

— за нормованої величини повітрообміну $V_П = 430$ м^3 за годину:

$a = 1750 / 430 = 4,07$ г / м^3;

— за дійсної величини повітрообміну $V_П$ = 125 м³ за годину:
а = 1750 / 125 = 14 г / м³.

3. Визначимо величину відносної вологості повітря згідно із залежністю:
$\Psi = a / a_н$ = 4,07 / 17 = 0,24 (24 %) – за нормованої величини повітрообміну;
$\Psi = a / a_н$ = 14 / 17 = 0,82 (82 %) – за дійсної величини повітрообміну аудиторії,
де $a_Н$ – величина абсолютної вологості повітря у приміщенні при температурі внутрішнього повітря + 20⁰ С згідно з даними табл. 8.4.

4. Визначаємо величину температури на зовнішній поверхні внутрішнього скла, яке контактує із внутрішнім повітрям. Для цього скористаємось умовою, за якої відношення зміни температури повітря по товщині світлопрозорого огородження $t_в - t_з$ до зміни температури внутрішнього повітря і на поверхні скла $t_в - t_{ст.}$ у приміщенні прямо пропорційно відношенню опору теплопередачі конструкції вікна $R_о$ до опору тепловіддачі нв внутрішній поверхні скла $R_в$. Зазначена умова записується у такому вигляді:

$$(t_в - t_з) / (t_в - t_{ст.}) = R_о / R_в.$$

Із зазначеної умови визначають невідому величину температури на поверхні скла:

$$t_{ст.} = t_в - [(t_в - t_{ст}) \cdot R_в] / R_о.$$

Виконаємо розрахунки для величини температури зовнішнього повітря –10 ⁰С і однокамерного склопакета:

$$t_{ст.} = 20 - [(20 + 10) \cdot 0,115] / 0,35 = 20 - 9,85 = 10,15\ ^0C.$$

Таким чином температура на поверхні скла однокамерного склопакета становитиме близько +10 ⁰С. Для двокамерного склопакета температура на поверхні скла буде такою:

$$t_{ст} = 20 - [(20 + 10) \cdot 0,115] / 0,42 = 20 - 8,21 = 11,8\ ^0C.$$

5. Визначаємо величину точки роси. Для цього необхідно визначити дійсну величину парціального тиску водяної пари у повітрі $P_{вп}$ при температурі внутрішнього повітря $t_в$ = +20 ⁰С і відносній вологості Ψ = 24 % і Ψ = 82 % (за умов різного повітрообміну):

$$P_{вп} = P_н \cdot \Psi,$$

де $P_Н$ — парціальний тиск водяної пари у стані насичення, визначається згідно з данними, наведеними у таблиці 8.4 залежно від температури внутрішнього повітря. При температурі повітря $t_в$ = +20 ⁰С величина $P_Н$ = 17 мм рт. ст. Тоді дійсний парціальний тиск за умов нормованого повітрообміну і вологості 24 % буде таким: $P_{ВП}$ = 17 · 0,24 = 4,08 мм рт. ст;

— для дійсного повітрообміну і відносній вологості 82 %:

$$P_{вп} = 17 \cdot 0,82 = 13,94 \text{ мм рт. ст.}$$

За отриманими значеннями парціального тиску відповідно до таблиці 8.4 визначаємо значення точки роси:

— для нормованого повітрообміну: $t_p = -2\ ^0C$ (визначається інтерполяцією);

— для дійсного повітрообміну: близько $t_p = +16\ ^0C$.

6. Визначаємо можливість конденсації водяної пари повітря на поверхні скла:

— для нормованого повітрообміну $t_{ст.} > t_p$ ($+10,15\ ^0C > -2\ ^0C$). Отже конденсація відсутня;

— для дійсного (зменшеного повітрообміну) $t_{ст.} < t_{р.}$ ($+10,15\ ^0C < 16\ ^0C$) протягом першої години занять на стінках скла матиме місце утворення конденсату водяної пари. За умови подальшого зменшення температури зовнішнього повітря скла матиме місце замерзання такого конденсату на поверхні скла у приміщенні і утворення льоду.

Таким чином, за наявності однокамерного склопакета температура на поверхні скла менша за температуру роси, що спричиняє конденсацію водяної пари при температурі зовнішнього повітря $-10\ ^0C$ і погіршення санітарно-гігієнічних умов у приміщенні. Суттєвий вплив на явище конденсації має повітрообмін у приміщенні. Зменшення повітрообміну спричиняє погіршення умов роботи світлопрозорих конструкцій будівель.

Так, за умов погіршеного повітрообміну (кількість припливного повітря становить 50 % нормованого) випадання конденсату на поверхні скла буде уже при температурі зовнішнього повітря $-8\ ^0C$.

Використання двокамерного склопакета з термічним опором близько 0,42 м² · град. / Вт не змінює суттєво ситуацію – в умовах зменшеного повітрообміну конденсація на внутрішній поверхні при температурі зовнішнього повітря – $10\ ^0C$ має місце. І лише використання конструкції вікна з нормованою величиною опору теплопередачі разом із заходами, спрямованими на збільшення повітрообміну, дають можливість уникнути конденсації вологи на склі з боку приміщення.

Суттєвий енергозберігальний ефект дає такий захід як герметизація вхідних дверей, влаштування тамбурів і пристроїв для автоматичного зачинення дверей, видалення витяжного повітря через простір між склом вікон за рахунок утилізації теплоти витяжного повітря. Вентилювання вікна дає можливість також підвищити температуру скла, що поліпшує умови комфорту в приміщенні. У літній період це дає можливість зменшити теплонадходження від сонячної радіації.

Зменшення теплового навантаження на системи кондиціювання повітря і поліпшення умов перебування у приміщенні в літній період року можна досягти за рахунок нічного провітрювання приміщення і його охолодження через світлопрозорі прорізи.

Зменшення витрат теплоти на опалення поліпшує аеродинаміку забудови і знижує швидкість швидкості вітру за рахунок використання вітроломних щитів у вигляді зелених насаджень, оптимального використання сонячної радіації для

опалення і запобігання перегрівання будівлі за рахунок широтної орієнтації її на південь і меридіональної – на північ.

Застосування зазначених заходів дає можливість у 1,5...2 рази скоротити витрати енергії на опалення будівель. Основні статті втрат теплоти, яким можна запобігти на етапі споживання теплової енергії, подано у розділі 7.1 посібника.

8.2.2. Використання теплонасосних установок для опалення.

Підвищення ефективності використання енергії в системах опалення будівель ВНЗ можливо за рахунок використання теплових насосів. Але при цьому необхідно виконати аналіз усіх умов впровадження такого пристрою та його економічної ефективності.

Тепловий насос працює за принципом холодильної машини. Він забирає низькопотенціальне тепло від внутрішніх джерел та навколишнього середовища, підвищує потенціал цієї теплоти і передає її в систему опалення. Підвищення потенціалу робочого тіла відбувається при стискуванні його у компресорі або за рахунок інших зовнішніх джерел енергії.

Енергетична ефективність роботи теплового насоса оцінюється коефіцієнтом перетворення енергії $\eta_{тн}$, який чисельно визначається за відношенням кількості одержаного тепла q до витраченої зовні роботи $l_з$:

$$\eta_{тн} = q / l_з = T_к / (T_к - T_в), \quad (8.12)$$

де

$T_к$ – температура процесу передачі теплоти споживачеві (температура конденсації), ^{0}K;

$T_в$ – температура процесу відбору теплоти від вторинного джерела енергії, (температура у випаровувачі), ^{0}K.

Як видно із (8.12), ефективність роботи установки залежить від різниці температур робочого тіла інженерних систем будинку (у першому наближенні від температури гарячого теплоносія системи опалення, гарячого водопостачання тощо) і температури вторинного джерела енергії або довкілля, $T_к - T_в$.

Так, якщо для опалення будинку взимку використовують теплоту річкової води з температурою 0 ^{0}C (273 K), температуру холодоагенту в конденсаторі для подачі в систему опалення підвищують до 50 ^{0}C (323 K), то коефіцієнт ефективності ідеального теплового насоса становитиме $\eta_{тн}$ = 323 / (323 – 273) = 6,46. Реальний коефіцієнт перетворення при цьому становитиме близько 4,0. При перепаді у 70^0 $\eta_{тн}$ = 2,5...2,8; при $T_к - T_в$ = 20 ^{0}C, $\eta_{тн}$ = 7,0...8,0. Економічно доцільним використання теплових насосів стає за наявності різниці температур у 50...60 ^{0}C.

Отже, теплова помпа передає в систему опалення теплоту q, яка в 4 рази перевищує величину роботи, витрачену в циклі.

Джерелом теплоти для теплових насосів (ТН) можуть бути геотермальні води зі свердловин, побутові стічні води, ґрунт, поверхневі води, атмосферне повітря, відпрацьоване повітря витяжних вентиляційних систем, сонячна енергія, відпрацьована теплота промислових установок. На рис. 8.3 показано принципову

схему влаштування теплонасосної системи опалення з використанням різних джерел енергії.

Оскільки величина $T_к$ – $T_в$ обмежує економічну ефективність використання ТН, необхідно застосовувати низькотемпературні системи опалення, що призведе до збільшення поверхні нагрівальних пристроїв. Ефективність використання ТН залежить від тривалості їх роботи протягом року. Застосування ТН лише протягом опалювального періоду суттєво погіршує економічні показники їх впровадження.

Упроваджуючи ТН, необхідно здійснювати крім загально енергетичних оцінок їх доцільності, ще й визначення економічної рентабельності. Для цього треба оцінити не лише експлуатаційні, але й капітальні витрати, необхідні для влаштування всієї системи з використанням ТН. Так, влаштування горизонтального ґрунтового колектора для відбору теплоти ґрунту необхідно здійснювати з розрахунку його питомої теплопродуктивності 10...12 Вт теплоти на кожний 1 м трубопроводів теплообмінника, або 15...20 м^2 площі землі на кожний 1 Вт теплової енергії.

Для отримання 1 кВт теплової енергії довжина трубопроводів горизонтального ґрунтового колектора має становити до 100 м.

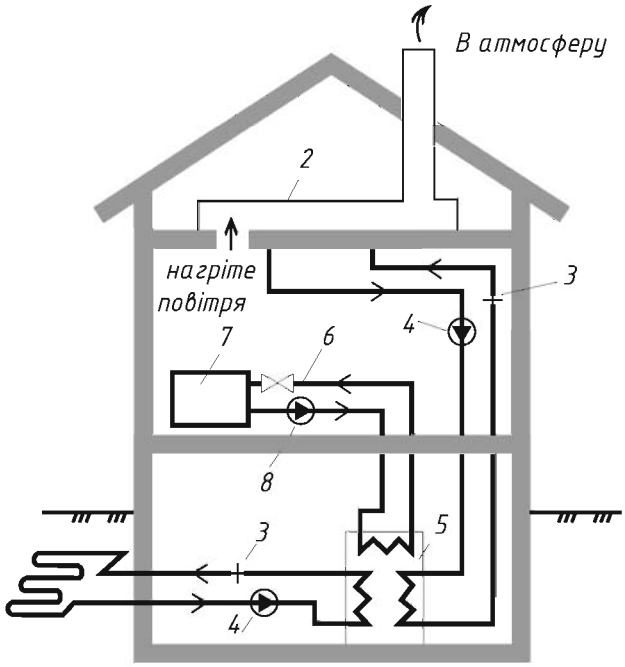


Рисунок 8.3 — Схема облаштування теплонасосної установки для опалення

1 — ґрунтовий горизонтальний колектор — випаровувач; 2 — теплообмінник витяжного вентиляційного повітря; 3 — дросельні діафрагми теплового насоса; 4 — джерела зовнішньої енергії (компресори теплового насоса); 5 — конденсатор теплового насоса; 6 — трубопроводи системи опалення; 7 — нагрівальні прилади системи опалення; 8 — циркуляційний насос системи опалення.

Глибина закладання колектора – до 2,5 м, довжина одного колектора – до 20 м, мінімальна відстань між траншеями – до 3 м. Таким чином, для отримання, до прикладу, 5 кВт теплоти необхідна площа ділянки ґрунту до 250...300 м^2 і довжина колектора 150...250 м. Такої кількості теплоти вистачить, щоб забезпечити потребу у теплоті на опалення приміщення площею до 200 м^2 у навчальному корпусі ВНЗ забудови після 2006 р. за температури зовнішнього повітря не менше –2 ^{0}С. За подальшого зниження температури зовнішнього повітря роботу теплонасосної установки необхідно поєднувати з традиційними способами подачі теплоти.

При влаштуванні вертикальних свердловин для одержання 7 кВт теплової енергії загальна довжина трубопроводів діаметром 32 мм становитиме близько 500 м, а для одержання 17 кВт теплоти довжина труб у вертикальних свердловинах має сягати 1100 м. Орієнтовна вартість облаштування теплонасосного опалення у будинку опалювальною площею до 350 м^2 становить до 28 тис. дол. США.

З огляду на сказане, облаштування теплонасосних систем необхідно обов'язково поєднувати із упровадженням суттєвих енергоощадних заходів, спрямованих на зменшення витрат теплоти на потреби споживачів (наприклад, обов'язковим підвищенням теплозахисних характеристик будівель).

8.2.3. Використання сонячної енергії.

За способом використання сонячної радіації виділяють пасивні та активні системи сонячного опалення.

У пасивних системах елементом, який сприймає теплоту сонячної радіації, є сама будівля або її окремі огородження. Короткохвильове сонячне випромінювання проходить крізь віконне скло (коефіцієнт пропускання 0,85...1,0), потрапляє на внутрішні поверхні і трансформується у теплоту. Теплота надалі передається конвекцією і випромінюванням до повітря та до поверхонь, які не сприймають променевий потік. Власне випромінювання нагрітих тіл відбувається вже у довгохвильовій частині спектра коливань і погано пропускається віконним склом (коефіцієнт пропускання 0,1...0,15). Таким чином, практично вся сонячна енергія, яка потрапляє у приміщення, перетворюється на теплоту і може компенсувати втрати теплоти будівлею. Для цього світлопрозорі прорізи будівлі розташовують на південному фасаді і обладнують їх жалюзі, які повинні закриватись у темний період доби, запобігаючи втратам теплоти у довкілля в холодний період року і надходженням теплоти вдень – у теплий період. Можливим є також використання спеціальних плівок, які наносяться на скло.

В активних системах сонячного опалення енергію сонячного випромінювання сприймає геліоприймач. У якості теплоносіїв використовують воду та антифризи. Як правило, температура теплоносія на виході з геліоприймача недостатньо висока для використання в системах опалення. Тому такі системи використовують разом з тепловим насосом, або традиційними способами нагрівання теплоносіїв.

У неопалювальний період року теплова енергія в будинку витрачається зазвичай на приготування гарячої води. В цей період можливо використання сонячної енергії в системах гарячого водопостачання. Схему такої установки показано на

рис. 8.4. Нагрівання гарячої води відбувається в теплообміннику, що має допоміжний контур обігрівання від газового котла.

Така установка, за умови достатньо великої площі сонячних колекторів, дає можливість покривати 50...60 % річної потреби в енергії для приготування гарячої води. На широті м. Полтави максимальне сонячне випромінювання при безхмарному небі в середині дня складає до 1000 Вт / м². Колектор дає змогу використати корисно значну частину цієї енергії.

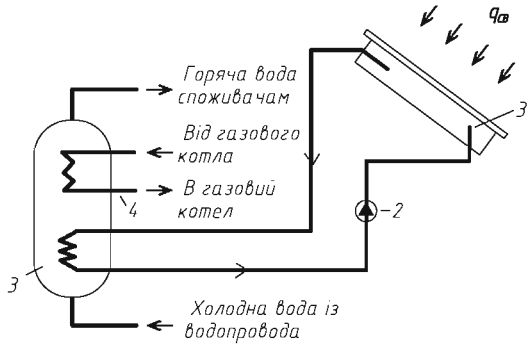


Рисунок. 8.4 — Схема приготування гарячої води за допомогою колектора — геліоприймача:
1 – сонячний колектор; 2 – помпа; 3 – ємнісний теплообмінник;
4 – допоміжний контур теплоносія, який нагрівається від газового котла.

За результатами вимірювань середня кількість теплоти, яку отримували на широті м. Полтави з одного сонячного колектора площею до 2,4 м², становила за умови помірної хмарності близько 8...9 МДж / м² за період з 8:00 до 16:00 (8 год.). Питома теплопродуктивність такого колектора становить 280...350 Вт / м². Загальна кількість теплоти, яку можна отримати за 8 годин з одного колектора площею 2,4 м², становить 5,4...6,7 кВт · год або 4,6 ...5,7 Мкал (19,3...23,9 МДж).

Така кількість теплоти еквівалентна близько 0,54...0,67 м³ природного газу і дає можливість нагріти *понад 20 л води протягом однієї години на 35 ⁰С*. Для одержання більш вагомої кількості теплоти необхідно суттєво збільшувати поверхню таких сонячних колекторів.

Із наведених вище даних видно, що один колектор площею 2,4 м² дає можливість зекономити за один день роботи близько 0,5...0,7 м³ природного газу.

Оскільки сонячні колектори не можуть забезпечити стале нагрівання води до необхідної температури, такі системи необхідно обладнувати дублювальними джерелами теплоти – газовими котлами або електронагрівниками.

Можливі й інші способи утилізації теплоти вторинних джерел енергії, як зовнішніх так і власних – у межах будівлі. Наприклад, температура продуктів згоряння палива в опалювальних котлах місцевих систем складає до 160...180 ⁰С. Ці гарячі гази видаляються через димоходи в атмосферу. Значну кількість теплоти, що втрачається при цьому, можна повернути в будівлю, якщо відведення

продуктів згоряння організувати в подвійному каналі. При цьому через кільцевий простір між внутрішньою і зовнішньою стінками каналу можна пропустити зовнішнє повітря. Воно буде нагріватись і надходити в приміщення для вентиляції або для згоряння палива в котлі. Схему такого каналу показано на рис.8.5.

Перелік інших енергозберігальний заходів, які можна застосовувати на етапі споживання енергії у будівлях ВНЗ, класифіковано за терміном їх окупності та наведено у таблицях 8.3...8.5. Перелік заходів, рекомендований до впровадження на етапі транспортування і постачання теплоти, наведено у таблицях 8.6...8.8.

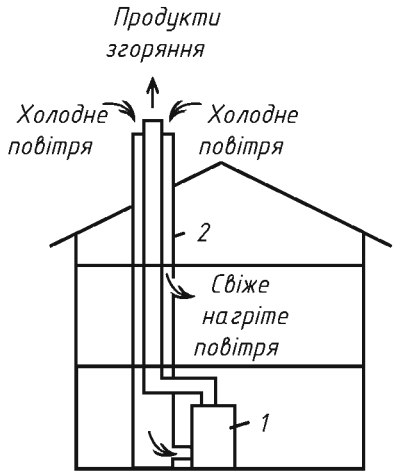


Рисунок 8.5 — Схема використання теплоти продуктів згоряння:
1 – котел; 2 – подвійний канал

Таблиця 8.3

Перелік короткострокових заходів з енергозбереження у сфері споживання теплової енергії

№	Назва заходу	Орієнтовний термін окупності, рік
1	Балансування вентиляційних каналів, встановлення регульованих вентиляційних ґраток і регуляторів потоку повітря	2
2	Впровадження енергомоніторингу систем опалення і механічної вентиляції у споживачів	1
3	Теплова ізоляція подавальних і зворотних трубопроводів систем опалення, які прокладаються по неопалювальних приміщеннях будівель	0,5
4	Встановлення водозберігальних душових насадок у системах гарячого водопостачання	1
5	Впровадження автоматичних систем управління часом подачі гарячої води. Управління тривалістю роботи насосів гарячого водопостачання. Оптимізація графіка споживання гарячої води	2
6	Теплова ізоляція трубопроводів системи гарячого водопостачання.	1

№	Назва заходу	Орієнтовний термін окупності, рік
7	Виконання робіт з ущільнення і герметизації стулок і нещільностей вікон, влаштування додаткового скління на існуючих наявних вікнах з дерев'яними рамами, влаштування вхідних дверей до будівель з тамбурами і доводчиками	1
8	Влаштування теплової ізоляції з відбивальним шаром на зарадіаторних ділянках зовнішніх огороджень	1
9	Заміна відкритих розширювальних баків у системах опалення на закриті	2
10	Встановлення жалюзі з внутрішньої поверхні світлопрозорих прорізів і закривання таких жалюзі у темний період доби взимку.	1
11	Секціонування систем припливної вентиляції і відключення систем за відсутності потреби в експлуатації певних приміщень з тимчасовим перебуванням людей	2
12	Зниження температури теплоносіїв і температури внутрішнього повітря в приміщеннях з тимчасовим і періодичним перебуванням людей	1

Таблиця 8.4

Перелік середньострокових заходів з енергозбереження у сфері споживання теплової енергії

№	Назва заходу	Орієнтовний термін окупності, рік
1	Встановлення багатошвидкісних електроприводів циркуляційних і мережевих помп або приводів помп із електронним частотним регулюванням кількості обертів у ЦТП та ІТП	5
2	Заміна нагрівальних приладів, які не підлягають ремонту, на нові	3
3	Впровадження автоматичних систем регулювання відпуску теплоти. Влаштування автоматичних теплових вузлів вводу з можливістю погодного та пофасадного регулювання, зниження температури внутрішнього повітря у вихідні, святкові дні і нічний період доби	4
4	Реконструкція систем опалення з метою забезпечення гідравлічної і теплової стійкості систем та можливості індивідуального регулювання відпуску теплоти кожним нагрівальним приладом та індивідуалізації розрахунків за спожиту теплоту (перехід на двотрубні горизонтальні системи опалення, встановлення термостатичних клапанів, встановлення закритих розширювальних баків)	5
5	Підвищення ефективності тепловіддачі в абонентських системах опалення (зміна розташування або екранування нагрівальних приладів та схеми їх підключення, трасування трубопроводів систем опалення)	3
6	Реконструкція індивідуальних теплових пунктів з метою оптимізації схеми підключення теплообмінників гарячого водопостачання, автоматичного регулювання температури гарячої води, встановлення регуляторів витрат води на потреби опалення	5
7	Встановлення теплових лічильників у теплових вузлах вводу до будівель. Облік спожитої теплоти	4

Таблиця 8.5

Перелік довгострокових заходів з енергозбереження у сфері споживання теплової енергії

№	Назва заходу	Орієнтовний термін окупності, рік
1	Заміна вікон із значним коефіцієнтом повітропроникнення на металопластикові вікна із зменшеним коефіцієнтом повітропроникнення та зменшеною інфільтрацією. Приведення теплотехнічних характеристик світлопрозорих прорізів будівель до вимог нормативної документації	13...15
2	Встановлення утилізаторів теплоти витяжного вентиляційного повітря в механічних системах вентиляції	12
3	Регулювання тривалості роботи вентиляційних систем. Упровадження інших систем автоматизованого управління роботою вентиляційних систем (встановлення детекторів присутності, регуляторів витрат повітря тощо)	6
4	Поліпшення теплотехнічних характеристик огороджувальних конструкцій будівель і споруд: зовнішніх стін, покрівлі, перекриття над неопалювальним підвалом. Виконання робіт з термомодернізації будівель	10...12
5	Використання низькопотенціальних джерел теплоти на потреби опалення, вентиляції і гарячого водопостачання в системах з тепловими помпами	10...12
6	Використання нетрадиційних і відновлювальних джерел енергії: сонячної, геотермальної, вітрової, залежно від умов упровадження	8...17

Таблиця 8.6

Перелік короткострокових заходів з енергозбереження у сфері транспортування та постачання теплової енергії

№	Назва заходу	Орієнтовний термін окупності, рік
1	Інвентаризація і налагоджування роботи теплових мереж, оптимізація гідравлічних і теплових режимів їх роботи. Оптимізація роботи мережевих помп	2,0
2	Оптимізація схем підключення теплообмінників гарячого водопостачання в центральних теплових пунктах	2,0
3	Впровадження енергомоніторингу роботи системи транспортування енергоносіїв, запобігання втратам теплоти і теплоносія у ході транспортування	2,0

Таблиця 8.7

Перелік середньострокових заходів з енергозбереження у сфері транспортування та постачання теплової енергії

№	Назва заходу	Орієнтовний термін окупності, рік
1	Вибір оптимальних схем приєднання абонентських установок відповідно до гідродинамічного режиму і статичного стану систем теплопостачання	5,0
2	Встановлення автоматичних регуляторів витрат теплоносія і регуляторів температури в центральних теплових пунктах	4,0
3	Впровадження акумуляторів теплоти і гарячої води в системах теплопостачання для вирівнювання перемінного теплового навантаження	4—5
4	Перехід до кількісно-якісного регулювання відпуску теплоти	5,0
5	Впровадження автоматичних систем регулювання відпуску теплоти за навантаженням по гарячому водопостачанню. Використання теплових акумулятивних характеристик будівель	5,0

Таблиця 8.8

Перелік довгострокових заходів з енергозбереження у сфері транспортування та постачання теплової енергії

№	Назва заходу	Орієнтовний термін окупності, рік
1	Заміна трубопроводів теплових мереж із збільшенням термічного опору теплової ізоляції трубопроводів	10...15
2	Заміна малоефективних і спрацьованих трубчатих та кожухотрубних теплообмінників на високоефективні пластинчасті теплообмінники	8...10

Таблиця 8.9

Результати енергетичного аудиту будівель

Основні характеристики будівлі _____

(найменування будівлі)

_____

(найменування ВНЗ)

Отримані у результаті енергетичних обстежень_____

(дата проведення обстежень)

за звітний період_____

(опалювальний період або рік,інше)

Пор. №	Найменування характеристик будівлі	Одиниця виміру	Спосіб отримання даних	Звітний період, рік		
				20..	20..	20..
1	2	3	4	5	6	7
1	Опалювальна загальна площа $F_з$	$м^2$	паспорт будівлі			
2	Опалювальний об'єм (зовнішні обміри) $V_з$	$м^3$				
3	Об'єм, що вентилюється (зовнішні обміри)	$м^3$				
4	Середньорічна кількість студентів і працюючих (для навчальних будівель)	осіб				
5	Середньорічна кількість людей, які проживають у гуртожитку (для гуртожитків)	осіб	дані бухгалтерського обліку			
6	Кількість робочих днів, у тому числі упродовж опалювального періоду	діб/діб	результати аудиту			
7	Кількість неробочих днів (канікули, свята, вихідні та інші дні відсутності у будівлі основного складу студентів, викладачів та обслуговуючого персоналу), у тому числі упродовж опалювального періоду	діб/діб	результати аудиту			
8	Кількість годин роботи системи гарячого водопостачання упродовж доби	год/добу	результати аудиту			
9	Кількість годин роботи систем примусової припливно-витяжної вентиляції з нагріванням повітря упродовж доби	год/добу	результати аудиту			
10	Дійсна тривалість опалювального періоду	год	результати аудиту			

Пор. №	Найменування характеристик будівлі	Одиниця виміру	Спосіб отримання даних	Звітний період, рік		
				20..	20..	20..
1	2	3	4	5	6	7
11	Нормативна тривалість опалювального періоду	год	КТМ 204 України 244-94			
12	Дійсна середня температура опалювального (звітного) періоду	град.	результати аудиту			
13	Нормативна середня температура опалювального (звітного) періоду / розрахункова нормативна температура зовнішнього повітря для систем опалення	град./ град.	КТМ 204 України 244-94			
14	Середня за звітний період температура внутрішнього повітря $t_в$	град.	результати аудиту			
15	Система теплопостачання: — централізована теплова мережа підприємства Теплоенерго; — теплова мережа від автономного джерела теплоти університету; — індивідуальне джерело теплоти будівлі; — інше		результати аудиту			
16	Графік температур відпуску теплоносія із теплових мереж або від індивідуального джерела теплоти (95/70,115/70.130/70, інше)	град.	згідно з даними теплопостачальної організції			
17	Конфігурація теплового вузла вводу: — з елеватором (лінія підмішування закрита); — з елеватором (лінія підмішування відкрита); — із змішувальним насосом і ручним регулюванням; — із змішувальним насосом і автоматичним регулюванням; — без змішувального вузла; — вузол вводу відсутній		результати аудиту			
18	Нагрівання гарячої води за схемою: — в індивідуальному тепловому пункті будівлі; — в центральному тепловому пункті університету; — отримання гарячої води із теплової мережі підприємства Теплоенерго; — нагрівання води в індивідуальних водонагрівачах		результати аудиту			

Пор. №	Найменування характеристик будівлі	Одиниця виміру	Спосіб отримання даних	Звітний період, рік		
				20..	20..	20..
1	2	3	4	5	6	7
19	Схема підключення теплообмінника гарячого водопостачання в індивідуальному або центральному тепловому пункті: — одноступенева; — двоступенева послідовна; — двоступенева паралельна.		результати аудиту			
20	Дійсні витрати теплоти за звітний період на потреби: (у разі відсутності вузлів обліку енергоносіїв п.19 заповнюється відповідно до розрахункових даних, які вказані у рахунках на оплату паливно-енергетичних ресурсів):		результати аудиту дані бухгалтерського обліку			
	— опалення $Q_{рік}$	МВт·год	результати аудиту показання вузлів обліку води і теплоти			
		(Гкал)				
21	— вентиляції	МВт·год				
		(Гкал)				
22	— гарячого водопостачання	МВт·год				
		(Гкал)				
23	— кондиціювання повітря	МВт·год				
		(Гкал)				
24	— технологічні (інші) потреби	МВт·год				
		(Гкал)				
25	— усього	МВт·год				
		(Гкал)				
26	Дійсні витрати води:		показання вузлів облі ку води			
	— гарячої	$м^3$				
	— холодної	$м^3$				
27	Дійсні витрати електроенергії на потреби:	МВт·год	показання вузлів обліку електроенергії			
	— освітлення і побутові потреби у приміщеннях будівлі	МВт·год				
	— зовнішнього освітлення	МВт·год				
	— технологічні (інші потреби)	МВт·год				
	— усього	МВт·год				
29	Дійсні витрати природного газу або іншого палива на потреби (вказати):	$м^3$,т	показання вузлів обліку палива			
	—	$м^3$,т				
	—	$м^3$,т				
	— усього	$м^3$,т				

Пор. №	Найменування характеристик будівлі	Одиниця виміру	Спосіб отримання даних	Звітний період, рік		
				20..	20..	20..
1	2	3	4	5	6	7
30	Розрахункові витрати теплоти на потреби (розрахункова теплова потужність інженерних систем):		результати розрахунків, які виконуються у ході енергетичного аудиту			
	— опалення $Q_{оп.}$	кВт				
	— вентиляції	кВт				
	— гарячого водопостачання	кВт				
	— кондиціювання повітря	кВт				
	— технологічні (інші) потреби	кВт				
	— усього	кВт				
31	Розрахункові витрати теплоти за звітний період на потреби:					
	Опалення $Q_{рік}$	МВт·год	результати розрахунків, які виконуються у ході енергетичного аудиту			
		(Гкал)				
32	— вентиляції	МВт·год				
		(Гкал)				
33	— гарячого водопостачання	МВт·год				
		(Гкал)				
34	— кондиціювання повітря	МВт·год				
		(Гкал)				
35	— технологічні (інші) потреби	МВт·год				
		(Гкал)				
36	— усього	МВт·год				
		(Гкал)				
37	Дійсні питомі витрати води у перерахунку на одну особу і одну добу	л/ (люд. добу)	п.26 / (п.7 · п.4); або п.26 / (п.7 · п.5);			
	— холодної					
	— гарячої					
38	Норма витрат води на одну особу за добу:	л/ (люд.добу	СНиП 2.04.01—85			
	— холодної					
	— гарячої					
39	Дійсна питома опалювальна характеристика будівлі:	ккал / (м^2 град.· год.);	$Q_{оп.}$ / [($t_в$ – $t_з$) $V_з$· K_t]; $Q_{оп.}$ / [($t_в$ – $t_з$) $F_з$ · K_t];			
	— на 1м^2 опалювальної площі					
	— на 1м^3 опалювального обєму					
40	Нормована величина питомої опалювальної характеристики будівлі:	ккал / (м^3 · град.· год.)	КТМ 204 України 244—94			
	— на 1м^2 опалювальної площі					
	— на 1м^3 опалювального об'єму					

Пор. №	Найменування характеристик будівлі	Одиниця виміру	Спосіб отримання даних	Звітний період, рік		
				20..	20..	20..
1	2	3	4	5	6	7
39	Дійсна величина питомих тепловитрат будівлі:	кВт·год / м^2; кВт·год / м^3;	п.20 / п.1 або п.20 / п.2			
	— на 1м^2 опалювальної площі					
	— на 1м^3 опалювального об'єму					
40	Нормована величина питомих тепловитрат будівлі:	кВт·год / м^2; кВт·год / м^3;	ДБН В.2.6—31:2006			
	— на 1м^2 опалювальної площі					
	— на 1м^3 опалювального об'єму					
41	Дійсні питомі витрати електроенергії на освітлення і побутові потреби в приміщеннях будівлі на одну особу за добу	кВт·год / люд · діб	п.27/ (п.6 · п.4) або п.27/ (п.6 · п.5)			
42	Розрахункова зовнішня температура для систем вентиляції	град.	КТМ204 України 244-94			
42	Дійсна питома вентиляційна характеристика будівлі на 1 м^3 вентилюємого об'єму	ккал / (м^3 град.· год)	п.21/ [(п.9 · (п.14 – п.42)]			
43	Нормована величина питомої опалювальної характеристики будівлі на 1м^3 вентиляційного об'єму	ккал / (м^3 град.· год)	КТМ204 України 244-94			

Висновки_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Висновки зробити на основі аналізу відповідності дійсних питомих витрат енергоносіїв і води нормованим величинам, а також відповідності дійсних параметрів мікроклімату в приміщенні нормованим. Виконати порівняння дійсних витрат теплоти за звітний період (п. 20) з розрахунковими (п. 31).

Виконавці_____Дата_____

8.2.4 Від енергоефективних до «пасивних» будівель ВНЗ.

Оптимальні форма та розміщення будинку на місцевості у поєднанні з високими теплозахисними характеристиками огороджень, упровадження теплонасосних установок для опалення і гарячого водопостачання, використання активних і пасивних систем сонячного опалення разом із рекуперацією теплоти витяжного відпрацьованого повітря у системах вентиляції, оснащенням будівлі енергоефективними електричними приладами і системами освітлення дають можливість зменшити величину максимальних тепловитрат на потреби опалення до величин $E_{мах}$ = 15 кВт · год. / м^2 за опалювальний період, а загальні витрати енергії на опалення, гаряче водопостачання і електроенергію для побутових потреб до 120 кВт · год. / м^2 на рік. Будинки з такими характеристиками називають «пасивними».

Нагадаємо, що відповідно до сучасних вимог до будівель в Україні, які подані наведених у табл. 6.5, величина максимально можливих питомих тепловитрат на опалення становить $E_{мах}$ = 45...104 кВт · год / м^2, залежно від температурної зони (температури зовнішнього повітря і тривалості періоду з низькими температурами), поверхні будинку та його об'єму.

Зменшення витрат енергії будинком здійснюється за рахунок мінімізації втрат теплоти — використання огороджень з максимально можливим і економічно доцільним шаром утеплення, компактності форми і оптимізації орієнтації за сторонами горизонту, максимального використання джерел вторинних і відновлювальних енергоресурсів, мінімізації витрат електроенергії, але *головним є принцип максимально можливого використання наявних теплонадходжень у будинку.*

Зауважимо, що усе зазначене вище повинно відповідати принципу економічної доцільності. «Пасивний» будинок має бути споруджений без надмірних витрат коштів, а інвестиції, вкладені у його побудову, — окупними. Адже «пасивний» будинок призначений саме для заощадження енергії та коштів. З цієї причини просте копіювання закордонних нормативних характеристик, які визначають критерії «пасивності» в умовах різних температурних зон України, для будинків різного об'єму і призначення не припустиме.

Не слід також забувати, що при впровадженні під час впровадження «пасивних» будинків у країнах ЄС частина додаткових витрат на вікна, огородження та інженерні системи з поліпшеними енергозберігаючими енергозберігальними характеристиками компенсується за рахунок різноманітних програм. Це і відкриття спеціальних кредитних ліній, і податкові державні пільги, і регіональні програми сприяння. В Україні такі умови поки ще відсутні.

Насамкінець наведемо деякі теплозахисні характеристики огороджень, які застосовуються під час спорудження «пасивних» будинків у країнах ЄС, і порівняємо їх з чинними в Україні нормативами згідно відповідно до вимог ДБН В.2.6-31: 2006 «Теплова ізоляція будівель».

Коефіцієнт теплопередачі огороджень (кількість теплоти у Вт, яка втрачається на 1 м^2 огородження при перепаді температур в 1 ^{0}С), становить такі величини: для зовнішніх непрозорих огороджень «пасивного» будинку K = 0,1 Вт / м^2 · град.

(для зовнішніх стін житлових і громадських будинків 1-ї температурної зони в Україні K = 0,36 Вт/ м^2 · град.; для покриття і перекриття неопалювальних горищ K = 0,2 Вт / м^2 · град);

для засклення «пасивного» будинку K = 0,6...0,8 Вт / м^2 · град. (для вікон і світлопрозорих фасадів 1-ї температурної зони в Україні K = 1,6...2,0 Вт /м^2 · град.;

для вхідних дверей «пасивного» будинку K = 0,75 Вт / м^2 · град. (для вхідних дверей 1-ї температурної зони в Україні K = 2.3 Вт / м^2 · град.;

кількість повітря, яке видаляється з будинку – 30 м^3 / год на особу (для житлового будинку з об'ємом приміщень 250 м^3 — 250 м^3/ год).

За результатами цього порівняння можна констатувати, що нормативні величини теплозахисних характеристик за прийнятими в останні роки державними будівельними нормами для огороджень досить близькі до відповідних норм для «пасивних» будинків.

З метою поступу від енергоефективних до «пасивних» будинків необхідно розробити економічно обґрунтовану нормативну базу, яка визначить мінімально можливі величини питомих енерговитрат для «пасивного» будинку з урахуванням особливостей клімату України, характеристик самих будівель, їх оснащення, вимог будівельних норм і санітарно-гігієнічних нормативів (у тому числі стосовно вентиляції) будівель.

Таким чином, забезпечення комфортних параметрів життєдіяльності людини у житлових і громадських будівлях за умови максимально можливого використання наявних теплонадходжень у будівлях, мінімізації втрат енергії, використання вторинних і відновлювальних енергоресурсів і можливості індивідуального регулювання параметрів мікроклімату у приміщеннях є перспективних шляхом розвитку систем теплопостачання, у тому числі в гуртожитках і навчальних корпусах ВНЗ.

Запитання та завдання для самоперевірки до розділу 8

1. Яким чином оцінюється загальний рівень споживання енергії будинком?
2. Що таке енергетичний аудит?
3. Охарактеризуйте етапи проведення енергоаудиту.
4. Поясніть схему трансформації первинної енергії палива.
5. Яким чином можна зменшити коефіцієнти теплопередачі зовнішніх стін і перекриття будівель?
6. Що таке тепловий насос та яким чином оцінюється енергетична ефективність його роботи?
7. Дайте характеристику пасивним та активним системам сонячного опалення.
8. Як відбувається нагрівання гарячої води за допомогою колектора — геліоприймача?
9. Які будинки називають «пасивними»?

РОЗДІЛ 9
ОРГАНІЗАЦІЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ КАМПАНІЇ З ВИСВІТЛЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ УПРОВАДЖЕННЯ ПРОГРАМИ «ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В УНІВЕРСИТЕТСЬКИХ МІСТЕЧКАХ»

Реалізація програми «Енергозбереження в університетських містечках» передбачає оприлюднення її результатів серед широкого загалу. З цією метою у даному розділі викладено основні інструменти та методи проведення інформаційно-роз'яснювальної кампанії, які студенти зможуть застосовувати під час планування та розробки заходів з інформування та просвіти щодо енергозбереження у ВНЗ.

9.1 Основи технологій Public Relations (PR). Організація та проведення інформаційної кампанії

Ознайомлення з навчальним посібником дало нашим читачам змогу дізнатись, що таке енергія, звідки ми її отримуємо, чому потрібно її берегти та як забезпечити комфортні умови у приміщенні, марно не втрачаючи енергетичні та інші ресурси. Але проблеми енергозбереження не може вирішити одна людина або група людей, навіть якщо ці проблеми стосуються лише одного вищого навчального закладу. Для успішного вирішення проблем енергозбереження і раціонального використання енергетичних та інших ресурсів у кожному ВНЗ, гуртожитку, багатоквартирному будинку, у кожному місті та у країні в цілому необхідно, щоб ці проблеми стали актуальними, соціально значущими у масовій свідомості, щоб у кожного українця сформувалось нове енергоефективне мислення. Першим кроком у цьому напрямі має стати *інформаційна кампанія*, яку необхідно розробити і провести серед студентів, викладачів та працівників ВНЗ.

У соціальних науках виділяють такі поняття, як громадська думка та масова свідомість. *Масова свідомість* — це практичне знання різних соціальних груп, що потрібне у повсякденному житті для взаємодії і комунікації у малих групах, місці проживання, країні, світі. *Громадська думка* — думка певної групи людей стосовно будь-якого питання, яку поділяє значна частина цієї групи.

Як бачимо, ці поняття між собою досить близькі і визначають поведінку груп людей. Впливаючи на масову свідомість і громадську думку, можна в певних межах керувати поведінкою великих груп людей або громадськістю.

Існують три основні інструменти такого впливу.

1. Пропаганда — (з лат. propago — поширюю), поширення політичних, філософських, наукових та інших поглядів, точок зору, ідей з метою їх втілення в суспільну свідомість та активізації масової практичної діяльності. Пропаганда зводиться до більш-менш систематичних спроб маніпуляції думками і переконаннями людей за допомогою різних символів: слів, гасел, монументів, музики

та ін. Від інших способів поширення знань та ідей пропаганда відрізняється спрямованістю на маніпуляцію свідомістю і поведінкою людей.

Пропаганда завжди має мету або набір цілей. Для досягнення цих цілей пропаганда добирає факти і подає їх таким чином, щоб дія на свідомість була найбільшою. Для досягнення своїх цілей пропаганда може відкидати деякі важливі факти або спотворювати їх, а також намагатися відвернути увагу аудиторії від інших джерел інформації. Суто технологічно, пропаганда — це процес передачі певних ідей або комплексу ідей аудиторії, спрямований на їх засвоєння нею. Специфіка полягає в тому, що аудиторія, тобто об'єкт дії, визначається самим пропагандистом, і при цьому він повинен не лише підносити ту або іншу ідею у вигляді, зручному для сприймання, а й дбати про її впровадження.

Пропаганда як комунікаційний процес припускає взаємодію свідомості пропагандиста і аудиторії, що виникає через засвоєння усних або письмових форм мови, а також образів. Але глибинний сенс пропаганди полягає в її емоційній дії на аудиторію за допомогою передачі настроїв, почуттів і спеціально створених психосемантичних формул.

Можна виокремити три основні критерії змісту ефективної пропаганди:

- наявність центральної тези;
- легкість для розуміння цільовою аудиторією;
- складність для критики (обґрунтованість тез, їх несуперечність один одному чи хоча би видимість цього).

2. Соціальна реклама – це вид некомерційної реклами, спрямованої на зміну моделей громадської поведінки і привертання уваги до проблем соціуму.

Соціальна реклама має ще інші визначення, але в усіх них є спільне — це комунікація за допомогою ЗМІ та інших засобів зв'язку з метою впливу на установки людей відносно тих або інших соціальних проблем, таких як злочинність, проблема СНІДу, алкоголізму, здоров'я і благополуччя нації. Соціальну рекламу можна визначити як «вид комунікації, орієнтований на привернення уваги до найактуальніших проблем суспільства і його моральних цінностей». Мета такого типу реклами — змінити ставлення публіки до якої-небудь проблеми, а у довгостроковій перспективі — створити нові соціальні цінності.

Сьогодні соціальною проблемою має стати й проблема енергозбереження. У рамках проекту «Реформа міського теплозабезпечення в Україні» проводиться ефективна інформаційна кампанія на національному та місцевому рівнях щодо необхідності теплозбереження під гаслом: «Збережи тепло, – збережи Україну». Соціальну рекламу з цієї теми розміщено на біл-бордах, вона демонструється на телебаченні у вигляді відеороликів з цікавими сюжетами та практичними порадами з теплозбереження: «Хочеш зігрітися – зроби... (утепли вікна та двері – це підвищить температуру у приміщенні на кілька градусів, не затуляй шторами батареї – це підвищить температуру у кімнаті ще на декілька градусів і т.д.). Енергоефективне мислення, енергоощадні звички, стиль життя з мінімальними впливом на довкілля мають стати новими моральними цінностями українців.

Принцип соціальної реклами полягає в неможливості переслідування комерційних або політичних цілей, а також згадок конкретних комерційних брендів,

організацій, марок (артикулів, моделей) товарів, а також політичних партій і окремих політиків.

Завдання соціальної реклами:

- формування громадської думки;
- привернення уваги до актуальних проблем громадського життя;
- стимулювання дій для вирішення соціально значущих проблем суспільства;
- демонстрація соціальної відповідальності бізнесу;
- зміцнення соціально значущих інститутів громадянського суспільства;
- формування нових типів громадських стосунків;
- зміна поведінкової моделі суспільства тощо.

Більшість з цих завдань є актуальними у рамках визначених нами цілей.

Необхідно згадати і про мотиви соціальної реклами. Мотиви, що використовуються в зверненнях соціальної реклами, можна умовно об'єднати в дві великі групи:

- емоційні мотиви;
- моральні мотиви.

Емоційні мотиви в рекламі «грають» на бажанні її отримувачів позбутися негативних і досягти позитивних емоцій. Наприклад, це такі мотиви: страху, свободи, відкриття (цікавість і любов до новизни), гордості і патріотизму, любові тощо.

Моральні і *соціальні* мотиви апелюють до почуттів справедливості і порядності. Досить часто в рекламних зверненнях підкреслюється необхідність вирішення таких гострих соціальних проблем, як захист довкілля, охорона правопорядку тощо.

3. Public relations (PR) — зв'язки з громадськістю. Існує декілька сотень визначень цього інструмента впливу на громадськість, наприклад:

«PR» — це формування громадської думки про товар, людину, компанію, подію.

«Public Relations» — це мистецтво і наука досягнення гармонії через взаєморозуміння, що ґрунтується на правді і повній поінформованості.

Мета PR — встановлення двостороннього спілкування для виявлення загальних уявлень або загальних інтересів і досягнення взаєморозуміння, що ґрунтується на правді, знанні і повній поінформованості.

Поняття Public Relations містить:

- усе, що може ймовірно поліпшити взаєморозуміння між організацією і тими, з ким ця організація вступає в контакт як усередині, так і за її межами;
- рекомендації зі створення «суспільного обличчя» організації;
- заходи, спрямовані на виявлення і ліквідацію чуток або інших джерел непорозуміння;
- заходи, спрямовані на розширення сфери впливу організації засобами відповідної пропаганди, реклами, виставок, відео- і кінопоказів;
- будь-які дії, спрямовані на поліпшення контактів між людьми або організаціями.

При цьому Public Relations не є:

- бар'єром між правдою і громадськістю;
- пропагандою, яка будь-що прагне нав'язати якусь інформацію, незалежно від правди, етичних норм і громадських інтересів;

- пропагандою, спрямованою виключно на збільшення реалізації, хоча зв'язки з громадськістю мають важливе значення для програм реалізації і маркетингу;
- набором хитрощів і трюків. Вони іноді використовуються для того, щоб привернути увагу, але при частому і абстрактному застосуванні абсолютно даремні;
- безкоштовною рекламою;
- просто роботою з пресою, хоча робота з пресою є вкрай важливою частиною більшості PR-програм.

Інструментальна пропаганда відрізняється від PR і реклами тим, що має на меті змінити цінності, погляди, переконання реципієнта (це той, кому вона адресована), тобто вона радше ідеологічна, а значить, поляризована і конфліктна. У свою чергу, зазвичай PR визначають як діяльність зі встановлення взаємовигідних, гармонійних стосунків між організацією і громадськістю. Це означає, що метою такої діяльності є формування позитивного іміджу організації. Нарешті, реклама діє з метою ознайомлення, популяризації, розкриття переваг тощо.

Таким чином, об'єктом комунікативної дії пропаганди є сітка соціального сприйняття, система життєвих координат реципієнта; об'єктом PR виступає оцінка / відношення реципієнта до суб'єкта; об'єктом реклами — орієнтація в окремо взятій ситуації. Можна сказати, що пропаганда домагається від реципієнта належного бачення соціальної реальності (підпорядкування як відношення, готового до реалізації), PR — позитивного образу (стосунки), реклама — вибору конкретної дії.

Під час розробки інформаційної компанії з енергозбереження ми застосовуватимемо окремі елементи і методи всіх трьох описаних вище інструментів.

9.1.1 Програма інформаційної кампанії з енергозбереження у ВНЗ.

У даному розділі пропонується варіант програми, який може бути скориговано під час розробки програми студентами-інтернами під керівництвом викладача.

Вступ. У вступі коротко описуються завдання і цілі, які ставить перед собою інформаційна кампанія, а також методи досягнення цих цілей. Визначаються часові межі інформаційної кампанії та критерії оцінки її ефективності. З матеріалу цієї частини має стати зрозуміло, для чого розробляється ця кампанія і як, коли і ким вона проводитиметься, які ресурси при цьому планується використовувати.

Початковий стан. Початковий стан — це набір даних, які описують ситуацію до запуску інформаційної кампанії. Він служитиме відправною точкою для оцінки результатів та наслідків проведення інформаційної кампанії, які визначатимуться різницею між початковим (вихідним) станом і станом після закінчення програми.

Загальний опис ситуації у сфері енергозбереження у ВНЗ. Загальні відомості містять інформацію про стан енергозбереження до початку реалізації інформаційної компанії, а саме:

а) споживання енергоресурсів у цілому і по окремих об'єктах;
б) виявлені можливості енергозбереження;
в) ставлення до енергозбереження викладацького/студентського колективу (на підставі анкетування, опитувань, інтерв'ю);

г) рівень поінформованості і знань студентського/викладацького колективу у царині енергозбереження тощо.

Наведемо деякі методи, які доцільно використовувати для збору необхідної інформації.

Особисті контакти. Найкращим засобом, який уможливлює ефективно виявляти і оцінювати тенденції у будь-якому співтоваристві, є вільне встановлення контактів з різними людьми. Різновидом особистих контактів є бесіда з ключовими інформаторами. Цей підхід передбачає добір та інтерв'ювання добре інформованих лідерів і експертів.

Інтерв'ю зазвичай набуває форми вільної і не обмеженої в часі дискусії, в ході якої вибраним особам пропонується обговорити певну проблему або питання. Основою для добору ключових інформаторів є передбачуване знання ними обговорюваного питання, а також їх здатність навести погляди інших. Поглиблене інтерв'ю з ключовими інформаторами часто дає змоги отримати перші сигнали стосовно проблеми.

Фокус-групи. Фокус-група – групове інтерв'ю (6—10 осіб), об'єднаних за певною ознакою (вік, стать, соціальний статус) для з'ясування їх ставлення до проблеми, заходу, виробу, організації або іншого об'єкта дослідження та отримання розуміння мотивів їх поведінки. Ведучий (модератор) проводить присвячене певній темі обговорення у невимушеній атмосфері, заохочуючи учасників до вільного та відкритого спілкування, щоб динаміка групи та стосунки, що в ній встановлюються, допомогли виявити істинні почуття і думки учасників. Хід дискусії записується на аудіо- або відеомагнітофон і згодом уважно вивчається. Фокус-групи можуть використовуватися, наприклад, з метою збору інформації, необхідної для розробки анкет.

«Гарячі» телефонні лінії. Телефонні лінії використовуються для отримання негайного зворотного зв'язку і відстеження проблем, що викликають особливу заклопотаність та інтерес різних громадських груп. Складність, проте, полягає в тому, що подібне виявлення проблем і думок не може замінити собою опису проблем та розподілу думок за різними цільовими групами.

Контент-аналіз ЗМІ. Контент-аналіз засобів масової інформації є застосуванням систематичних процедур у спробі об'єктивно оцінити те, про що повідомляється в ЗМІ. Він не виявляє, чи дійсно аудиторія сприйняла зміст того або іншого повідомлення і повірила йому.

Поштове опитування. Анкета, що розсилається поштою, — найбільш ймовірний спосіб контактувати з людьми, які не згодні на особисту зустріч. Поштова анкета містить прості і чітко сформульовані запитання, час отримання відповідей на які не має бути значним. До найважливіших переваг анкет, що розсилаються поштою, належать такі: заощадження часу і грошей; зручність для респондентів (це ті, кого опитують); гарантія анонімності; відсутність впливу особистості інтерв'юера. Недоліками є перекоси вибірки[48] (не знаємо, хто заповнює анкету) та низький відсоток повернення анкет.

[48] Вибірка (вибіркова сукупність) — це частина генеральної сукупності, що відображає та відтворює її основні характеристики і є її зменшеною моделлю. Генеральна сукупність — це вся множина соціальних об'єктів, які підлягають вивченню.

Телефонне інтерв'ю. Телефонне інтерв'ю — найкращий шлях швидкого збору інформації, до того ж інтерв'юер має можливість пояснювати незрозумілі респондентові запитання. Частка тих, хто відповів зазвичай є вищою, ніж у разі опитування поштою. Основна складність — не можна затягувати розмову та зачіпати особисті теми.

Онлайнове інтерв'ю. Онлайновому тестуванню прогнозують велике майбутнє. Вважається, що такий метод швидший за традиційні методи. Існує можливість помістити анкету на web-сторінці і запропонувати відвідувачам відповісти на запитання (стимулюючи участь деякими призами) або розмістити банер з аналогічною пропозицією на будь-якому часто відвідуваному сайті типу Rambler, Yandex. Нарешті, можна зайти в певний «чат» і звернутися до охочих узяти участь в опитуванні. Скласти уявлення про відвідувачів web-сайту можна шляхом відстеження ланцюжків використовуваних посилань і переходів на інші сайти. Для збору цієї інформації застосовується механізм cookie. Недоліком цього методу, безумовно, є те, що не всі респонденти мають можливість доступу в Інтернет.

Фінансові та інституціональні обмеження. У цьому розділі мають бути описані фінансові ресурси, які знадобляться для ефективної реалізації інформаційної кампанії, усі можливі бар'єри і обмеження, пов'язані з позицією керівництва ВНЗ, навчальною програмою, студентським самоврядуванням тощо.

Узагальнена оцінка початкового стану. Узагальнена оцінка початкового стану служитиме для періодичного порівняння результатів виконання інформаційної кампанії, а в кінці — остаточної оцінки цих результатів.

Пріоритети та очікувані результати. У цій частині програми описано пріоритетні цілі, задачі та заходи. Ці пріоритети є основою для структурування програми.

Пріоритетні цілі. Пріоритетні цілі визначають напрям докладання зусиль або точку фокусу інформаційної кампанії, охоплення (аудиторію), показники-орієнтири і терміни, за які вони мають бути досягнуті. Тому цілі мають бути вимірними. Вимірні цілі є ефективними не лише тому, що вони кількісно визначені, але ще й тому, що кожна визначає терміни для досягнення цієї мети.

Під час розробки програми цілі можна уточнювати і змінювати, якщо для цього є досить переконливі аргументи. У цій частині необхідно навести головні пріоритети:

Пріоритетна ціль 1: .. ..

Пріоритетна ціль 2: .. ..

Пріоритетна ціль 3: .. .. тощо.

Пріоритетні (стратегічні) цілі розкриваються набором короткострокових (тактичних) цілей (чи завдань), кожна з яких, у свою чергу, представлена набором заходів з певними виконавцями, термінами, бюджетом і графіком (планом) виконання. Ранжирування цілей може мати такий вигляд (рис. 9.1):

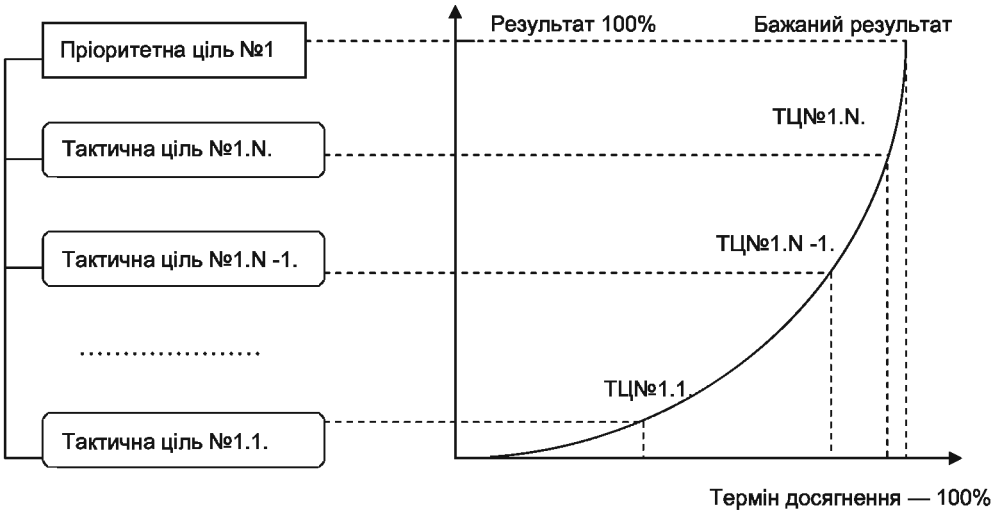


Рисунок 9.1 – Ранжування цілей інформаційної кампанії

Кожна тактична мета, у свою чергу, розписується як набір заходів з певними виконавцями, термінами і бюджетом.

Очікувані результати від реалізації програми. У цьому розділі узагальнюють результати виконання програми. Узагальнення можна зробити на основі прийнятої класифікації заходів і проектів, а також програми в цілому. Очікувані результати мають бути пов'язаними з пріоритетними цілями програми і передбаченими в ній результатами для кожного з пріоритетів, наприклад екологічного, фінансового, соціального тощо.

Фінансування. У цій частині програми необхідно представити на розгляд бюджет програми, достатній для її ефективної реалізації, гарантовані чи очікувані джерела фінансування та фінансові інструменти, які будуть використовуватись.

За кордоном для інвестування в енергозбереження використовується безліч фінансових інструментів. До них належать різні накопичувальні та кредитні схеми, гранти, включення особливих умов про фінансування енергозберігальних заходів у контракти на управління або постачання комунальних послуг тощо. На жаль, в Україні подібні фінансові інструменти поки ще не набули широкого застосування.

Для ВНЗ потенційним джерелом фінансування може бути міська чи обласна влада. Частину фінансових ресурсів може надати ВНЗ, проте розробникам належить захистити витратні статті перед керівництвом, довести ефективність і актуальність запланованих заходів. Фінансові кошти для реалізації PR-заходів (концерти, тематичні вечірки, презентації) можуть надати спонсори. Можливо залучити гранти організацій, у тому чисті й іноземних, діяльність яких спрямовано на підтримку енергоефективних та екологічних програм.

Приклад 9.1.

У квітні 2008 р. Британська Рада в Україні оголосила конкурс на міні-гранти для фінансування інформаційних програм з енергоефективності в рамках проекту «Регіональна кампанія з енергоефективності», мета якого — проінформувати та зацікавити громадськість заощаджувати природні ресурси й енергію та запропонувати інноваційні шляхи підвищення енергоефективності. Конкурс передбачав проведення інформаційної кампанії з різними групами населення та місцевими органами влади за такими видами діяльності: виготовлення, друк і розповсюдження інформаційних матеріалів на тему енергоефективності та енергоощадження, сталого розвитку та зміни клімату; вулична реклама; проведення дебатів, інформаційно-просвітницьких чи навчальних семінарів, круглих столів, прес-клубів, дискусій; підтримка розвитку відновлюваних джерел енергії та енергоощадження; заходи для заохочення співпраці з органами місцевої влади; залучення засобів масової інформації, інше.

Загальний бюджет конкурсу становив 100000 грн. Узяти участь у конкурсі могли урядові, неурядові організації та академічні структури з міста Харкова й області.

Приклад 9.2.

У червні 2009 Фонд Східна Європа, компанія «Теленор» і Посольство Фінляндії в Україні оголосили конкурс проектів «Енергоефективність: місцеві партнерські ініціативи» для українських недержавних неприбуткових організацій зі статусом юридичної особи в партнерстві з місцевими органами влади Дніпропетровської, Львівської, Чернівецької обл., АР Крим та м. Севастополь.

Мета конкурсу — залучення громади, влади та бізнесу до співпраці для поліпшення енергоефективності на місцевому рівні.

З-поміж іншого проекти могли містити розробку програм підвищення енергоефективності для цільових територій та проведення інформаційних кампаній щодо енергоефективності та запропонованих пілотних проектів, а також стосовно заходів, які населення може застосувати з метою енергозбереження.

Пілотні проекти повинні були мати соціальний ефект та передбачати запровадження енергозберігаючих технологій на муніципальних об'єктах, комунальних підприємствах, у житлово-комунальному секторі.

Необхідні для реалізації заходів і проектів фінансові витрати, передбачені програмою, можуть бути представлені окремо для кожного проекту чи заходу або визначені як загальна сума залежно від прийнятого підходу в цій частині. Під час розробки програми може бути визначено лише частину джерел фінансування. Їх потрібно описати з поясненням рівня надійності.

Виконання програми: учасники. У цій частині програми представлено учасників виконання програми, організацію різних заходів і проектів, методи нагляду, аналізу та оцінки виконання.

Окремі групи учасників необхідно чітко розмежувати, а їхні обов'язки описати:

а) внутрішні учасники — інтерни інституту, активісти студентського самоврядування, представники керівництва інституту, викладацького складу тощо.

б) зовнішні партнери — спонсори, активісти інших ВНЗ, неурядові організації, представники політичних партій тощо;
в) представники місцевої влади, депутатського корпусу, інші урядовці;
г) фахівці з проекту РМТ, інших міжнародних та національних проектів у сфері енергозбереження.

Організація виконання програми.

Передусім інформаційна кампанія має комунікаційний характер.

Комунікація — це процес, під час якого «відправник» через канали комунікації передає одержувачу інформацію з метою отримання від нього відповіді.

Для успішної реалізації комунікації «відправник» має бути ознайомлений з інтересами різних цільових груп, рівнем їхніх знань і досвідом, методом збору інформації та каналами отримання повідомлень.

Комунікаційна стратегія є процесом, який ґрунтується на п'яти основних елементах: цільова група, мета, інформація, організація і засоби.

Цільова група — це конкретно визначена група, до якої буде спрямовано конкретну інформацію, наприклад студенти, викладачі, персонал ВНЗ. Кожну з цих груп можна поділити ще на декілька, наприклад групу «викладачі» на такі цільові підгрупи:

- керівний склад (декани, завідувачі кафедрами);
- з науковими званнями та ступенями (професори, доценти, ст. викладачі);
- без наукових звань та ступенів (ст. викладачі, асистенти);
- стажисти.

Розподіл на цільові групи дає змогу більш ефективно проводити інформаційну кампанію, добираючи аргументи і методи дій конкретно під інтереси і особливості сприйняття кожної цільової групи.

Важливо пам'ятати, що цільові групи це — кінцеві споживачі енергії, які мають специфічні загальні моделі кінцевого споживання, але водночас вони є людьми зі своїми, притаманними їм знаннями, пріоритетами, упередженнями, моделями поведінки, свідомими чи несвідомими інтересами, бажанням чи небажанням змін.

З метою визначення цільових груп комунікаційної стратегії слід здійснювати такі кроки:

- проведіть повний огляд цільових груп, які відіграють певну роль у програмі інформаційної кампанії. Намагайтеся бути якомога конкретнішими (наприклад, мешканці конкретного гуртожитку);
- намагайтеся розмістить їх у порядку пріоритетності. Чим відповідальніша і активніша цільова група щодо енергетичної проблеми, тим важливіше провести діалог з цією групою;
- зазначте орієнтовний кількісний склад групи (може виявитися необхідність зробити її додатковий розподіл або перегрупування);
- визначте їх соціальний стан і знайдіть осіб, які б могли представляти певний інтерес (з огляду на їхні впливові можливості);
- сформулюйте ступінь, наскільки кожна цільова група може бути точно визначеною і доступною;

– зробіть припущення щодо доцільності внеску групи для вирішення даного енергетичного завдання (що можуть зробити?).

Цілі (мета) комунікації випливають з цілей інформаційної кампанії. Вони повинні відповідати тому, що має знати, усвідомлювати чи робити ця визначена цільова група. Бажано окреслити терміни досягнення цілей.

Визначення цілей комунікації для кожної цільової групи.

Розрізняють чотири види цілей комунікації:

– цілі, пов'язані з увагою (чи чули про це, чи мають власну думку);
– цілі, пов'язані з поінформованістю з питання, знаннями і розуміннями (чи знають про існування даної проблеми, що саме знають, чи розуміють її);
– цілі, пов'язані з готовністю і мотивацією (бажання працювати, мотивація, зацікавленість);
– цілі, пов'язані з поведінкою та уміннями (чи роблять щось, чи можуть щось робити, чи беруть участь).

Найкращим способом проведення аналізу цілей є дискусія або «мозковий штурм».

Інформація є змістом, який ви хочете довести до відома обраної цільової групи.

Формулювання інформації. Ключовим запитанням є таке: «Яка інформація є головною для відповідних цільових груп?». Щоб відповісти на це запитання, потрібно виконати такі два кроки:

– формулювання головної теми — вона має відображати мету комунікації та бути пов'язаною з метою загальної політики;
– формулювання конкретних підтем — має бути наголошено на вигоді для конкретної цільової групи, щоб привернути увагу її учасників.

Рекомендовано надати перевагу балансу між раціональними та емоційними аспектами інформаційного матеріалу шляхом уважної оцінки характеру та ставлення цільової групи.

Наведіть питання для відповідної цільової групи в простій, чіткій і зрозумілій формі, уникаючи непотрібних деталей та попередньої інформації. Намагайтеся досягти балансу між емоційним і раціональним ставленням. Будьте чесні і використовуйте позитивні приклади. Наведіть приклад, як інші люди чи організації роблять свій внесок у вирішення цієї проблеми.

Засоби. Засобами передачі інформації та отримання зворотного зв'язку є комплекс усіх засобів та методів, що їх пропонують для використання пропаганда, соціальна реклама та PR. Деякі засоби передачі інформації добре відомі, наприклад поширення проспектів і брошур, надсилання листів і проведення зустрічей. Щоб можна було використовувати ці засоби більш ефективно, бажано задіяти і місцеві ЗМІ.

Мудрим рішенням є пошук способів комбінування засобів комунікації. Досвід показує, що найкращі результати дає особистий контакт. Та цей метод спілкування потребує багато часу і з цієї причини в багатьох випадках не дуже ефективний. Більше того, цей метод дає доступ до невеликої кількості людей. На відміну від нього ЗМІ володіють широкою аудиторією людей. Недоліком при

цьому є те, що інформація здебільшого має загальний характер, а крім того, використання засобів масової інформації може бути вкрай дорогим засобом.

Організація охоплює планування, визначення термінів, розподіл завдань та бюджету, головні напрями зовнішньої і внутрішньої співпраці тощо. Буде ваш план комунікації успішним або, навпаки, зазнає невдачі, значною мірою залежить від організації процесу виконання. Зазвичай цілі, які ви собі намітили, і способи виконання визначаються на підставі наявного кадрового потенціалу та фінансових можливостей. Подані далі питання мають особливе значення в організації загалом:

Завдання та відповідальність. Визначте, хто у вашій команді відповідає за зв'язки з даною цільовою групою і як координується їхня робота.

Здійсніть попередню оцінку витрат і зазначте, як фінансуються окремі заходи. Якщо наявний бюджет є замалим, ймовірно, ще буде можливо:

- визначити пріоритети;
- розділити заходи на окремі етапи таким чином, що витрати можуть бути розподілені на більш тривалий період часу;
- знайти додаткові джерела;
- налагодити співпрацю з іншими гравцями (наприклад, неурядовими організаціями, спонсорами).

Планування. Бажано розташувати заходи в хронологічному порядку і обумовити, хто, що і коли робить.

Виконання плану комунікації. Успіх реалізації комунікаційної стратегії та плану комунікації значною мірою залежить від звернення особливої уваги на координації зусиль. Цілком імовірно, що роботи з виконання програми будуть покладені на досить велику кількість осіб. У цьому випадку координація особливо необхідна. Інформація для конкретних цільових груп має бути чіткою і однозначною. Заходи необхідно виконувати в логічній послідовності, так, щоб обов'язково було визначено час виконання. Коли комунікаційні заходи створюють плутанину, виникає небезпека, що цільова група розпадеться і надання інформації на пізнішому етапі буде ускладнене.

Покажіть приклад. Якщо ви хочете, щоб ваша цільова група змінила свою поведінку, ви і ваша команда мають показати приклад. Якщо ви цього не зробите, то послабите вплив інформації. У результаті цього ваша цільова група змушена буде демонструвати вашу поведінку замість того, щоб змінити свою.

Забезпечте зворотний зв'язок. Покажіть вашій аудиторії результати своїх зусиль, наприклад, такі:

- дайте особистий звіт про зворотний зв'язок з особами, які самостійно зробили будь-які зусилля;
- наведіть конкретні цифри, які на прикладі окремої ситуації проілюструють, як економиться енергія. Ознайомлення з результатами дій людей мотивує й інших докладати зусилля в цьому напрямку;
- дайте пояснення і використайте також негативні ситуації, які послужать позитивною відправною точкою для подальших дій. Ніколи не давайте неправдиву інформацію.

Основні дилеми під час комунікації. Соціальні дилеми є моделями складних ситуацій, у яких люди змушені вибирати між власними найкращими інтересами і найкращими інтересами групи, у яку вони входять разом з іншими. Такі ситуації характеризуються протиріччям між приватними і колективними інтересами. Дилеми виникають, коли всі члени групи діють, виходячи з особистих інтересів, сподіваючись, що інші (або більшість з них) діятимуть з огляду на колективні інтереси. У результаті, якщо майже всі люди ігнорують спільні інтереси, кожному окремо стає ще гірше. Гумористи охрестили цю усім знайому ситуацію так: «Хотіли як краще, а вийшло як завжди». І це наслідок того, що кожен хоче зробити «як краще» для себе, а не для всіх разом.

Деякі із загальновідомих соціальних дилем:

Колективні та індивідуальні інтереси. Користь від енергоощадження для колективу і суспільства відчувається менше, ніж для окремої людини, яка безпосередньо відчуває незручності від змін (наприклад, від погіршення якості побутових умов).

Короткотерміновий ефект та результати в довготермінових планах. Короткотермінові ефекти, такі як низький рівень комфорту при користуванні громадським транспортом замість власного автомобіля, є очевидними. Довгострокові ефекти, наприклад такі, як зберігання запасів природних корисних копалин протягом тривалого часу, є важкими для сприйняття чи усвідомлення.

Ефект «Тут і там». Той факт, що використання природних корисних копалин завдасть шкоди навколишньому середовищу в інших регіонах країни або в іншій частині світу, часто є незрозумілим для людини, яка користується цим джерелом енергії.

Відсутність знань. Люди часто не володіють інформацією про можливості енергозбереження, якими вони можуть здійснити самі. Вони впевнені, що енергозбереження в локальному приміщенні досягнути не можливо або цим повинен займатись хтось інший.

Суперечлива інформація. Наприклад, деякі люди відмовляються вимикати лампи денного світла при виході з кімнати на короткий час, тому що вони переконані (чули від якогось фахівця?!), що часте вмикання і вимикання таких ламп призводить до надмірного споживання енергії, тобто це коштує грошей. Правильною інформацією є така, що будь-яке вимикання флуоресцентних ламп при виході з кімнати забезпечує економію енергії.

Ефект «Тільки після вас, пане!». Людям властиво перекладати відповідальність на інших людей або установи, але не брати її на себе. «Чому я повинен сидіти в темному і незатишному гуртожитку, коли увесь ректорат в лампочках, які світять усю ніч? Нехай керівництво реагує першим!».

Оцінка виконання інформаційної компанії.

Оцінка виконання інформаційної кампанії може ґрунтуватися на низці показників, до яких можна віднести: зменшення енерго- та та ресурсоспоживання (води) в цілому та по окремих об'єктах; результати аналізу інформації у ЗМІ, інтерв'ю або телефонних розмов; кількість зустрічей з колегами та інформаторами — членами цільової групи; засідань «круглих столів» та консультацій з члена-

ми цільових груп; кількість розповсюджених анкет наприкінці зустрічей або надісланих поштою цільовим групам з проханням їх заповнити і надіслати назад.

Після завершення робіт з реалізації кожного окремого проекту та закінчення терміну повного виконання програми можна зробити кількісну оцінку досягнутих результатів.

Найпростішим способом є порівняння даних про:

(а) стан об'єктів, на яких були проведено відповідні заходи, та у студентському містечку в цілому, до і після виконання програми;

(б) загальну кількість зекономленої енергії протягом усього терміну реалізації програми і прогнози на майбутній період.

Основними показниками для визначення успіху програми інформаційної компанії є такі:

(а) досягнення поставлених цілей;

(б) створення умов для повторюваності успішних проектів на інших об'єктах студентського містечка або інших ВНЗ;

(в) ступінь впливу програми на успішність студентів за дисциплінами, інтегрованими у програму, підвищення активності громадської діяльності, удосконалення професійних навичок.

Моніторинг виконання програми інформаційної кампанії.

Перелічені вище показники ефективності програми інформаційної кампанії можна відстежувати під час реалізації програми і (або) після її завершення. З цією метою здійснюється оцінка та моніторинг програми. Вони мають особливо важливе значення для забезпечення стійкості досягнутих результатів та уникнення у подальшій роботі помилок, виявлених упродовж реалізації програми.

Моніторинг та оцінка можуть охоплювати різні етапи та аспекти процесу реалізації програми інформаційної кампанії. Як правило, ці заходи починаються ще з перших кроків і тривають після завершення виконання програми. Рекомендується продовжити моніторинг і оцінку також у період після закінчення терміну дії програми, з тим, щоб з'ясувати її довготерміновий вплив на стан енергозбереження, свідомість та поведінку людей.

Моніторинг управління та реалізації інформаційної кампанії необхідно здійснювати на підставі заздалегідь визначених показників.

Показники ефективності. Визначення показників ефективності є винятково відповідальним завданням. Перелічені показники можна застосовувати під час розробки показників для вашої інформаційної кампанії:

(а) досягнення попередньо оголошених якісних цілей і завдань програми;

(б) досягнення попередньо оголошених кількісних цілей і завдань програми;

(в) створення умов для повторюваності успішного досвіду в цьому і (або) іншому студентському містечку;

(г) вплив виконання програми на інші навчальні та громадські програми ВНЗ;

(ґ) ефективність управління програмою.

Показники ефективності не повинні бути численними, а мають бути чіткими, вимірюваними і доступними для звітності та контролю.

Зворотний зв'язок.

Реалізація програми інформаційної кампанії є заключним кроком у процесі навчання з енергозбереження в студентських містечках, але не є завершенням діяльності з енергозбереження. Уроки, здобуті під час розробки та реалізації інформаційної кампанії, є корисною основою для подальшої діяльності з енергозбереження у ВНЗ міста, поширення цієї практики на інші галузі, місто в цілому. З огляду на це звіт про моніторинг та оцінку проведення інформаційної кампанії відіграє дуже важливу роль. Він може слугувати позитивним прикладом та джерелом досвіду для поширення діяльності з енергозбереження.

Висновок.

На закінчення слід узагальнити основну інформацію про програму. Її можна викласти, виходячи з пріоритетних цілей програми, вона має ґрунтуватися на основних проектах та заходах, бути пов'язаною з найважливішими очікуваними від реалізації програми результатами.

Додатки.

Список додатків доцільно вмістити у текст програми. У додатки слід винести проекти конкретних заходів, великі таблиці з аналізу та іншу інформацію, яка має описовий та розрахунковий характер.

9.1.2 Інструменти та методи PR, що використовуються під час розробки інформаційної кампанії.

Ознайомившись з інформацією щодо цілей та завдань Public Relations, пропаганди і соціальної реклами, можна зробити висновок, що всі вони певною мірою можуть застосовуватись як інструменти інформаційної кампанії, спрямованої на розвиток діяльності з енергозбереження.

Соціальну рекламу можна використовувати з метою популяризації та розкриття переваг енергозбереження, проте вона є досить витратним заходом.

Пропаганда — більше ідеологічна, тобто поляризована і конфліктна.

PR зазвичай визначають як діяльність зі встановлення взаємовигідних, гармонійних стосунків між організацією і громадськістю. Це означає, що метою такої діяльності є формування позитивного образу певного суб'єкта, події, дії, у даному випадку енергозбереження і конкретних заходів у цій сфері.

Таким чином, саме зв'язки з громадськістю повинні бути покладені в основу інформаційної кампанії з енергозбереження, хоча і з залученням у необхідному обсязі й елементів соціальної реклами та пропаганди.

PR-кампанія — це комплексне, багаторазове використання PR-засобів та рекламних матеріалів з метою здійснення впливу на дії, думки і стосунки людей з метою популяризації іміджу, підтримки репутації, створення пабліситі тощо.

Розглянемо можливості використання різних PR-засобів і каналів поширення PR-звернень стосовно енергозбереження у ВНЗ:

Друковані засоби масової інформації.

До друкованих ЗМІ належать газети і журнали.

Газету сприймає аудиторія як авторитетне джерело точної інформації (надруковані тексти доступні багаторазовому вивченню, аналітичному огляду).

Газета традиційно тяжіє до коментування інформації, тому PR-звернення може сприйматися досить критично. Потрібно багаторазово повторювати текст PR-звернення, щоб подолати скептицизм цільової аудиторії. Слід враховувати при цьому цикл оперативності газети (щоденно — 24 години, щотижнево — 7 днів) у своїх розрахунках повторної дії на читача.

Журнал розрахований на тривале читання у колі сім'ї, а також під час відпустки, подорожей, відряджень. У журнальних публікаціях (вони зазвичай більші за газетні) за відсутності оперативної інформації (цикл оперативності — 1-2 місяці) PR-звернення тяжіє до перспективних тем. У рамках розробки і реалізації інформаційної кампанії інтерни потрібно визначити, з якими саме ЗМІ вони можуть налагодити спільну роботу з поширення інформації. У багатьох ВНЗ є власні друковані видання, відповідно можна безкоштовно публікувати статті на задану тему. У великих містах існують місцеві молодіжні журнали, які містять актуальну для студентів інформацію і поширюються безкоштовно або ж коштують зовсім недорого. Є також міські та обласні ЗМІ, які можуть публікувати необхідну інформацію за попередньою домовленості та сприяння місцевої влади тощо.

Радіо, телебачення належать до найбільш ефективних каналів доставки PR-звернень (можливість індивідуалізації тексту, музичний і шумовий супровід, великі аудиторії, літературно-художня форма, відеоряд і тому подібне). Організовуючи передачі з місця подій, радіожурналіст створює «ефект присутності», що включає радіослухачів у події прямого репортажу. Цей ефект підвищує довіру аудиторії до матеріалів Public Relations. Значною є підсвідома дія радіо на масову свідомість — цей ефект створюється тим, що саме сприйняття (слухання) радіоповідомлень відбувається мимохідь, «без відриву» від виробничих та інших занять. Телебачення здатне виводити на екран зображення (у тому числі й текст), усну мову і музику, створює найдоступніші масовій свідомості рекламні та PR-звернення (і найефективніші!).

Проте якщо розглянути ціни на рекламу, то телереклама — задоволення не з дешевих, радіореклама — просто дороге.

У багатьох ВНЗ існують свої внутрішні радіостанції. Цим каналом можна і треба скористатися. Необхідно налагодити співпрацю з радіожурналістами і тележурналістами місцевих радіостанцій та телеканалів, які в новинах, інтерв'ю, спеціальних програмах могли б висвітлювати потрібні події, поширювати PR-звернення, розповідати про здійснені заходи, доводити необхідну інформацію до цільової аудиторії.

Пряма поштова розсилка не належить до дорогих засобів доставки PR-звернень цільовій аудиторії, особливо якщо основна аудиторія компактно проживає в гуртожитках.

Реклама по телефону. Має низку переваг і недоліків. У нашому випадку навряд чи може бути застосованою, оскільки більшість студентів, проживаючи в гуртожитку, не мають домашнього телефону.

Зовнішня реклама. За узгодженням з керівництвом ВНЗ з інформаційною метою можна використовувати банери, планшети, щити, світлові екрани, вивіски тощо. Їх розміщують стаціонарно або тимчасово (на момент проведення

спортивних змагань, свят і навіть певних занять з дисциплін, що так або інакше пов'язані з питаннями енергозбереження). Існує також можливість вивішувати оголошення на дошках біля деканатів, у вестибулях гуртожитків. У деяких ВНЗ у вестибулях навчальних корпусів встановлено плазмові панелі, на яких можна демонструвати відеоролики та оголошення.

Сувеніри і подарунки підтримують основні ідеї PR-звернень, PR-програм, PR-кампанії за рахунок пропозиції предметів утилітарного призначення з різного роду написами (наприклад, слоганом), малюнками тощо. Усі ці речі безкоштовно вручаються представникам цільової аудиторії, партнерам, учасникам переговорів тощо. Під цей вид PR необхідно залучити спонсорів, зацікавлених у створенні іміджу або залученні потенційної аудиторії. Спонсором може виступити як приватна фірма (наприклад, будівельна компанія з метою показати свою зацікавленість в енергозбереженні, розповісти про свої енергозберігаючі технології), так і місцева влада або політична партія (актуально в період виборів).

Інтернет. Більшість студентів і викладачів є користувачами Інтернету, мають постійний доступ до нього. Тому цей канал Public Relations може бути надзвичайно ефективним. Можна виокремити такі напрями PR-діяльності в Інтернеті у рамках інформаційної компанії:

- створення і підтримка веб-сайту;
- використання існуючих веб-сайтів;
- direct-mail — розсилка прес-релізів електронною поштою;
- взаємодія зі ЗМІ в Інтернеті;
- ведення (організація) блогів;
- моніторинг веб-форумів та участь у них;
- використання соціальних мереж;
- створення подій та їх висвітлення тощо.

Веб-сайт або просто сайт – створена в комп'ютерній мережі та об'єднана під однією адресою (доменним ім'ям або IP-адресою) сукупність електронних документів (файлів) приватної особи або організації. Нині сайти створювати досить нескладно і практично безкоштовно, особливо якщо йдеться про так звані флеш-сайти. Яка інформація і як буде представлена на сайті, а також технічне оформлення сайту залежать і від того, хто є цільовою аудиторією і що сайт повинен до неї донести, які можливості надати. Бажано, щоб адреса сайту (мається на увазі доменне ім'я) була короткою, такою, що запам'ятовується і відображає діяльність, якій він присвячений, тоді він стане цінним ресурсом у проведенні інформаційної кампанії.

Якщо немає можливості створити сайт з нуля, можна, за узгодженням з керівництвом, скористатися сайтом ВНЗ, зарезервувавши на ньому сторінку про діяльність з енергозбереження. Також можливо скористатися тематичними сайтами мережі, якщо такі представлені в місті.

Direct-mail не є дуже ефективним через програми анти-спаму, проте для розсилки новин уже залученим до процесу енергозбереження учасникам цей канал поширення інформації є досить зручним. Базу цих електронних адрес можна створити, скориставшись послугами соціальних мереж «У контакті», «Однокласники» тощо.

Співпраця з інтернет-виданнями відбувається так само, як і співпраця з друкованими ЗМІ. Публікувати статті, коментувати вже опубліковані статті в Інтернеті значно простіше, ніж в не-онлайнових виданнях.

Блог (англ. blog, від «web log», «мережевий журнал або щоденник подій») — веб-сайт, основний вміст якого — записи, що регулярно додаються, містять текст, зображення або мультимедіа. Для блогів характерні недовгі записи часової значущості, відсортовані в зворотному хронологічному порядку (останній запис згори). Відмінності блогу від традиційного щоденника обумовлюються середовищем: блоги зазвичай публічні і припускають сторонніх читачів, які можуть вступити в публічну полеміку з автором (у коментарі до блогозапису або своїх блогах).

Осіб, що ведуть блог, називають бло́герами (також поширене неправильне написання блоггер). За авторським складом блоги можуть бути особистими, груповими (корпоративними, клубними) або громадськими (відкритими). За змістом — тематичними або загальними.

Для блогів характерна можливість публікації відгуків (коментарів) відвідувачами. Це робить блоги середовищем мережевого спілкування, що має низку переваг перед електронною поштою, групами новин, веб-форумами і чатами.

Блог — це напрочуд зручна форма висловлювання думок, донесення інформації до аудиторії та отримання зворотного зв'язку. Можливо, має сенс створити тематичний блог, присвячений енергозбереженню у вашому ВНЗ, розмістивши посилання на нього в Інтернеті і скориставшись візуальною рекламою.

Веб-фо́рум — клас веб-додатків для організації спілкування відвідувачів веб-сайту. Термін відповідає змісту початкового поняття «форум». Форум пропонує набір розділів для обговорення. Робота форуму полягає в створенні користувачами тем у розділах з наступним обговоренням у межах цих тем. Окремо взята тема, по суті, є тематичною гостьовою книгою.

Поширена ієрархія веб-форуму:

Розділи → теми → повідомлення.

Під час реєстрації учасники форуму можуть створювати профілі — сторінки з певними відомостями. У своєму профілі учасник форуму може надати інформацію про себе, налаштувати свій аватар або підпис, що автоматично додається до його повідомлень.

Більшість форумів мають систему особистих повідомлень, що дає змогу зареєстрованим користувачам спілкуватися індивідуально, аналогічно електронній пошті.

Багато форумів у процесі створення нової теми мають можливість приєднувати до неї методи голосувань або опитувань. При цьому інші учасники форуму можуть проголосувати або відповісти на винесене в заголовку теми запитання, не створюючи нового повідомлення в темі форуму.

Кожен конкретний форум має свою тематику — досить широку, щоб в її межах можна було вести багатопланове обговорення.

Створення форуму, присвяченого енергозбереженню, або створення тем у наявних форумах, що висвітлюватимуть проблеми енергозбереження, в т.ч. в

університетських форумах, може стати чудовим каналом поширення інформації та отримання зворотного зв'язку.

Соціальна мережа спрямована на побудову співтовариств в Інтернеті з людей із спільними інтересами і діяльністю. Переважна більшість студентів та молодих викладачів зареєстровані і мають свою сторінку в таких соціальних мережах, як «В контакті», «Одноклассники», «Мой мир@mail.ru», рідше в «Facebook», «My Space». Соціальні мережі уможливлюють створювати групи користувачів за інтересами, знаходити і пересилати інформацію як конкретним користувачам, так і всім, хто підпадає під цю цільову групу (наприклад, за ознаками віку, статі, місця навчання, інтересами тощо). Нині це один з найпотужніших видів PR-активності в Інтернеті.

І, нарешті, Інтернет дає змогу створювати віртуальні події і PR-приводи та поширювати їх серед цільової аудиторії. Наприклад, оголосити конкурс електронних малюнків, присвячених енергозбереженню та ін.

Рекламна поліграфія — один з основних каналів поширення рекламних звернень. До неї належать:

- візитні картки;
- проспекти (інформація про проект у цілому або про конкретні заходи);
- бланки;
- листівки (іміджеві або інформаційні, можуть містити конкретні пропозиції або мати описовий характер, бути повнокольоровими або чорно-білими, друкуватися на щільному крейдованому або тонкому офсетному папері. Формат листівок також може бути різним, але стандартними є листівки формату А4 (210 х 297 мм). Крім того, листівка може бути односторонньою і двосторонньою);
- буклети (більшість рекламних буклетів містять три складові: візуальний ряд, інформаційний блок, що описує рекламний продукт, і необхідну контактну інформацію. Гарний буклет несе в собі приховане послання до аудиторії. Для розробки дизайну буклету потрібні такі елементи: логотип, контактна інформація, графічні матеріали (слайди, фото, кліпарти) і текстова інформація. Можна також скласти графіки і діаграми, що уможливлять унаочнити інформацію);
- плакати (іміджеві, рекламні, агітаційні, інформаційні);
- брошури (для розміщення великої кількості інформації або з презентаційною метою);
- календарі (не лише канцелярський атрибут, а також непоганий спосіб розміщення реклами, яка працює достатньо довго; є кишенькові, плакатні і настільні календарі).

Щоб рекламна поліграфія досягала своєї мети максимально ефективно, необхідно до її створення підходити не з особистих смакових переваг, а на основі наукових розробок.

Вибір кольорової гамми:

- червоний, жовтий, помаранчевий кольори візуально наближують предмет, збільшуючи його об'єм і ніби «підігріваючи» його. Блакитний, синій, фіолетовий, чорний — візуально віддаляють об'єкт, зменшують і «охолоджують» його;

- колір впливає на емоційний стан людини (за Люшером), а саме:
- червоний — налаштовує на рішучість і здатний викликати у людини сильне бажання зробити той або інший вчинок, цей колір, як жоден інший, здатний швидко привернути до себе увагу, зафіксувати погляд на предметі реклами. Семантика цього кольору — увага, не проходьте повз мене, дійте заради дії: зухвало, необдумано, піддайтеся першим почуттям. Червоний колір має також певний сексуальний заряд, особливо для чоловіків. Надмірне його використання здатне викликати у споживача агресивність і навіть роздратування щодо предмета реклами;
- помаранчевий — допомагає викликати приплив життєвих сил, дає оптимістичний тонус. Цей колір найкраще використовувати в рекламі медикаментів, дитячих товарів, а також послуг в галузі освіти. Помаранчевий колір додає активності, але при цьому створює відчуття внутрішньої рівноваги і душевної гармонії;
- жовтий — налаштовує на комунікабельність. Це колір відкритості і товариськості. А ще він допомагає урівноважити розбурхані емоції, набути внутрішнього спокою, втихомирити душевне хвилювання. Крім того, жовтий здатний «наділити» предмет інтелектом, тому, наприклад, рекламу товарів *хайтек* краще всього зробити у жовтій гаммі. Цей колір буде вдалим у рекламі послуг туристичних фірм, PR-агентств тощо;
- зелений — усе пом'якшує, знімає гостроту переживань. Цей колір має цілющу, розслаблюючу дію. І буде доречним і ефективним у рекламі медикаментів, водоочисних систем, стоматологічних клінік і аптек, ветеринарних лікарень, центрів здоров'я і охорони довкілля, енергозбереження;
- рожевий — чудовий помічник у сфері особистих стосунків: він посилює почуття, робить нас уважнішими, ласкавішими і чуйнішими. Діапазон використання цього кольору може бути найширшим: від реклами парфумерної продукції, товарів для жінок і дітей до послуг шлюбних агентств і сімейних центрів;
- блакитний — теж налаштовує на сферу почуттів, але більш піднесених, швидше платонічних, аніж приземлених. Це колір дружньої прихильності, спорідненості душ. Блакитний — колір світла і загальної гармонії. Він дає можливість відчути незримий зв'язок зі Всесвітом, здатний надати предмету цілісного вигляду, а питанню/справі — глобальності і сприятливого результату;
- синій — допомагає зосередитися на найнеобхіднішому: не розпилюватися на дрібниці. Синя деталь у каталозі або рекламному проспекті відразу зверне до себе увагу і, на відміну від червоної, ніколи не викличе негативних емоцій;
- фіолетовий — колір внутрішньої зосередженості. Цей колір сприяє внутрішньому заглибленню: він допоможе абстрагуватися від усього, на даний момент непотрібного і сконцентруватися на головній проблемі. Ще одна цікава деталь — фіолетовий добре стимулює роботу мозку і сприяє вирішенню творчих завдань. Не випадково фіолетовий колір цінують люди творчі;
- чорний — колір самозанурення: він допомагає від усього відгородитися, замкнутися і зосередитися на вирішенні задачі. Проте цей колір здатний налаштувати на меланхолію і смуток, бо спричинює відчуття самотності і ізоляції

від навколишнього світу. Саме тому цей колір у поліграфічній рекламі краще не використовувати. Ця рекомендація, зрозуміло, не поширюється на шрифт і таблиці. Та щодо них, за рідкісним винятком, то краще не експериментувати;

– білий — колір повної відкритості, готовності сприймати світ у всьому його розмаїтті. А ще цей колір гарний тим, що не несе ніяких неприємних відчуттів. Варто лише зазначити, що використання лише цього кольору в друкарській рекламі здатне створити нейтральний ефект, коли споживачеві реклами просто повідомляється інформація про товар, без визначення будь-яких акцентів і пріоритетів.

Текстові маніпуляції рекламної поліграфії.

Слово «маніпулювання», або «маніпуляція», походить від латинського «manipulare» і у своєму первинному значенні означало «управляти» в позитивному сенсі: управляти зі знанням справи, надавати допомогу тощо. У сучасній літературі під маніпулюванням розуміється мистецтво управляти поведінкою і мисленням людей за допомогою спрямованої дії на суспільну свідомість.

Інструменти текстової маніпуляції:

– *евфемізми.* Евфемізація — це заміна слова (фрази) з негативною семантикою позитивним або нейтральним по сенсу словом чи фразою. Наприклад, бідні люди — люди з низьким рівнем доходу;
– *підміна понять.* Відоме нам поняття ставиться в один ряд з негативними/позитивними поняттями, у результаті чого набуває негативного/позитивного сенсу (за прислів'ям «З ким поведешся — від того і наберешся»). При цьому прямо нічого не говориться — людина сама виконує роботу з негативізації/позитивізації сенсу. Наприклад, реклама майонезу Calve: «CALVE. У жінок свої секрети». Майонез стає жіночим секретом;
– *порівняння на користь маніпулятора.* Прийом зводиться до пошуку об'єкта, який можна було б використати для того, щоб продукт виглядав у виграшному світлі. Таким чином з'являються в рекламі фрази типу «Це звичайний пральний порошок, а це – Аріель»;
– *переосмислення.* Очевидному і всім відомому факту, події, людині, явищу привласнюється новий сенс, вигідний для маніпулятора. Усе видається як нове ознайомлення з предметом. Наприклад, коли в Оттаві пограбували магазин «Ай-Джи-Эй», по радіо було негайно заявлено: «Навіть грабіжники вважають за краще мати справу з нашим магазином, а не з будь-яким іншим!»;
– *імплантована оцінка.* Ознака предмета постійно ставиться поряд з його назвою, перетворюючись на його іманентну властивість. І ні в кого не виникає бажання це заперечувати чи уточнювати. Наприклад (рос.), «отличное туристическое агентство «ОТА»;
– *мовне зв'язування.* Прийом узято з практики нейролінгвістичного програмування (НЛП). Це прийом, за допомогою якого дві або більше дії в пропозиції пов'язуються тимчасовими оборотами «до того як», «перш ніж», «після того як» і так далі. Ефект прийому обумовлений тим, що на таку подвійну тимчасову конструкцію людині важко дати подвійне заперечення, якщо

вона хоч з чимось не згодна. Наприклад: «Куди б ви не летіли — не втратьте можливості відвідати Лондон. Тим більше що British Airways може запропонувати вам будь-який політ через британську столицю. Це дасть вам шанс чудово провести час у Лондоні перед тим, як вирушити за новими пригодами куди-небудь ще». Непряма згода на відвідування Лондона отримана;

- *імплікатури.* Імпліцитний спосіб передачі інформації — це спосіб, коли вона не є присутньою відкритим текстом у повідомленні, але за необхідності витягається читачем через стереотипи мислення. Наприклад: «Автомобіль, який допоможе повернути вам довіру до машин». Прихована інформація: ви втратили довіру до машин, і тепер лише VOLVO може виправити це становище;
- *«помилковий вибір»*, як окремий випадок імплікатури. Це прийом, який надає співрозмовникові або аудиторії фіктивну можливість вибору, створюючи видимість їх принципової згоди. У відомій книзі Астрід Ліндгрен Карлсон запитував у фрекен Бок: «Ти давно припинила пити коньяк вранці»? Що б фрекен Бок не відповіла на це запитання, все одно виходить так, що гріх пияцтва за нею є, або, в усякому разі, був;
- *риторичні запитання.* Вам ставлять запитання, на які неможливо відповісти «ні». Але відповідь «так» згодом виявляється пасткою, оскільки означає значно більше, ніж просто відповідь на запитання. Приклад з реклами: «Ви давно шукаєте туш, яка трималася б на віях всі 24 години»? (реклама туші MARGARET ASTOR). Звичайно, хто ж з жінок не шукає такої туші. Але, погоджуючись з цим, ви погоджуєтеся і з іншою пропозицією, що йде безпосередньо за згаданим запитанням: «Ви знайшли її».

Деякі методи друкованої реклами, що довели свою дієвість:

- спробуйте пробудити у читача цікавість. Почніть ставити провокаційні запитання і зображувати образ, збуджуючий цікавість;
- вкажіть вартість поряд із заголовком (у нашому випадку це може бути економія енергії або грошей);
- романтизуйте або драматизуйте ваш товар або послугу;
- спробуйте впливати на декілька почуттів одночасно — використовуйте слова, що допомагають людям відчути, почути, нюхати запах і спробувати на смак ваш товар;
- розкажіть історію;
- повідомте «новини»;
- подайте інформацію, корисну для читача;
- завжди пишіть у теперішньому часі;
- будьте максимально точними;
- наведіть свідчення вже задіяних осіб у процес енергозбереження (вони повинні здаватися природними, не написаними спеціально або пригладженими);
- знайте, як ваші читачі читають рекламу (справа наліво, зверху вниз), і відповідно розміщуйте ваші заголовки, малюнки і тексти. У своїй книзі

«Секретні формули чарівної реклами» («Secret Formulas of the Wizard of Arts») Рой Уільямс (Roy H. Williams) зазначає, що досвідчені фотографи і художники-графіки давно знають, що на картині є місце, яке невідворотно притягує погляд – це приблизно між центром картини і правим верхнім кутом;

- використовуйте білий простір для того, щоб зосередити увагу читача на чомусь важливому;
- використовуйте слова, на які люди «ведуться»: нарешті, зараз, новий, поява, проголошення, врешті-решт, обмежений, економити, безкоштовний, виграти, легко, гарантії, прорив, що має попит і т. п.;
- уникайте метафор, аналогій, каламбурів, гри слів, професійного жаргону та інших мовних неточностей;
- уникайте жаргону, діалекту та цифр, особливо в заголовках.

Інструменти спілкування Public Relations:

Ділова бесіда, зустріч. Дає змогу переконати співрозмовника не лише силою аргументів, але і дією сприятливого іміджу, що випромінює доброзичливість, відкритість, прагнення до співпраці. Мистецтво бесіди, витримане в цих традиціях, поєднує суху, ділову інформацію з чарівництвом міжособистісного спілкування.

Застосовується для донесення необхідної інформації партнерам, ключовим фігурам (наприклад, адміністрація ВНЗ, спонсори) з метою отримання потрібного для програми результату.

Підготовка до бесіди передбачає чітке формулювання основних питань обговорення. Найкраще — записати перелік питань майбутньої бесіди. Найважливіші питання слід скласти в декількох варіантах.

Одяг має відповідати події: строгий, діловий стиль налаштовує співрозмовника на серйозний лад.

Тема бесіди має бути досконально вивчена перед відповідальною зустріччю (документи, коло головних дійових осіб, партнери та ін.). Необхідно добре знати, наскільки бесіда є важливою для партнера.

Перший етап бесіди — створення сприятливої обстановки, робочого настрою. Важливо з першої фрази встановити рівноправні стосунки (відкидається роль прохача, недоречні панібратські жести і репліки, виключаються нешанобливий тон, напористість, квапливість і поспіх як у самому мовленні, так і в оцінках та висновках).

Дистанція спілкування має налаштовувати на відкритість, розкутість суджень. Розмовляти через письмовий стіл — означає мимоволі додержувати офіційного стилю стосунків і спілкування. Що б вийти з пут службового етикету, слід перемкнути увагу, перейти для бесіди в інше місце, змінити інтер'єр. Оптимальна дистанція спілкування — відстань витягнутої руки (не скорочуйте цю відстань, якщо не хочете потрапити в поле «інтимного спілкування»!).

Три табу ділового спілкування:

- не палити;
- не крутити безцільно в руках авторучку або якусь дрібничку (хоч би і талісман!);

– не малювати геометричних та інших фігур на папері, призначеному для робочих записів.

Уміння слухати — запорука успіху, неодмінне правило бесіди. Не спростовуйте з ходу аргументи співрозмовника: відбиватися в його репліках у відповідь.

Заважають слухати співрозмовника упередження, квапливість в оцінках, невміння відокремити факт від думки, розсіяна увага, незнання співрозмовника.

Уміння дивитися в очі співрозмовникові забезпечує сприятливе враження (якщо очі «бігають» – партнер по спілкуванню запідозрить нещирість партнера; якщо невідступно дивитися на свого візаві — він сприйме це як «тиск на психіку»).

Вирішальна стадія бесіди пов'язана з аргументацією позицій сторін. Тут потрібна міра у наведенні доказів. Якщо аргументів багато, партнер перестає сприймати їх як аргументи розуму, він втрачає їх смислове наповнення і бачить лише невгамовне бажання «умовити» його будь-якою ціною.

Незгода з думкою співрозмовника має висловлюватися безпристрасно. Фраза у відповідь віддає належне словам партнера і водночас містить у м'якій формі незгоду: «Так, у ваших словах є слушні речі, і мені хотілося б зазначити в цій ситуації інші моменти»). Чому в цьому прикладі ми не вжили «але», а замінили його на «і»? Тому що «але» діє як «вбудований перемикач». Коли ми начебто висловлюємо хоча б часткову згоду з думкою співрозмовника, а потім вживаємо «але», тим самим ми демонструємо, що насправді не погоджуємося. І це дуже добре зрозуміло співрозмовникові і налаштовує його негативно. Тому краще буде, якщо речення, в якому віддається належне думці партнера по спілкуванню, та речення, де ви висловлюєте свою думку, з'єднувати сполучником «і». Треба також пам'ятати, що іронія, сарказм та невдалий гумор виключаються під час висловлення незгоди.

Згода з думкою співрозмовника не вимагає афектації; слід лише зауважити, що досягнутий результат створює гарні підстави для подальшої співпраці і взаєморозуміння.

Односкладові відповіді типу «так—ні» заводять бесіду у безвихідь, віддають ініціативу в одні руки. Варто додати до кожного запитання запрошення до приєднання («А як ви гадаєте? А яка ваша думка щодо цього?») – і ділова зустріч залишиться у межах теми.

Завершальна стадія бесіди має бути спрямованою на уточнення найбільш суттєвих результатів обміну думками. Сторони домовляються про подальші контакти та умови співпраці.

Лекція-бесіда доречна під час колективного обговорення задуму майбутньої PR-кампанії, концепції PR-звернення, презентації і т. п. Важливо забезпечити участь в обговоренні всіх учасників та фахівців.

Лекція з викладом у систематизованій формі основної концепції енергозбереження, організації PR-кампанії та ін., розглядає запитання, уточнення і роз'яснення (тобто механізм зворотного зв'язку).

Тематична дискусія найкраще підходить для обміну досвідом, обговорення принципово нових проблем.

Ділова гра — (ми вже згадували про цей інструмент спілкування) є різновидом групової консультації. У її рамках «програються» ситуації, максимально наближені до планованих практичних заходів. Найбільш плідне застосування ця методика знаходить під час засвоєння нового матеріалу, опануванні прийомів вироблення управлінських рішень, а також у цілях вироблення навичок дискусійного обговорення питань, елементів переговорного процесу, ділових нарад тощо.

Семінар. Як форма ділового спілкування використовується для розв'язання проблемних ситуацій, пошуку відповідей на незрозумілі питання. У семінарі беруть участь фахівці, знавці проблеми; їх запрошують, враховуючи рівень компетентності, авторитетності суджень, творчого підходу до справи.

Інтерв'ю. PR-інтерв'ю відрізняється від усіх інших видів інтерв'ю тим, що містить уже в самому своєму задумі ідею PR-звернення. Жанр інтерв'ю використовується у сфері зв'язків з громадськістю у формі викладу концепції та тексту PR-звернення. Інтерв'ю уможливлює персоніфікувати PR-звернення, забезпечивши його подробицями, що викликають довіру до респондента (а через нього — і довіру до ідей PR-звернення, до іміджу і репутації організації).

Організація різних тематичних заходів.

Проведення різних заходів у рамках інформаційної PR-кампанії покликане привернути увагу аудиторії до проблеми енергозбереження, проведення енергозберігальних заходів, розширити кількість учасників програми тощо.

Дуже важливо чітко визначити мету заходу і цілі, яких необхідно досягти шляхом його проведення. Залежно від поставлених цілей можуть використовуватися різні заходи. Слід прагнути до того, щоб заходи викликали широкий громадський резонанс, а інформація про них була широко розповсюджена ЗМІ та іншими шляхами.

Для ефективного проведення PR-заходів необхідно ретельно готуватися. Спочатку складається повний сценарій із зазначенням послідовності всіх етапів, а також детальної програми. Заздалегідь мають бути підготовлені і видані відповідні друковані матеріали: проспекти, прес-релізи, каталоги та ін.

Далі визначається коло учасників. Їм розсилаються спеціальні запрошення з програмою, де вказується місце, час та інша інформація щодо проведення заходу.

Основними заходами PR-кампанії є такі:

- презентації;
- конференції;
- круглі столи;
- дні відкритих дверей;
- виставки;
- тематичні вечірки, дискотеки та інші свята;
- змагання у сфері енергозбереження та ін.

Презентація — представлення будь-якої ідеї, розробки, результатів діяльності або організації зацікавленим особам, групам та широкому загалу.

Презентація в рамках інформаційної кампанії може проводитися у зв'язку з:

- початком діяльності з енергозбереження (презентуються цілі, програма енергозбереження, плани конкретних заходів та ін);

- висвітленням ходу виконання програми, результатів проведення окремих заходів;
- досягненням поставлених цілей і отриманням фінального результату діяльності з енергозбереження.

Ефективним цей захід буде у тому випадку, якщо на нього запросити не лише представників широкої громадськості, тобто студентів, викладачів, батьків, представників громадських організацій і бізнесу, але й, передусім, представників міської адміністрації, законодавчих органів, відомих громадян міста. Результат буде незрівнянно вищий, якщо на презентацію також будуть запрошені працівники ЗМІ — газет, радіо, телебачення.

Слід наголосити на тому, що працівники ЗМІ з більшим бажанням візьмуть участь у презентації, якщо на ній будуть присутніми ключові особи – керівництво міста, регіону, представники центральної влади. У журналістів з'явиться можливість поставити їм декілька запитань щодо проблем поточної політики, проблем енергозбереження в країні, місті, конкретному регіоні. У невеликих містах у місцевих журналістів не менший інтерес може викликати спілкування з керівниками місцевої адміністрації, депутатами законодавчих органів.

Презентація зазвичай проводиться в другій половині дня. Умовно її можна поділити на дві частини. Перша, офіційна частина, передбачає доведення до громадськості результатів роботи, іншої важливої інформації, друга, неофіційна —фуршет, обговорення результатів у неформальній обстановці.

Координатор заходу може публічно вести весь процес, надаючи слово промовцям, оголошуючи етапи заходу. Проте він може залишатися в тіні впродовж усього заходу, непомітно залучаючи до процесу по черзі усіх дійових осіб.

Фуршет за своєю значущістю може бути навіть більш важливою частиною презентації, ніж офіційна частина. Тут у невимушеному спілкуванні учасники презентації можуть збиратися в невеликі групи, переходити від однієї групи до іншої, знайомитися, обмінюватися візитівками, обговорювати якісь питання, знаходити взаємні інтереси, домовлятися про спільну діяльність тощо.

Конференції — це засіб спілкування, обговорення і вирішення проблем у наукових, політичних, професійних співтовариствах. Водночас конференції можуть стати засобом спілкування з метою обміну позитивним досвідом у сфері енергозбереження, пошуку точок зіткнення і спільних проектів у цій сфері.

Конференції можуть бути внутрішніми, учасниками яких є студенти і викладачі ВНЗ, і зовнішніми, у яких беруть участь представники різних установ, у т.ч. інших ВНЗ міста, країни, представники бізнесу, представники міністерств, відомств, місцевої влади. Конференції можуть бути науковими, практичними, науково-практичними.

Задовго до початку конференції готують основний склад промовців. Заздалегідь складають програму, в якій розписано увесь порядок проведення конференції із зазначенням днів, часу, тем виступів, переліку доповідачів. За матеріалами конференції можуть видаватися збірники доповідей або тез. У програмі конференції можуть бути передбачено екскурсії, відвідування підприємств, наприклад підприємств теплопостачання, фуршет та ін.

Щоб конференцією зацікавилися ЗМІ та висвітлювали хід її проведення, організатори конференції мають заздалегідь підготувати і передати журналістам медіа-кит, що містить:

- програму конференції;
- бекграундер, загальну інформацію про організатора конференції та проект, у рамках якого вона організовується;
- список учасників конференції зі стислою їх характеристикою;
- тези найбільш важливих і цікавих для громадськості доповідей;
- текст прес-релізу.

Дуже важливо, щоб кінцевим результатом проведення конференції було широке інформування зацікавленої громадськості про програму з енергозбереження, результати конкретних заходів тощо.

«Круглий стіл» — один із засобів обговорення проблем, вироблення стратегії і тактики, розробки концепції, обговорення результатів та ін.

Учасниками круглого столу можуть бути відповідальні за різні напрями і заходи, представники зацікавлених сторін, адміністрації тощо. Участь у «круглому столі» допомагає не лише оптимізувати діяльність з енергозбереження та проведення інформаційної кампанії, але й популяризувати проблему енергозбереження серед громадськості.

Як і будь-який захід у сфері зв'язків з громадськістю, роботу «круглого столу» доцільно заздалегідь належним чином спланувати і підготувати. Добираються тема і обговорювані питання, склад учасників. Попереднє ознайомлення учасників «круглого столу» з пропонованими для обговорення питаннями дає їм змогу уточнити свої позиції, думки, підготувати аргументи, матеріали.

Кількість учасників такого заходу не має перевищувати 10...15 осіб. Для роботи не обов'язкова наявність реального «круглого столу». Учасники можуть розміщуватися за столами, що стоять по колу, прямокутником, квадратом, але лише за умови, що всі особи були повернені обличчям один до одного. На столі перед кожним учасником має стояти табличка-ідентифікатор, на якій великим шрифтом зазначені їх імена, назви організацій і посади.

Роботу «круглого столу» організовує ведучий, який може підготувати заздалегідь погоджений з учасниками сценарій, перелік і послідовність обговорюваних питань, виступів. Особливо важливою є така підготовка, якщо про захід буде повідомлено в ЗМІ. В цьому випадку, незважаючи на наявність обговорюваних проблем, невирішених питань, учасники «круглого столу» та його ведучий у процесі цього заходу повинні окремими штрихами, фразами тактовно, ненав'язливо створити у телеглядачів або читачів сприятливе враження. Для представників ЗМІ слід заздалегідь підготувати матеріал, який вони могли б використовувати для інформування своєї аудиторії про цю подію.

Дні відкритих дверей. Багато ВНЗ проводять дні відкритих дверей з метою залучення абітурієнтів, цим каналом можна скористатися за умови узгодження з адміністрацією ВНЗ. Це дасть змогу залучити нових учасників до процесу енергозбереження, а також підвищить імідж самого ВНЗ.

Про проведення дня відкритих дверей із зазначенням дати і години громадськість заздалегідь інформується через ЗМІ і за допомогою оголошень. У приміщеннях, коридорах, де будуть присутніми гості, слід розмістити плакати, стенди, різноманітний ілюстративний матеріал та іншу інформацію щодо енергозбереження.

Виставки. Існує можливість узяти участь у виставках, організовуваних якимнебудь виставковим комітетом, де представлено безліч різних фірм, що так або інакше займаються енергозбереженням (просування енергозберігальних технологій, альтернативних джерел енергії тощо). Проте можна і самостійно організувати «персональну» виставку досягнень у сфері енергозбереження в конкретному ВНЗ.

Тематичні свята. Учасники процесу енергозбереження у ВНЗ — зазвичай представники молоді. Для привернення уваги до проблем енергозбереження має сенс розглянути і реалізувати можливість організації свят (наприклад, присвячених енергозбереженню, дні факультетів та ін.), залучити до цього процесу студентські команди КВК, талановитих студентів-музикантів, співаків тощо.

Можлива також організація:

- дискотек і тематичних вечірок (безкоштовних або, навпаки, платних, збір коштів з яких може бути спрямований на фінансування енергозберігальних заходів, придбання призів, подарунків для студентів, що досягли певних успіхів у процесі енергозбереження);
- конкурсів з теми енергозбереження (конкурс ідей, малюнка, літературний та ін.) з призами (призами можуть бути і грамоти від ВНЗ);
- спортивних заходів, присвячених енергозбереженню, спортивних акцій, що привертають до себе увагу (наприклад, марафон за маршрутом: підприємство теплопостачання — ВНЗ), тощо.

У деяких зарубіжних ВНЗ застосовується практика організації змагань між окремими гуртожитками (факультетами, групами) щодо досягнення максимальної економії теплової та електричної енергії. Переможцям даються призи. Подібні акції привертають до себе увагу студентської аудиторії, можуть бути ефектно відображені в пресі та сприяють ефективнішій реалізації програми енергозбереження, швидшому досягненню поставлених цілей.

Безумовно, неможливо в одному розділі розповісти про всі методи, інструменти та канали Public Relations, тим більше не всі вони застосовні в конкретній ситуації. Тому наведені вище можна вважати основними, а інші можуть бути запропоновані самими інтернами під час розробки інформаційної кампанії з використанням інтерактивних методів роботи у групах.

9.2 Інтерактивні методи роботи в групах

Розглянемо деякі інтерактивні методи роботи у групах, такі як «піраміда», «гудіння» та «мозковий штурм», які можна успішно застосовувати під час роботи за програмою ЕЕС.

Метод «піраміди» може використовуватися під час роботи з різноманітними темами. Цей метод передбачає активну участь усіх членів групи у роботі й

обговоренні. Викладач (лідер групи) пропонує студентам виконати 4 кроки для опрацювання певної теми.

Крок 1: індивідуальна робота. Викладач дає студентам певний час на самостійне ознайомлення з питаннями і проблемами щодо запропонованої теми. Студентам пропонується скласти перелік питань, які вони хотіли б обговорити.

Крок 2: робота в парах. Студенти обмінюються власними думками по завершенні роботи в парах.

Крок 3: робота в четвірках. Студенти обговорюють висновки, яких вони дійшли під час опрацювання питань у парах, та складають єдиний груповий список.

Крок 4: робота у великій групі. Кожна четвірка ознайомлює присутніх з результатами своєї роботи.

Перевагою методу «піраміда» є гнучкість, оскільки він не завжди може складатися з чотирьох кроків, студентам, наприклад, можна запропонувати опрацювання лише другого та четвертого.

Ефективно почати саме з першого кроку – індивідуальної роботи. На цьому етапі студенти самостійно визначають проблеми і формулюють власні думки.

Обговорення в парах та четвірках сприяє розвитку комунікативних умінь, проте робота в четвірках є більш ефективною, оскільки студенти набувають навичок не лише діалогічного спілкування (робота в парах), а й полілогічного (робота в четвірках).

Під час групового обговорення всім підгрупам можна запропонувати оголосити результати по черзі. Для досягнення максимального ефекту підгрупи можуть продемонструвати результати роботи за допомогою кольорових маркерів на ватмані та зробити міні-презентацію.

Наступним інтерактивним методом є технологія «гудіння». Викладач має поділити велику групу на кілька малих для опрацювання певних тем і питань. Під час жвавого групового обговорення запропонованої теми в аудиторії виникає гомін, який нагадує гудіння, звідси походить назва цього методу. Момент, коли гудіння припиняється, є сигналом того, що студенти готові обговорювати результати своєї роботи.

Для ефективного застосування цього методу викладач має:

1) вирішити, на скільки малих груп він поділить велику групу;
2) визначити, які питання розглядатиме кожна група та скільки часу вона буде цим займатися;
3) поділити студентів на групи та розподілити між ними питання, які вони будуть розглядати й обговорювати;
4) чітко пояснити, скільки часу відводиться на роботу в кожній групі, які результати та в якій формі кожна група має їх подати.

Ще один інтерактивний метод – «мозковий штурм» – розроблено для розвитку комунікативних навичок та більш ефективного використання творчого потенціалу учасників. Метод «мозкового штурму» заохочує студентів пропонувати нові й оригінальні ідеї завдяки забороні на критичні зауваження з боку викладача чи інших членів групи на стадії генерації ідей. На цій стадії увагу зосереджують лише на кількості ідей, а не на їх якості. Після стадії первинної генерації запропоновані

студентами ідеї можна згрупувати, оцінити, відкласти для подальшого вивчення та відібрати ті ідеї, які видаються найбільш ефективними для розв'язання конкретного завдання.

«Мозковий штурм» зазвичай застосовують для досягнення таких цілей:

1) з'ясувати всі можливі альтернативи, перш ніж приймати рішення;
2) розглянути різноманітні аспекти завдання, перш ніж спробувати його виконати;
3) активізувати групове обговорення.

Якщо викладач збирається застосувати даний метод, він повинен чітко усвідомлювати, чому саме цей метод було обрано і яким чином втілити всі ідеї, які були запропоновано на стадії генерації.

Для ефективного проведення «мозкового штурму» викладачеві варто скористатися такими порадами:

Напишіть назву теми/проблеми на дошці чи на ватмані, щоб усі змогли її побачити.

Переконайтесь, що всі студенти зрозуміли тему/проблему обговорення.

Оголосіть правила проведення «мозкового штурму»:

- беруть участь усі присутні;
- усі висловлюються і всі слухають;
- усі мають рівні права;
- усі ідеї без критики та обговорення вносяться у загальний список;
- додержують чітких часових меж.

Запропонуйте студентам висловлювати будь-які ідеї, які у них виникли.

Організуйте роботу таким чином, щоб усіх студентів було залучено до процесу, але нікого не змушуйте висловлювати думки. Не дозволяйте студентам критикувати чи оцінювати ідеї інших, оскільки основна мета цього етапу – зібрати якомога більше ідей, а обговорення й оцінка ідей лише зашкодять цьому етапу роботи. Заохочуйте студентів до того, щоб вони висловлювали максимально можливу кількість ідей. Фіксуйте навіть не досить вдалі ідеї, оскільки в майбутньому вони можуть підказати шлях до визначення нових практичних рішень. Якщо було запропоновано мало ідей, дайте студентам додатковий час на повторне проходження даного етапу. Повторний перегляд завжди сприяє виникненню нових ідей. Якщо в студентів виникли труднощі на якомусь етапі, допоможіть їм знайти правильне рішення.

Особливою перевагою цього методу є те, що ідеї, які виявилися не досить ефективними, на завершальному етапі роботи вносяться до «банку ідей», до якого завжди можна звернутися в майбутньому.

Після того, як складено список різноманітних ідей і пропозицій, група працює над ним, обговорюючи плюси та мінуси кожного варіанта, зрештою, вибираючи найбільш відповідний.

Розглянуті інтерактивні методи дають студентам можливість визначати проблеми, збирати й аналізувати інформацію, знаходити альтернативні рішення та обирати оптимальний шлях розв'язання завдань у процесі як індивідуальної, так і групової роботи.

9.3 Принципи роботи в команді

Сподіваємось, що ви погодитесь з тезою, що кожна людина є або була хоча б у якийсь момент свого життя членом певної групи або кількох груп. Кожен з нас є членом сім'ї, співробітником якоїсь організації, установи або підприємства, членом територіальної громади свого міста, громадянином України тощо.

Група – це довільний набір людей, які здатні мислити, спілкуватися і діяти на власний розсуд (скажімо, пасажири тролейбуса або клас на уроці).

Група мала – налічує зазвичай від 2—3 до 30—40 осіб, що перебувають між собою у безпосередньому спілкуванні. Через цю обставину вона ж здебільшого – група контактна, члени якої досить добре особисто знайомі між собою і регулярно взаємодіють.

Група референтна – та, на норми, цінності, думки якої індивід орієнтується у своїй поведінці в першу чергу. З низки груп, до яких він належить (фірма, сім'я, дружня компанія, футбольна секція), референтною є одна. Іноді таку групу називають еталонною.

Колектив – група, що відрізняється найбільш високим рівнем соціального розвитку, цілями і принципами високого гуманізму. За інших рівних умов колектив має найбільшу ефективність (особливо під час розв'язання завдань з яскраво вираженим суспільним змістом), найбільш людяними міжособистісними відносинами, більшою стійкістю до труднощів.

Робоча група – це, як правило, тимчасовий колектив, створений для вирішення питань, що потребують поєднання різних функцій і залучення фахівців у різних галузях. Очевидно, що ІГП також є робочою групою, бо задовольняє цьому визначенню. По-перше, вона створюється на період виконання проекту. По-друге, залучені до роботи в ІГП учні виконуватимуть різні функції: організація роботи, розповсюдження інформації тощо.

Чому створюються робочі групи? Світовий досвід свідчить, що робота в групі досить часто дає кращі результати, ніж індивідуальна робота. Згадаємо хоча б прислів'я: «Один розум – добре, а два – краще» та «Гуртом і батька легше бити».

До переваг групової роботи можна віднести різноманітність висунутих членами групи ідей, підходів, рішень; каталізаційний вплив (під час застосування, наприклад, методу «мозкового штурму»); розподіл праці; прийняття більш виважених рішень тощо.

Але групова робота є найбільш ефективною тоді, коли група перетворюється у колектив, у команду.

Що таке команда, і чим вона відрізняється від групи чи робочої групи? Команда є групою людей, які мають спільні цілі та узгоджено діють заради їх досягнення, поступаючись тими власними інтересами, що заважають виконанню місії команди.

Російський байкар І. Крилов розповідає історію однієї робочої групи, створеної для «реалізації проекту витягання транспортного засобу (воза) з річки». Група

рятівників у складі Лебедя, Рака й Щуки мала спільну мету: «Везти с поклажей воз взялись». Але чи діяли вони узгоджено? «Лебедь рвется в облака, рак пятится назад, а щука тянет в воду». Тобто кожен тягнув воза до себе, і який же результат: «А воз и ныне там». Чи можна назвати таку групу командою? Зрозуміло, що ні.

Один з важливих принципів ефективної роботи – правило мінімального оптимального складу команди. Мало що так руйнівно діє на командну взаємодію, як «зайві люди». Механізм їх дії на робочу групу отримав назву «ефект нероби» (loaffing effect). Полягає він у тому, що людина, яка налаштована на роботу, але позбавлена її через об'єктивну нестачу справ, переживає почуття незручності. У неї виникає бажання якось замаскувати цю ситуацію. Найпростіший і природний вихід – відвернути від роботи кого-небудь з колег. Колективне неробство виявляється прекрасними «ліками» для ниючої совісті. За умов створення якоїсь «критичної маси» людей, недостатньо завантажених роботою, тенденція до спільного неробства наростає, як сніжна грудка.

Інший принцип створення ефективної команди прямо випливає із сказаного вище – необхідне точне визначення позицій учасників. Що б ви сказали, наприклад, про футбольну команду, в якій грають лише воротарі, або про будівельну бригаду, укомплектовану лише висококваліфікованими каменярами? У кожного члена команди мають бути своя роль і своє завдання.

Основні ознаки команди та критерії її ефективності. Найважливішими ознаками команди є такі:

1. Загальні цілі: команда відрізняється від групи тим, що має загальні цілі, які служать основою для здійснення різних заходів, спрямованих на їх досягнення.

Таким чином, першим кроком у створенні команди є визначення загальної мети чи декількох цілей.

2. Розподіл ролей та завдань серед членів команди: кожен член команди повинен мати чітке розуміння сфери особистої відповідальності для досягнення мети, і він має з готовністю прийняти умови чи добровільно запропонувати свої послуги для виконання цих завдань.

3. Співпраця та взаємна повага членів команди: хоча у кожного члена групи є його особисті завдання, вони всі взаємопов'язані досягненням загальної мети. Члени команди мають працювати разом над виконанням першочергових завдань.

4. Хороші стосунки: всі члени команди мають відкрито спілкуватись один з одним і підтримувати добрі та відверті стосунки з іншими членами команди та тими, хто до неї не входить.

5. Бажання швидко розв'язувати конфлікти: конфлікти всередині будь-яких груп цілком природні. Такі конфлікти необхідно розв'язувати швидко, щоб група

продовжувала ефективну працю. Необхідно оприлюднювати конфліктні погляди та шукати шляхи їх узгодження.

6. Відданість роботі в команді: команда повинна бути єдиною в роботі, а окремі члени команди мають підтримувати один одного.

Можна сприяти створенню команди шляхом залучення всіх її членів до розподілу загальної відповідальності групи. Такий підхід сприятиме розвитку відчуття, що кожен відповідає за частину загальної справи і що кожен має повноваження відповідно до своїх здібностей та знань, а не просто за призначенням (часто суперечливим) згори. Крім того, усі рішення мають прийматися якомога відкрито, з докладним обґрунтуванням причин та передумов для такого рішення. Де це тільки можливо, треба враховувати різні точки зору та використовувати чи хоча б визнавати різні думки, не вдаючи, що вони не існують.

9.4 Ділова гра з налагодження ефективної роботи команди

Метод ділової гри дає змогу поєднати широке охоплення проблем і глибину їх осмислення.

Основні атрибути рольових ігор:

- гра імітує той або інший аспект цілеспрямованої людської діяльності;
- учасники гри одержують ролі, які визначають відмінність їх інтересів та спонукальних стимулів у грі;
- ігрові дії регламентує система правил;
- гра має умовний характер.

Значною перевагою ігрового методу є максимальне емоційне залучення учасників до подій. В основу гри покладено групову роботу, яка виробляє навички колективних дій, розвиває інтуїцію та уяву, вчить усвідомлювати свою і чужу роль, мобілізує вміння і знання. Виникає феномен групової згуртованості, яка притягує учасників один до одного після гри, даючи ресурс для реального впровадження напрацьованих результатів. Конструктивними елементами ділової гри є моделювання реальності, конфлікт, активність учасників.

Конструюючи гру, слід передбачити організацію спільної діяльності гравців, що має характер рольової взаємодії відповідно до правил і норм. Досягнення мети відбувається шляхом ухвалення групових та індивідуальних рішень.

З метою налагодження плідної командної роботи пропонується ділова гра *«Проблеми теплопостачання очима надавачів та споживачів послуг»*.

Цілі:

- розвинути в собі здатність поставити себе на місце іншого та поглянути довкола його очима;
- навчитися ефективно спілкуватися та взаємодіяти у групі.

Розмір групи – не важливий.

Ресурси: два—три (залежно від кількості підгруп) аркуші формату А1, маркери, фліп-чарт.

Час – до 60 хвилин.

Хід гри.

Вступне слово ведучого.

Соціальні вчені стверджують, що всі наші біди та негаразди через те, що дивимося на цей світ ми всі по-різному.

Кожен з учасників може навести власні приклади.

Сільські мешканці та мешканці міста. Чи сприймають вони цей світ однаково? Зрозуміло, що ні. Міський житель може жити у будинку роками і не знати, як звуть сусіду. У селі ж люди добре знають один одного: хто чим живе.

Молодь та люди старшого віку також неоднаково сприймають навколишній світ. Скажімо, ставлення до музики. Музика молодих для літніх людей – це суцільний «бум-бум», що б'є по голові. А для молоді пісні 50...60-х років – «повний відстій».

А чоловіки і жінки, чи однаково вони бачать цей світ? Дружина у захопленні від серіалу, а чоловік ніяк не второпає, що ж тут цікавого. Двадцять п'ять серій поспіль, а картинка одна і та сама – у кімнаті сидять троє і ведуть безкінечні дискусії. Нема чого й дивитися. Тобто для чоловіків головне – «action», дія, а для жінки важливим є сам процес спілкування.

Японські вчені провели експеримент. До однієї кімнати запросили чоловіків та жінок з тим, щоб вони переглянули відеоролик, сюжет якого досить простий. Невеличке кафе. Відчиняються двері, до кафе заходить симпатична дівчина, сідає до столу. Через деякий час до неї підходить парубок, сідає поруч. Вони розмовляють, а потім разом виходять з кафе.

Учасникам експерименту дали пульти з кнопкою і запропонували під час перегляду натискувати на кнопку щоразу, коли їм здаватиметься, що дівчина дала знати хлопцеві, що не проти з ним познайомитися.

То як ви гадаєте, хто частіше тиснув на кнопку: чоловіки чи жінки? Жінки дуже рідко натискали на кнопку, майже половина з них не натиснули на кнопку жодного разу – вони сказали, що дівчина взагалі не подавала знаку хлопцеві, це він сам до неї нав'язався. А чоловіки натискали на кнопки майже увесь час демонстрації ролика. Більш того, третина з них натиснули на кнопку відразу, щойно дівчина з'явилася у дверях кафе. Коли організатори експерименту запитали, а який же знак подала дівчина, якщо вона лише відчинила двері, то вони відповіли: «А подивіться-но, яким рухом вона відкрила двері. Це ж явний знак, що вона не проти познайомитися. А який у неї одяг?! Це ж не одяг, це знак, що вона не проти познайомитися. А які в неї ноги?! Це ж не ноги, це теж знак, що вона не проти познайомитися!».

А надавачі та споживачі житлово-комунальних послуг, чи вони однаково бачать цей світ?..

Завдання для учасників. Описати проблеми теплопостачання, як їх бачать споживачі та надавачі послуг (комунальні підприємства теплопостачання та місцева влада).

Група розбивається на малі групи (по 6...8 осіб). Кожна мала група отримує аркуш формату А1 та маркери. Цей аркуш потрібно розділити на дві частини. В одній частині аркуша група складає перелік проблем надання

комунальних послуг очима споживачів, а в іншій половині – очима надавачів послуг.

Бажано визначити ролі учасників – хтось буде директором теплового підприємства, хтось – міським головою, хтось споживачами: пенсіонером-ветераном, що невдоволений якістю послуг, злісним неплатником, матір'ю з трьома дітьми тощо.

Результати можна оформити у вигляді таблиці:

Проблеми надання послуг теплопостачання очима:	
споживачів	**надавачів**
1. Високі тарифи, які не відповідають якості послуг	1. Постійне зростання складових собівартості послуги, внаслідок чого тарифи не відшкодовують витрати
2. Низька температура у помешканні	2. Споживачі ставлять додаткові опалювальні прилади в помешканнях, тим самим розбалансовують системи опалення будинку
3.	3.

По завершенні роботи кожна мала група має зробити презентацію, звертаючи особливу увагу на ті аспекти проблем, щодо яких у надавачів та споживачів немає порозуміння.

Запитання та завдання для самоперевірки до розділу 9

1. Чому методи «піраміди», «гудіння» та «мозкового штурму» називають інтерактивними?
2. Що таке команда та чим вона відрізняється від групи?
3. Обґрунтуйте переваги ігрового методу.
4. Основні відмінності пропаганди, соціальної реклами та Public Relations.
5. Які методи збору інформації можна використовувати під час розробки програми інформаційної кампанії з енергозбереження?
6. Які засоби та канали використовуються для поширення PR-звернень?

ЗАВЕРШАЛЬНЕ СЛОВО

Аналіз реального стану справ з обліку, контролю за споживанням впровадженням заходів з енерго- та ресурсозбереження у ВНЗ дає нам змогу стверджувати, що ощадливе ставлення до ресурсів, реалізація проектів з енергоефективності та як результат зменшення платежів за енергоносії та воду у закладах освіти можливе не лише з точки зору наявного у будівлях ВНЗ потенціалу енергозбереження, але більшою мірою з огляду на інтелектуальний та соціальний капітал вищої школи.

Для вирішення проблем енергозбереження у ВНЗ необхідно створити передумови технічного, фінансово-економічного, організаційного та мотиваційного характеру, зокрема:

1. Наявність відокремлених лічильників обліку теплової енергії у кожному навчальному корпусі та гуртожитку.
2. Наявність окремих лічильників гарячої і холодної води у навчальних корпусах і гуртожитках.
3. Наявність відокремлених по окремих корпусах і системах (внутрішнього і зовнішнього освітлення) лічильників електричної енергії.
4. Наявність у ВНЗ обґрунтованих і затверджених лімітів споживання теплової енергії, води та електроенергії. Постійний контроль за дотриманням лімітів та їх коригування. Аналіз динаміки зміни лімітів. Порівняння дійсних витрат енергоносіїв і води з нормованими розрахунковими.
5. Створення і функціонування системи енергомоніторингу за споживанням енергоносіїв і води. Організація постійного контролю і зняття показників лічильників теплової та електричної енергії, води. Аналіз одержаних результатів та оперативне коригування об'ємів споживання енергоносіїв і води.
6. Порівняння дійсних витрат енергоносіїв і води з розрахунковими, нормованими відповідно до вимог будівельних нормативів. Виявлення причин перевитрат і розробка заходів з усунення причин таких перевитрат.
7. Наявність будівельних креслеників навчальних корпусів, гуртожитків, усіх будівель та споруд ВНЗ, які є споживачами енергоресурсів і води. Наявність енергетичних паспортів будівель. Характеристика теплозахисних характеристик огороджувальних конструкцій будівель.
8. Наявність схем та експлуатаційної документації на всі інженерні системи будівель (системи опалення, вентиляції, кондиціювання повітря, гарячого і холодного водопостачання, електропостачання) з відображенням поточних змін у конфігурації систем, фіксацією місць проведення ремонтів, заміни трубопроводів тощо.
9. Поточний контроль за роботою інженерних систем. Налагодження системи контролю і реєстрації параметрів роботи систем: тиску і температури води, сили струму, напруги, потужності в електричній мережі та у трансформаторах, ступеня завантаженості обладнання, фіксації аварійних

ситуацій та інших чинників, що впливають на енергоефективність та ресурсозбереження.

10. Наявність служби експлуатації будівель та інженерних систем ВНЗ. Наявність у таких підрозділах і службах спеціалістів з енергоменеджменту, експлуатації систем теплогазопостачання і вентиляції, спеціалістів енергетичного або теплотехнічного напряму підготовки, до обов'язків яких входили б контроль та аналіз споживання енергоносіїв і води, організація звітності витрат енергоносіїв, метрологічне забезпечення обладнання та приладів комерційних вузлів обліку, контроль за додержанням лімітів енергоресурсів і води, моніторинг температури зовнішнього повітря та контроль забезпечення внутрішніх параметрів мікроклімату у приміщеннях ВНЗ.
11. Наявність короткострокових і довгострокових програм з підвищення енергоефективності та енергозбереження у ВНЗ.
12. Забезпечення широкого залучення громадськості до проблем ощадного використання енергоносіїв і води: студентів, викладачів та обслуговуючого персоналу. Активізація їх участі у підготовці будівель до опалювального періоду, контролі за використанням електроенергії, ущільненням світлопрозорих прорізів і т. ін.
13. Обговорення проблем ощадного використання енергоносіїв і впровадження заходів з енергозбереження на радах факультетів, університету, ректоратах з аналізом динаміки витрат і причин можливих перевитрат енергоносіїв.
14. Залучення студентів, професорсько-викладацького складу і обслуговуючого персоналу до розробки заходів з енергозбереження у ВНЗ.
15. Аналіз статей витрат університету на впровадження енергозберігальних заходів згідно з даними бухгалтерської звітності.

Під час заповнення бланку-заявки на участь у програмі «Енергоефективні університетські містечка» відповідальні особи з ВНЗ-претендентів вже зіткнулися з проблемою невідповідності стану ВНЗ низці зазначених передумов.

Вимоги сьогодення є такими, що поряд з організацією процесу енерговикористання з метою забезпечення нормованих параметрів мікроклімату приміщень у будівлях і спорудах ВНЗ служби (відділи) експлуатації будівель та інженерних систем ВНЗ повинні здійснювати функції керування раціональним використанням енергії на всіх стадіях її вироблення, передачі, розподілу і споживання (виконання *функції енергоменеджменту*). Основні відомості щодо організації діяльності з енергоменеджменту у ВНЗ викладено у «Типовому положенні про запровадження енергетичного менеджменту в навчальних закладах та установах Міністерства освіти і науки України.

Крім того, необхідно виявляти факти нераціонального використання енергії, визначати заходи для енергозбереження, робити оцінку технічних і економічних можливостей щодо їх реалізації. Це вже *функції енергоаудиту* – складової енергоменеджменту, яка зорієнтована на обстеження об'єкта з погляду його енерговикористання.

Паралельно з цим необхідно проводити серед студентів, викладачів і персоналу роз'яснення переваг реалізації політики енергозбереження, здійснювати

популяризацію знань, надавати практичну допомогу в розв'язанні енергетичних проблем у відділах, на кафедрах та інших підрозділах навчального закладу – це вже *елементи енергоконсалтингової діяльності.*

Не менш важливим є пошук інвесторів для реалізації конкретних енергозберігальних проектів, а також обґрунтування енергоефективних рішень, тобто здійснення *енергосервісної діяльності*.

З огляду на різноманіття і різноплановість завдань у сфері енергозбереження у вищому навчальному закладі варто мати спеціалістів, які за своєю основною професійною діяльністю будуть зосереджені саме на їх виконанні.

Опрацьовуючи ці завдання за участю студентів і працівників ВНЗ, можна послуговуватись порадами даного навчального посібника.

Абсолютно реальним для ВНЗ є проведення обстеження та енергетичних аудитів будівель і споруд університету, виявлення об'єктів із найбільш високим енерго- та ресурсоспоживанням, зосередження зусиль і коштів на першочерговому впровадженні заходів саме на таких об'єктах. При цьому визначальною є роль людського чинника. Необхідно забезпечити постійну перепідготовку та підвищення кваліфікації працівників, які займаються проблемами використання енергії, організації обліку і економії енергоносіїв та води.

У шановного читача цілком слушно може виникнути запитання: які ж фінансові інструменти можуть бути застосовані в Україні в цілому та у ВНЗ зокрема для цілей енергозбереження?

Наказом № 147 Міністерства освіти і науки України від 26.02.2010 затверджено «Програму Міністерства освіти і науки України щодо зменшення споживання енергоресурсів навчальними закладами та установами освіти, підпорядкованими Міністерству і фінансування яких здійснюється з державного бюджету, на 2010 — 2014 рр.». Програма спрямована на відносне скорочення бюджетних видатків на оплату енергоресурсів та води навчальними закладами та установами освіти, підпорядкованими Міністерству, шляхом впровадження енергоефективних заходів.

Фінансування енергоефективних заходів за програмою передбачено для близько 100 навчальних закладів. Обсяги та джерела фінансування за роками визначено у таблиці, поданій нижче.

Таблиця

Прогнозні обсяги та джерела фінансування (2010–2014 рр.)

Джерела фінансування	Обсяг фінансування, тис. грн	У тому числі за роками				
		2010	2011	2012	2013	2014
Державний бюджет	101953,0	20402	22251	24158	20277	14865
Гранти	2150,0	800	400	400	350	200
Усього	104103,0	21202,0	22651,0	24558,0	20627,0	15065,0

Дані взято з Програми Міністерства освіти і науки України щодо зниження споживання енергоресурсів навчальними закладами та установами освіти, під-

порядкованими Міністерству і фінансування яких здійснюється з державного бюджету, на 2010 — 2014 рр.

Зверніть увагу, що основним джерелом фінансування програми визначено державний бюджет. Передбачені програмою інші джерела – гранти – складають трохи більше 2 млн грн (це на 5 років!). І взагалі загальна сума на 5 років – менш як 105 млн грн (близько 20 млн грн на рік на майже 100 навчальних закладів) не дуже вражає.

Зауважимо, що кількість навчальних закладів та установ освіти, підпорядкованих Міністерству і фінансування яких здійснюється з державного бюджету, становить 652 одиниці.

У програмі зазначено, що навчальні заклади та установи освіти, бюджетне фінансування яким на впровадження енергоефективних заходів програмою не передбачено, зобов'язані забезпечити зменшення споживання енергоресурсів і води, а також скорочення бюджетних видатків на них на 2...3 % щорічно протягом 2010...2014 рр. порівняно з рівнем 2009 р.

Тобто упроваджувати енергоефективні заходи потрібно, але джерела їх фінансування ВНЗ має знаходити самостійно. Наскільки реально знайти потрібні кошти?

У світі існує багато потужних фінансових інститутів, готових інвестувати в справу енергозбереження в Україні, такі як: Світовій банк (СБ), Європейський банк реконструкції та розвитку (ЄБРР), Європейський інвестиційний банк (ЄІБ) тощо.

Ці фінансові організації працюють на національному та місцевому рівнях, зокрема Світовий банк уже в цьому році планує виділити Україні 300 млн дол. США на енергозберігальні проекти. Пріоритетом у співпраці України з СБ є підвищення енергоефективності комунального та муніципального господарства.

Зрозуміло, що фінансові інститути такого рівня не будуть працювати безпосередньо з ВНЗ. Але навчальний заклад може стати партнером, залученим до виконання масштабного проекту в місті або регіоні.

Також існують фінансові організації, які підтримують невеликі екологічні та енергозберігальні проекти. Такою є Північна Фінансова Екологічна Корпорація (НЕФКО), що створена на основі міжурядової угоди між п'ятьма країнами Північного регіону (Данією, Фінляндією, Ісландією, Норвегією і Швецією). НЕФКО фінансує проекти з охорони навколишнього середовища в Центральній і Східній Європі, включаючи Росію, Білорусь та Україну. Організація спрямовує свої основні зусилля на підтримку проектів невеликих розмірів, які залишаються поза увагою великих фінансових донорів, але є критично важливими, оскільки відповідають конкретним потребам місцевих зацікавлених сторін і зазвичай є простішими і швидшими з погляду впровадження. Підтримка невеликих інвестиції у сфері ефективного використанні енергоресурсів здійснюється НЕФКО через Програму Енергозбереження та Енергозберігаючу Кредитну Лінію.

У кожному ВНЗ є міжнародний відділ, очолюваний проректором з міжнародних зв'язків. Працівники відділу мають вишукувати різноманітні програми, що підтримуються грантами та іншими фінансовими інструментами, розробляти та

подавати проекти для участі ВНЗ у цих програмах. Результати можуть бути швидше, ніж ви очікуватимете, бо двері відчиняють тому, хто стукає в них.

Одним з можливих джерел фінансування діяльності ВНЗ з енергозбереження є механізм публічно-приватного (або державно-приватного) партнерства (PPP – Public Private Partnership), що полягає у встановленні довгострокових відносин між владою та підприємствами чи їх громадськими об'єднаннями з метою вирішення важливих для усього суспільства соціально-економічних проблем.

Найпоширенішими об'єктами PPP є: житлово-комунальна сфера (виробництво та транспортування теплової та електричної енергії, водопостачання, експлуатація та благоустрій); енергозбереження; експлуатація будівель бюджетного сектора економіки тощо. Особливого значення PPP набуває нині в екологічній сфері.

Оскільки проблема високого рівня забруднення навколишнього середовища в Україні накладається на проблему енергетичної залежності та енергетичної неефективності в умовах подорожчання енергоносіїв, насамперед важливою є участь бізнесу в розробці і застосуванні технологій енерго- та ресурсозбереження.

Усвідомлення потреби підвищення соціальної відповідальності поступово набуває поширення в середовищі українського бізнесу. За результатами опитування, проведеного ООН, три чверті українських компаній уже практикують соціально відповідальну діяльність у тій або іншій формах. Чому б соціально відповідальному бізнесу вашого міста за належної мотивації не долучитися до справи енергозбереження у вашому ВНЗ?

Особливої уваги потребує розробка адекватних критеріїв оцінки діяльності ВНЗ у напрямі впровадження робіт з підвищення енергоефективності та енергозбереження.

Здійснювати оцінку ефективності роботи з енергозбереження у навчальних закладах доцільно не за результатами звітності з впровадження енергозберігальних заходів, більша частина яких має декларативний або рекламний характер; не за розміром інвестицій у заходи з енергозбереження, до яких часто відносять витрати, що нічого спільного з енергозбереженням не мають, а за чіткими кількісними критеріями. До них можна віднести питомі витрати енергоносіїв, що визначаються на основі фактичних показників вузлів обліку енергоносіїв і води, узгодженими з даними бухгалтерської звітності щодо оплати за енергоносії, з урахуванням фактичних паспортних характеристик будівель (об'єму і опалювальної площі) та чисельністю споживачів енергоносіїв і води у будівлях та спорудах ВНЗ.

В основу розробки зазначених критеріїв можна покласти такі підходи:

— для оцінки витрат холодної і гарячої води використовувати прийняті у нормативній документації показники питомих витрат води, які віднесені до кількості проживаючих у гуртожитках або кількості студентів, викладачів і персоналу в навчальних корпусах;
— для визначення рейтингу ВНЗ за показником витрат теплоти застосовувати питомий показник витрат теплоти на одиницю опалювальної площі або опалювального об'єму з урахуванням кількості градусо-діб опалювального періоду та температурної зони, у якій знаходиться ВНЗ;

— для оцінки витрат електричної енергії на освітлення використовувати показання відповідних лічильників електричної енергії, які віднесені до кількості студентів і викладачів або площі аудиторій.

Вищі навчальні заклади, які досягли високих показників енергоефективності, могли б претендувати на державні інвестиції для впровадження розроблених енергоефективних заходів і проектів. Таким чином, з'явилась би мотивація для активізації діяльності з підвищення енергоефективності та енергозбереження.

Крім того, ВНЗ, у яких показники питомих витрат гірші за нормативні або нижчі показники на відміну від інших навчальних закладів, більш об'єктивно оцінювали б стан робіт з енергозбереження і коригували б відповідним чином свою діяльність у цьому напрямі.

Нині доводиться констатувати, що деякі ВНЗ, встановивши для гарячого водопостачання сонячні колектори поверхнею 2...3 м^2, мають усі шанси вважатись лідерами у справі енергозбереження, незважаючи на те, що такий колектор забезпечує добову економію енергії у сонячний день не більше одного кубічного метра газу, а основне навантаження на підготовку гарячої води несе електричний нагрівач, розміщений у цій же системі.

Електроенергія ж, як відомо, має коефіцієнт трансформації у первинну енергію палива у 2.5...3 рази гірший, порівняно з тепловою енергію, і саме тому 1 кВт · год електричної енергії коштує у 2,5...3 рази дорожче, ніж 1 кВт · год теплової енергії. Для отримання 1 кВт потужності на ТЕЦ необхідно спалити у 2,5...3 рази більше палива, порівняно з отриманням 1 кВт потужності у котлі або тепловому генераторі.

При всьому цьому стулки вікон у холодний період року в будівлях такого ВНЗ можуть залишатись без утеплення (в кращому разі — на них буде нанесено прозору канцелярську стрічку), вікна можуть бути розбитими, скло у місці примикання до рами не ущільнене, а вхідні двері до навчального корпусу можуть не мати ні тамбура, ні пристрою для автоматичного їх зачиняння. У результаті – втрати такого потрібного всім тепла, на вироблення якого марно витрачено тисячі кубічних метрів газу.

Сьогодні слова «енергоефективність», «енергозбереження» стали дуже модними. Їх не вживає хіба що лінивий. Але при цьому мало хто до кінця усвідомлює, що наша планета наближається до критичної межі, за якою можливий крах цивілізації. Тому завданням сьогодення за номером один є докорінна зміна світогляду людини з метою формування енергозаощадних звичок та дбайливого ставлення до навколишнього середовища.

У нашому з вами недалекому радянському минулому кожен під'їзд прикрашали таблички, що закликали економити ресурси: «Йдучи, гасіть світло!». Наводилися загрозливі цифри і вражаючі приклади марнотратства, які зазвичай мало кого зачіпали, оскільки енергоресурси у нас були дешеві і доступні. Сьогодні ж, коли основні види викопного палива інтенсивно споживаються і дорожчають буквально щопівроку, проблема енергозбереження стала однією з найактуальніших для сучасної України. Особливо це важливо, коли йдеться про тепло і затишок у будинках і квартирах, у дитячих садочках та школах, у лікарнях та закладах

вищої освіти. Ми опинилися перед вибором: або ми вступаємо в епоху енергозбереження, змінивши погляд на наші повсякденні енерговитрати, або на нас чекають енергетичний колапс, екологічні та соціальні катаклізми.

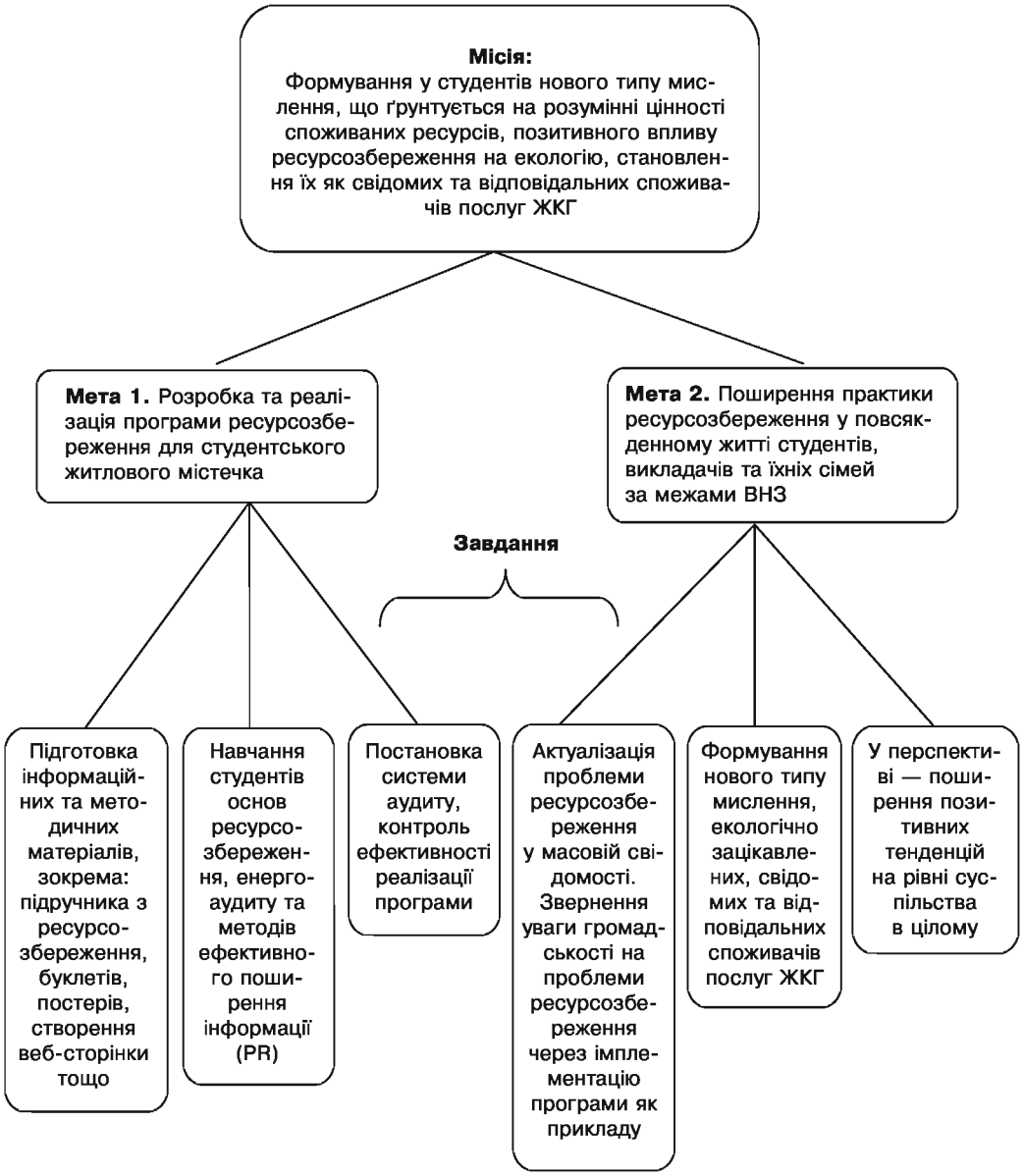
Здається, що ми, звичайні люди, навряд чи можемо щось зробити, якось вплинути на ситуацію. І взагалі, є президент, уряд, Верховна рада, міська влада — то хай і вони вирішують. Але ми можемо зробити те, що залежить лише від нас. Саме ми відповідальні за більшість проблем, що нас оточують. Міська влада може відремонтувати дороги, але чи будуть чистими від сміття узбіччя — це залежить від кожного з нас. Ми можемо, отже, докорінно змінити власну свідомість і спосіб життя. Можемо наочно продемонструвати переваги і неминучість енергозаощадного та екологічно безпечного стилю життя рідним та друзям, колегам та сусідам.

Врешті-решт будь-які зміни в будь-якій країні здійснюють конкретні люди, життєві цілі та завдання яких формуються не лише у високих сферах, але й на звичайних кухнях під ласкаве буркотіння чайників (зрозуміло, що енергоефективних).

ДОДАТКИ

Додаток А

Місія, мета та завдання програми «Енергоефективні університетські містечка»



Додаток Б

Довідникові дані для визначення втрат теплоти в теплових мережах з охолодженням води в трубопроводах

Рисунок Б.1 — Питомі втрати теплоти 1 метром ізольованого в непрохідних каналах трубопроводу теплових мереж, Вт / м, за середньої температури опалювального періоду –1 ^{0}C

Графік розроблений для діаметру трубопроводу D_y =125 мм. Графік температур відпуску теплоносія 95/70 ^{0}C. Величина щільності теплового потоку на графіку наведена як загальна для подавального і зворотного трубопроводів. Зміна коефіцієнта теплопровідності ізоляції внаслідок її зволоження. Товщина теплової ізоляції 50мм.

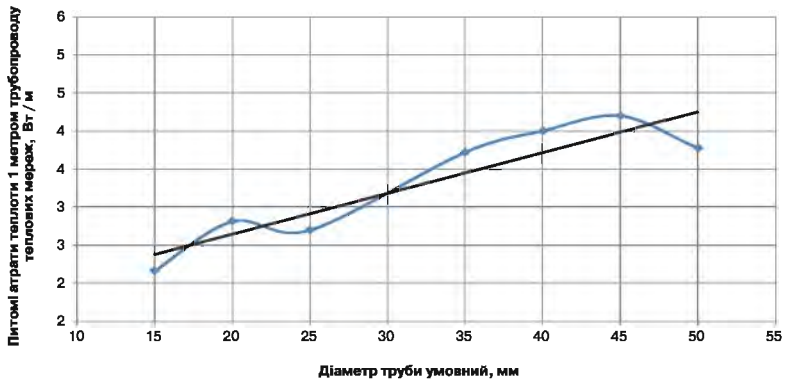


Рисунок Б.2 — Питомі втрати теплоти 1 метром попередньо ізольованого трубопроводу теплових мереж, Вт / м, за середньої температури опалювального періоду –1 ^{0}C

Графік складений згідно з даними заводу-виготовлювача попередньо ізольованих трубопроводів водяних теплових мереж при безканальному прокладанні. Коефіцієнт теплопровідності ізоляції (пінополіуретану) λ = 0,03 Вт / м. Графік температур відпуску теплоносія –95/70 ^{0}C.

Додаток В

Довідникові дані для визначення втрат теплоти в теплових мережах з охолодженням води в трубопроводах

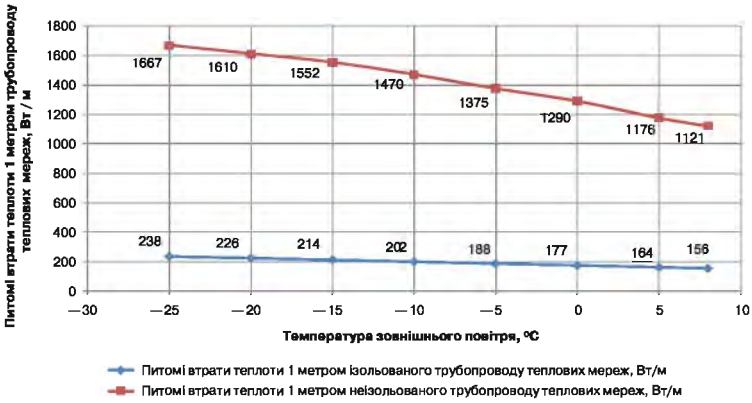


Рисунок В.1 — Питомі втрати теплоти 1 метром трубопроводу теплових мереж, Вт/м, за різних температур зовнішнього повітря. Надземна прокладка

Графік розроблено для діаметра трубопроводу D_y = 125 мм. Графік температур відпуску теплоносія 95/70 ^{0}С. Величину щільності теплового потоку на графіку наведено як загальну для подавального і зворотного трубопроводів. Розрахунок для ізольованого трубопроводу виконано для коефіцієнта теплопровідності ізоляції у вигляді мінеральної вати, λ = 0,15 Вт / м · град. (помірно зволожений стан). Товщину ізоляції прийнято 50 мм.

Додаток Г

Кліматичні параметри холодного періоду року для деяких населених пунктів України

Населений пункт	Температура повітря найбільш холодної п'ятиденки (розрахункова для систем опалення), ^{0}C	Розрахункова температура для систем вентиляції, ^{0}C	Тривалість періоду із температурою ≤ 8 ^{0}C (тривалість опалювального періоду), діб	Середня температура опалювального періоду, ^{0}C
Вінниця	– 21	– 10	180	– 0,7
Луцьк	– 20	– 8	179	– 0,1
Дніпропетровськ	–24	– 10	172	–0,6
Кривий Ріг	– 17	– 7	170	– 0,2
Донецьк	– 22	– 9	176	– 0,9
Житомир	– 22	– 9	182	– 0,8
Ужгород	– 18	– 7	154	+ 1,5
Запоріжжя	– 21	– 7	166	+ 0,3
Івано-Франківськ	– 22	– 8	178	0
Київ	– 22	– 10	176	– 0,6
Кіровоград	– 22	– 10	175	– 0,7
Луганськ	– 25	– 10	172	–0,8
Львів	– 19	– 9	179	0
Миколаїв	– 20	– 7	160	+0,9
Одеса	– 18	– 6	158	+ 1,7
Полтава	– 23	– 11	177	–1,3
Рівне	– 21	– 9	181	– 0,5
Суми	– 25	–13	185	–,9
Тернопіль	– 20	– 9	183	– 0,7
Харків	– 23	– 11	179	– 1,5
Херсон	– 19	– 7	163	+ 1
Хмельницький	– 21	–9	181	– 0,5
Умань	– 20	–8	177	– 0,8
Чернігів	– 23	–10	185	– 1,4
Чернівці	– 20	–9	173	0
Сімферополь	– 18	–3	153	+2,6
Феодосія	– 17	– 2	140	+ 3,4
Ялта	– 7	+ 1	119	+ 5.1

Додаток Д

Таблиця Д.1

Норми щільності теплового потоку через ізольовану поверхню трубопроводів двотрубних водяних теплових мереж за прокладені в непрохідних каналах за кількості годин роботи за рік більш як 5000, Вт/м відповідно до вимог СНиП 2.04.14-88 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов»

Умовний прохід трубопроводу, мм	Трубопровід					
	Подавальний	Зворотній	Подавальний	Зворотній	Подавальний	Зворотній
	Середньорічна температура теплоносія, ^{0}C					
	65	50	90	50	110	50
25	16	11	23	10	28	9
30	17	12	24	11	ЗО	10
40	18	13	26	12	32	11
50	20	14	28	13	35	12
65	23	16	34	15	40	13
80	25	17	36	16	44	14
100	28	19	41	17	48	15
125	31	21	42	18	50	16
150	32	22	44	19	55	17
200	39	27	54	22	68	21
250	45	30	64	25	77	23
300	50	33	70	28	84	25
350	55	37	75	30	94	26
400	58	38	82	33	101	28
450	67	43	93	36	107	29
500	68	44	98	38	117	32
600	79	50	109	41	132	34
700	89	55	126	43	151	37
800	100	60	140	45	163	40
900	106	66	151	54	186	43
1000	117	71	158	57	192	47
1200	144	79	185	64	229	52
1400	152	82	210	68	252	56

Величини середньорічної температури теплоносіїв у подавальній і зворотній магістралях визначаються за графіком температур відпуску теплоносія за середньої температури опалювального періоду (методику побудови графіка температур викладено в розділі 6 посібника). Для метеорологічних умов м. Полтави і графіка температур 95/70 ^{0}C середня за опалювальний період температура у подавальному трубопроводі становить 58 ^{0}C, а у зворотному — 46 ^{0}C.

Загальні питомі втрати теплоти з поверхні трубопроводів теплових мереж визначаються за сумою втрат теплоти в подавальному і зворотному трубопроводах.

Додаток Д

Таблиця Д.2

Норми щільності теплового потоку при розташуванні трубопроводів теплових мереж у приміщеннях та тунелях при кількості годин роботи за рік більш як 5000, Вт/м, відповідно до вимог СНиП 2.04.14-88 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов»

Умовний прохід трубопроводу, мм	Середня температура теплоносія, ^{0}C						
	50	100	150	200	250	300	350
	Норми лінійної щільності теплового потоку, Вт/м						
15	8	18	28	40	53	66	81
20	9	20	32	45	58	73	89
25	10	22	35	49	64	79	97
40	12	26	41	57	74	93	112
50	13	28	44	61	80	99	120
65	15	32	50	69	90	112	134
80	16	35	54	74	97	119	143
100	18	39	60	81	105	130	156
125	21	44	66	90	118	145	175
150	24	49	73	98	130	160	190
200	29	59	88	118	155	189	225
250	34	68	100	133	174	211	249
300	39	77	112	149	193	233	275
350	44	85	124	164	212	256	301
400	48	93	135	178	230	276	324
500	57	109	156	205	264	316	370
600	67	125	179	232	298	356	415
700	74	139	199	256	328	391	456
800	84	155	220	283	362	430	499
900	93	170	241	309	395	468	543
1000	102	186	262	335	428	506	586

У таблиці вказано мінімально допустиму величину питомих втрат теплоти на трубопроводах теплових мереж. Внаслідок тривалого терміну служби теплової ізоляції та її зволоження дійсні величини втрат теплоти можуть перевищувати нормативні. Залежність величини питомих втрат від коефіцієнта теплопровідності теплової ізоляції наведено на графіку додатку З.

Додаток Е

Таблиця Е.1

Температура води, що подається в систему опалення за температурним графіком 95/70 ^{0}C за температури зовнішнього повітря $t_з$, ^{0}C та температури в приміщенні $t_в$ = +18 ^{0}C

Розрахункова температура зовнішнього повітря, ^{0}C	Фактична температура зовнішнього повітря, $t_з$, ^{0}C								
	10	5	0	–5	–10	–15	–20	–25	–30
–10	45,2	58,7	71,3	83,4	95,0	—	—	—	—
–11	44,5	57,6	69,8	81,5	92,8	—	—	—	—
–12	43,7	56,5	68,4	79,7	90,7	—	—	—	—
–13	43,1	55,4	67,0	78,1	88,7	—	—	—	—
–14	42,4	54,5	65,7	76,5	86,9	—	—	—	—
–15	41,8	53,5	64,5	75,0	85,2	95,0	—	—	—
–16	41,2	52,7	63,4	73,6	83,5	93,1	—	—	—
–17	40,7	51,8	62,3	72,3	82,0	91,3	—	—	—
–18	40,1	51,1	61,3	71,1	80,5	89,6	—	—	—
–19	39,6	50,3	60,3	69,9	79,1	88,0	—	—	—
–20	39,2	49,6	59,4	68,7	77,7	86,5	95,0	—	—
–21	38,7	48,9	58,5	67,6	76,5	85,0	93,4	—	—
–22	38,3	48,3	57,7	66,6	75,2	83,6	91,8	—	—
–23	37,9	47,7	56,9	65,6	74,1	82,3	90,3	—	—
–24	37,5	47,1	56,1	64,7	73,0	81,0	88,8	—	—
–25	37,1	46,5	55,4	63,8	71,9	79,8	87,5	95,0	—
–26	36,8	46,0	54,7	62,9	70,9	78,6	86,2	93,5	—
–27	36,4	45,5	54,0	62,1	69,9	77,5	84,9	92,1	—
–28	36,1	45,0	53,3	61,3	69,0	76,4	83,7	90,8	—
–29	35,8	44,5	52,7	60,5	68,1	75,4	82,5	89,5	—
–30	35,5	44,1	52,1	59,8	67,2	74,4	81,4	88,3	95,0

Додаток Е

Таблиця Е.2

Температура води, що подається в систему опалення за температурним графіком 105/70 ^{0}C за температури зовнішнього повітря $t_з$ ^{0}C та температури в приміщенні $t_в$ = +18 ^{0}C

Розрахункова температура зовнішнього повітря, ^{0}C	Фактична температура зовнішнього повітря, $t_з$, ^{0}C								
	10	5	0	–5	–10	–15	–20	–25	–30
–10	48,5	63,7	78,1	91,8	105,0	—	—	—	—
–11	47,6	62,4	76,3	89,6	102,5	—	—	—	—
–12	46,8	61,2	74,7	87,6	100,1	—	—	—	—
–13	46,0	60,0	73,2	85,7	97,9	—	—	—	—
–14	45,3	58,9	71,7	83,9	95,8	—	—	—	—
–15	44,6	57,9	70,3	82,3	93,8	105,0	—	—	—
–16	44,0	56,9	69,0	80,7	91,9	102,8	—	—	—
–17	43,3	56,0	67,8	79,2	90,1	100,8	—	—	—
–18	42,8	55,1	66,7	77,7	88,5	98,9	—	—	—
–19	42,2	54,2	65,6	76,4	86,9	97,0	—	—	—
–20	41,7	53,5	64,3	75,1	85,3	95,3	105,0	—	—
–21	41,2	52,7	63,5	73,9	83,9	93,6	103,1	—	—
–22	40,7	52,0	62,6	72,7	82,5	92,0	101,3	—	—
–23	40,2	51,3	61,7	71,6	81,2	90,5	99,6	—	—
–24	39,8	50,6	60,8	70,5	79,9	89,1	98,0	—	—
–25	39,4	50,0	60,0	69,5	78,7	87,7	96,4	105,0	—
–26	39,0	49,4	59,2	68,5	77,5	86,3	94,9	103,3	—
–27	38,6	48,8	58,4	67,6	76,4	85,1	93,5	101,7	—
–28	38,2	48,2	57,7	66,7	75,4	83,8	92,1	100,2	—
–29	37,8	47,7	57,0	65,8	74,3	82,7	90,8	98,7	—
–30	37,5	47,2	56,3	65,0	73,4	81,5	89,5	97,3	105,0

Додаток Ж

Теплотехнічні характеристики деяких матеріалів

№	Матеріал	Характеристики матеріалу в сухому стані		Характеристики матеріалу в умовах експлуатації А	
		Щільність, γ, кг / м^3	Теплоємність, С, кДж / кг · ^{0}С	Коефіцієнт теплопровідності, λ, Вт / м · ^{0}С	Коефіцієнт теплозасвоєння, S, Вт / м^2 · ^{0}С
Бетони на природних щільних заповнювачах					
1	Залізобетон	2500	0,84	1,92	17,98
2	Бетон на гравії чи щебені	2400	0,84	1,74	16,77
3	Туфобетон	1800	0,84	0,87	11,38
4	Пемзобетон	1600	0,84	0,62	8,54
5	Пемзобетон	1400	0,84	0,49	7,1
6	Пемзобетон	1200	0,84	0,40	5,94
7	Пемзобетон	1000	0,84	0,30	4,69
8	Керамзитобетон на керамзитовому піску	1600	0,84	0,67	9,06
9	Керамзитобетон на керамзитовому піску	1200	0,84	0,44	6,36
10	Керамзитобетон на керамзитовому піску	800	0,84	0,24	3,83
11	Керамзитобетон на керамзитовому піску	500	0,84	0,17	2,55
12	Газо- та пінобетон	1000	0,84	0,41	6,13
13	Газо- та пінобетон	800	0,84	0,33	4,92
14	Газо- та пінобетон	600	0,84	0,22	3,36
15	Газо- та пінобетон	400	0,84	0,14	2,19
16	Газо- та пінобетон	300	0,84	0,11	1,68
Цементні, вапняні та гіпсові розчини					
17	Цементно-піщаний	1800	0,84	0,76	9,6
18	Вапняно-піщаний	1600	0,84	0,7	8,69
19	Цементно-шлаковий	1400	0,84	0,52	7,0
20	Плити з гіпсу	1200	0,84	0,41	6,01
21	Листи гіпсові для обшивки	800	0,84	0,19	3,34
Цегляна кладка					
22	Глиняна повнотіла цегла на цементно-піщаному розчині	1800	0,88	0,7	9,2
23	Керамічна пустотна цегла щільністю1400 кг/м^3	1600	0,88	0,64	7,91

№	Матеріал	Характеристики матеріалу в сухому стані		Характеристики матеріалу в умовах експлуатації А	
		Щільність, γ, кг / м³	Теплоємність, С, кДж / кг · ⁰С	Коефіцієнт теплопровідності, λ, Вт / м · ⁰С	Коефіцієнт теплозасвоєння, S, Вт / м² · ⁰С
24	Керамічна пустотна цегла щільністю1300 кг/м³	1400	0,88	0,58	7,01
25	Керамічна пустотна цегла щільністю1000 кг/м³	1200	0,88	0,47	6,16
26	Силікатна цегла на цементно-піщаному розчині	1800	0,88	0,76	9,77
27	Шлакова цегла на цементно-піщаному розчині	1500	0,88	0,64	8,12
28	Керамічна порожниста цегла на цементно-піщаному розчині	1600	0,88	0,58	7,91
29	Силікатна 11-пустотна цегла на цементно-піщаному розчині	1500	0,88	0,7	8,59
Природний камінь					
30	Граніт	2800	0,88	3,49	25,04
31	Мармур	2800	0,88	2,91	22,86
32	Вапняк	2000	0,88	1,16	12,77
33	Туф	2000	0,88	0,93	11,68
Дерево, вироби з дерева та інших природних органічних матеріалів					
34	Сосна та ялина впоперек волокон	500	2,3	0,14	3,87
35	Сосна та ялина вздовж волокон	500	2,3	0,29	5,56
36	Дуб впоперек волокон	700	2,3	0,18	5,0
37	Дуб вздовж волокон	700	2,3	0,35	6,9
38	Фанера клеєна	600	2,3	0,15	4,22
39	Картон облицювальний	1000	2,3	0,21	6,2
40	Плити ДВП та ДСП	1000	2,3	0,23	6,75
41	Плити очеретяні	300	2,3	0,09	2,31
Теплоізоляційні матеріали					
42	Мати мінераловатні прошивні (125 кг / м³)	125	0,84	0,064	0,73
43	Мати мінераловатні прошивні (75 кг / м³)	75	0,84	0,06	0,61

№	Матеріал	Характеристики матеріалу в сухому стані		Характеристики матеріалу в умовах експлуатації А	
		Щільність, γ, кг / м³	Теплоємність, С, кДж / кг · °С	Коефіцієнт теплопровідності, λ, Вт / м · °С	Коефіцієнт теплозасвоєння, S, Вт / м² · °С
44	Мати мінераловатні прошивні (50 кг / м³)	50	0,84	0,052	0,48
45	Плити м'які та жорсткі мінераловатні (350 кг / м³)	350	0,84	0,09	1,46
46	Плити м'які та жорсткі мінераловатні (300 кг / м³)	300	0,84	0,087	1,32
47	Плити м'які та жорсткі мінераловатні (200 кг / м³)	200	0,84	0,076	1,01
48	Плити м'які та жорсткі мінераловатні (100 кг / м³)	100	0,84	0,052	0,64
49	Плити м'які та жорсткі мінераловатні (50 кг / м³)	50	0,84	0,06	0,42
50	Плити із скловолокна на синтетичних матеріалах	50	0,84	0,06	0,44
51	Мати із скловолокна	150	0,84	0,064	0,8
52	Пінополістирол (150 кг / м³)	150	1,34	0,052	0,89
53	Пінополістирол (100 кг / м³)	100	1,34	0,041	0,65
54	Пінопласт	125	1,26	0,06	0,86
55	Пінополіуретан (80 кг / м³)	80	1,47	0,05	0,67
56	Пінополіуретан (40 кг / м³)	40	1,47	0,04	0,4
	Сипучі матеріали				
57	Гравій керамзитовий (800 кг / м³)	800	0,84	0,21	3,36
58	Гравій керамзитовий (600 кг / м³)	600	0,84	0,17	2,62
59	Гравій керамзитовий (400 кг / м³)	400	0,84	0,13	1,87
60	Гравій керамзитовий (300 кг / м³)	300	0,84	0,12	1,66
61	Гравій керамзитовий (200 кг / м³)	200	0,84	0,11	1,3

№	Матеріал	Характеристики матеріалу в сухому стані		Характеристики матеріалу в умовах експлуатації А	
		Щільність, γ, кг / м^3	Теплоємність, С, кДж / кг · ^{0}С	Коефіцієнт теплопровідності, λ, Вт / м · ^{0}С	Коефіцієнт теплозасвоєння, S, Вт / м^2 · ^{0}С
62	Пісок для будівельних робіт	1600	0,84	0,47	6,95
Покрівельні матеріали, для оздоблювальних робіт та інше					
63	Піноскло та газоскло	400	0,84	0,12	1,76
64	Листи азбестоцементні плоскі	1800	0,84	0,47	7,55
65	Бітуми нафтові будівельні та покрів.	1400	1,68	0,27	6,8
66	Асфальтобетон	2100	1,68	1,05	16,43
67	Руберойд	600	1,68	0,17	3,53
68	Лінолеум полівінілхлоридний	1800	1,47	0,38	8,56
69	Те саме на тканинній основі	1800	1,47	0,35	8,22
Метали та скло					
70	Сталь стрижнева арматурна	7850	0,482	58	126,5
71	Чавун	7200	0,482	50	112,5
72	Алюміній	2600	0,84	221	187,6
73	Мідь	8500	0,42	407	326
74	Скло віконне	2500	0,84	0,76	10,79

Додаток 3

Ступінь чорноти ε повного нормального випромінювання для різних матеріалів

Найменування матеріалу	Температура, ^0C	$\varepsilon \cdot 10^{-2}$	Найменування матеріалу	Температура, ^0C	$\varepsilon \cdot 10^{-2}$
Алюміній полірований	225...575	3,9...5,7	Папір	19	92,4
Алюміній неполірований	26	5,5	Вода	0...100	95...96
Залізо поліроване	425...900	14...37	Гіпс	20	90,3
Залізо окиснене	125...525	78...82	Дерево	20	89,0
Чавун	200...600	64...78	Цегла червона	20	93.0
Полірована мідь	80...115	1,8...2,3	Фарба емалева	20	89,0
Мідь окиснена	200...600	57...87	Фарба масляна	20	92...96
Скло	22	93,7	Латунь окиснений	50...350	22

Додаток И

Таблиця И.1

Визначення питомих об'ємів води для наповнення трубопроводів теплових мереж, Vпит. , м³/км (дані наведено на один трубопровід – подавальний або зворотний)

Зовнішній діаметр труби, мм	Внутрішній діаметр труби, мм	Питомий об'єм води, м³/км
46	41	1,3
57	50	1,963
76	69	3,739
89	80	5,153
106	100	7,854
133	125	12,21
159	150	17,67
219	203	32,35
273	257	51,9
325	309	74,99
377	357	100,1
426	412	133,3
478	462	167,6
529	509	203,5
630	610	294,2

Витратитm води для наповнення трубопроводів теплових мереж визначається за величиною питомого об'єму $V_{пит.}$ і довжиною трубопроводів певного діаметра L в км згідно відповідно до залежності $M_{нап}^{тм} = \Sigma(V_{пит.\,i} \cdot L_i)$ в м³ (т). Густина води прийнята приблизно 1000 кг/м³.

Таблиця И.2

Питомий об'єм води для наповнення абонентських систем опалення, $V_{пит.оп.}$, м³/ГДж за год, або (м³/Гкал за год)

Вид опалювальних приладів системи опалення	Питомий об'єм води для наповнення, $V_{пит.}^{оп}$ за перепаду температур у системі, ⁰С	
	95—70	110—70
Система опалення з радіаторами заввишки		
500 мм	4,66(19,5)	4,2(17,6)
1000 мм	7,4(31)	6,64(38,2)
з ребристими трубами	3,39(14,2)	2,99(12,5)
з регістрами із гладких труб	8,84(37)	7,6(32)

Витрати води для наповнення абонентських систем опалення визначається за залежністю $M_{нап.}^{оп.} = Q_р \cdot V_{пит.}^{оп.}$, в м³ (т), де $Q_р$ – розрахункове теплове навантаження систем опалення ГДж / год або Гкал/год.

Загальні витрати води на наповнення трубопроводів теплових мереж і абонентських систем опалення визначаються за залежністю $M_{нап.} = M_{нап.}^{оп.} + M_{нап.}^{тм}$, т,(м³).

Додаток І

Таблиця І.1

Визначення втрат теплоти від неізольованих і ізольованих трубопроводів систем опалення, гарячого водопостачання і циркуляційних трубопроводів, які прокладено у приміщенні

Ізольовані трубопроводи				Неізольовані трубопроводи	
Зовнішній діаметр сталевого трубопроводу, D_y, мм	Характеристика теплової ізоляції		Лінійний коефіцієнт теплопередачі, K_l, Вт / м · град.	Зовнішній діаметр сталевого трубопроводу, мм	Лінійний коефіцієнт теплопередачі, K_l Вт / м · град
	Товщина, м	Коефіцієнт теплопровідності, Вт / м · град.			
15	10	0,07	0,513	15	0,68
20	20	0,07	0,500	20	0,86
25	20	0,07	0,590	25	1,08
32	20	0,07	0,712	32	1,38
40	30	0,07	0,653	40	1,56
50	30	0,07	0,779	50	1,96
65	30	0,07	0,929	65	2,4
80	40	0,07	1,07	80	2,94
100	40	0,07	1,99	100	3,57

Для визначення величини питомих втрат теплоти 1м довжини ізольованого або неізольованого трубопроводу необхідно вказану зазначену в таблиці величину лінійного коефіцієнта теплопередачі помножити на різницю температур між середньорічною або середньою за опалювальний період температурою теплоносія у трубопроводі $t_{сер}$ і середньою температурою зовнішнього повітря приміщення $t_з$ у якому прокладено трубопровід:

$$q_l = K_l \cdot (t_{сер.} - t_з), \text{ Вт/м},$$

де

q_l – питомі втрати теплоти одним метром трубопроводу (для трубопроводів водяних систем опалення тепловіддачу одного метра неізольованих трубопроводів q_l в Вт на м наведено в «Справочнике проектировщика» Внутренние санітарно – технические устройства. Ч.1. Отопление. Под редакцией И.Г. Староверова», с. 264. Тепловіддачу ізольованих трубопроводів наведено на с. 268 того самого довідника.

K_l – лінійний коефіцієнт теплопередачі із таблиці додатку І залежно від наявності ізоляції і діаметра трубопроводу;

$t_{сер.}$ – середня температура теплоносія у трубопроводі, ^{0}С;

$t_з$ – середня температура повітря приміщення у якому прокладено трубопровід, ^{0}С.

Втрати теплоти ділянкою трубопроводу довільної довжини L, м, діаметром D_y, визначаються за добутком величин довжини трубопроводу L на питому величину втрат теплоти q_l:

$\Delta Q = L \cdot q_l$, Вт.

Додаток К

Значення термічного опору для віконних прорізів

Пор. №	Найменування конструкції	Відстань між склом, мм	Опір теплопередачі, R_o, м² · град./Вт	Коефіцієнт теплопередачі, К, Вт/м² · град.
Вимоги СНиП II–3–79 ** «Строительная теплотехника». Рік забудови – 1979 ...2006рр.				
1	Одинарне скління у дерев'яних рамах	—	0,18	5,5
2	Одинарне скління у металевих рамах	—	0,15	6,67
3	Подвійне скління в дерев'яних спарених рамах	30...60	0,39	2,56
4	Подвійне скління в металевих роздільних рамах	75...150	0,34	2,94
5	Подвійне скління в дерев'яних роздільних рамах	75...150	0,42	2,38
6	Потрійне скління у дерев'яних роздільно-спарених рамах	80...150	0,55	1,8
7	Блоки скляні пустотілі 194*194*98	—	0,31	3,22
Вимоги ДБН В.2.6-31:2006 «Теплова ізоляція будівель». Рік забудови — 2006 і пізніше				
8	Вікна , балконні двері, вітрини, вітражі, світлопрозорі фасади за температурними зонами України: - I – ша зона - II – га зона - III – тя зона - IV – та зона	 — — — —	 0,6 0,56 0,5 0,45	 1,67 1,78 2,0 2,22
Приведений опір теплопередачі склопакетів (світлопрозорої ділянки вікон). Вимоги ДБН В.2.6—31:2006 «Теплова ізоляція будівель». Рік забудови — 2006 і пізніше				
9	Однокамерний склопакет, заповнення повітрям, скло стандартне	8 10 12 16	0,28 0, 29 0,30 0,32	3,57 3,45 3,33 3,12
10	Однокамерний склопакет, заповнення аргоном, скло стандартне	8 10 12 16	0,30 0,31 0,32 0,34	3,33 3,22 3,12 2,94
11	Однокамерний склопакет, Енергозберігальне скло з нанесенням твердого відзеркалювального покриття, заповнення повітрям	8 10 12 16	0,47 0,49 0,51 0,53	2,12 2,04 1,96 1,89
12	Однокамерний склопакет, енергозберігальне скло з нанесенням м'якого відзеркалювального покриття, заповнення повітрям	8 10 12 16	0,51 0,53 0,56 0,59	1,96 1,88 1,78 1,69
13	Однокамерний склопакет, енергозберігальне скло з нанесенням м'якого відзеркалювального покриття, заповнення аргоном	8 10 12 16	0,60 0,63 0,66 0,75	1,66 1,58 1,51 1,33

Пор. №	Найменування конструкції	Відстань між склом, мм	Опір теплопередачі, R_o, м² · град./Вт	Коефіцієнт теплопередачі, К, Вт/м² · град.
14	Двокамерний склопакет, заповнення повітрям, скло стандартне	6 8 10 12 16	0,42 0,45 0,47 0,49 0,52	2,38 2,22 2,13 2,04 1,92
15	Двокамерний склопакет, енергозберігальне скло з нанесенням твердого відзеркалювального покриття, заповнення повітрям	6 8 10 12 16	0,53 0,55 0,59 0,61 0,65	1,88 1,82 1,69 1,64 1,54
16	Двокамерний склопакет, енергозберігальне скло з нанесенням м'якого відзеркалювального покриття, заповнення аргоном	8 10 12 16	0,61 0,64 0,68 0,72	1,64 1,56 1,47 1,39

Додаток Л

Деякі рекомендації зі зменшення витрат теплоти, палива і води у побуті

1. Кількість теплоти, яка еквівалентна 1 кВт·год електричної енергії за умови відсутності втрат теплоти у довкілля і відсутності виконання роботи – 860 ккал.

2. Середня теплота згоряння 1м^3 природного газу газоконденсатного родовища – 8700 ккал/м^3 = 36540 кДж/м^3 = 10,1 кВт·год/м^3.

3. 1 ккал – це кількість теплоти, яка витрачається для нагрівання 1 кг води на 1 ^{0}С.

4. Для випаровування 1 кг води під атмосферним тиском необхідно витратити близько 650 ккал теплової енергії або 0,75 кВт·год електричної енергії.

5. Стіна з поверхнею у 1 м^2 за перепаду температур на поверхні стіни і в нерухомому атмосферному повітрі у 1 ^{0}С втрачає близько 8 Вт теплової енергії. За швидкості вітру близько 5 м/с, 1 м^2 поверхні втрачає близько 27 Вт теплоти на кожний 1 ^{0}С перепаду температури.

6. Цегляна стіна з поверхнею 1 м^2 завтовшки до 510 мм втрачає у довкілля до 40 ккал теплоти за годину за температури довкілля – 20 ^{0}С і температури внутрішнього повітря +18 ^{0}С. За 6 місяців опалювального періоду втрати теплоти з 1 м^2 стіни становитимуть близько 180000 ккал. Для отримання такої кількості теплоти необхідно спалити до 26 м^3 природного газу.

7. Цегляна стіна поверхнею 1 м^2 завтовшки 250 мм, з шаром пінополістиролу або мінеральної вати завтовшки 100 мм втрачає за тих же умов у 2,6 раза менше теплоти.

8. Кількість теплоти, яку можна отримати при спалюванні 1 м^3 природного газу виділяється також при спалюванні 3,5 кг повітряносухої деревини, або 2,5 кг соломи, або 2,3 кг соняшникового лушпиння, або 0,9 кг мазуту. Такої кількості теплоти достатньо лише для того, щоб нагріти 100 літрів води на 70 ^{0}С або забезпечити досягнення комфортних умов у помешканні одноповерхового будинку опалювальною площею 56 м^2 за температури зовнішнього повітря до –5 ^{0}С протягом однієї години.

9. Кількість теплоти, яка виділяється від одинадцяти електричних ламп розжарювання потужністю 100 Вт кожна дорівнює кількості теплоти згоряння 1 м^3 природного газу.

10. Економія лише 2% природного газу за рахунок відповідного підвищення ККД вироблення і відпуску теплової енергії дає у масштабах України річне зменшення витрат природного газу у розмірі 1,5 млрд м^3 за рік. Досягти 2% підвищення ККД можна без капітальних інвестицій тільки за рахунок додержання правил експлуатації у ході вироблення, транспортування, розподілу та споживання теплоти.

11. Для виробництва у газових водогрійних котлах 10^6 ккал (1 Гкал) теплоти необхідно витратити 1100 ...1200 кВт·год електричної енергії або спалити 130...140 м^3 природного газу.

12. Розсіяне тепло, яке надходить із надр Землі становить близько 6 Вт/м^2 поверхні.

13. Середня добова щільність теплового потоку сонячної радіації, яка надходить на вертикальну поверхню південної орієнтації для м.Полтава (червень місяць) становить 160 Вт/м^2.

14. Загальна кількість теплоти, яка надходить у червні місяці від сонячної радіації на 1 м^2 вертикальної поверхні становить 58 кВт·год, що еквівалентно теплоті згоряння 6м^3 природного газу (для географічної широти м. Полтава).

15. Річні витрати теплоти на потреби опалення 1 м^2 житлового п'ятиповерхового будинку з огороджувальними конструкціями до термомодернізації згідно з нормативами 70-80-х років для кліматичних умов Полтавської області становлять 0,154 Гкал/м^2.

16. Річні нормативні витрати теплоти на опалення двокімнатної квартири опалювальною площею 50 м^2 у складі п'ятиповерхового будинку у Полтавській області:

- до термомодернізації – 5,6 Гкал, що еквівалентно теплоті згоряння 820 м^3 природного газу;
- після термомодернізації – 2,4 Гкал, що еквівалентно теплоті згоряння 352 м^3 природного газу.

17. Річне нормативне споживання теплоти на потреби опалення житлового десятиповерхового будинку опалювальною площею 60 м^2 у Полтавській області:

- до термомодернізації – 22 Гкал, що еквівалентно теплоті згоряння 3235 м^3 природного газу (нормативи для забудови до 1990 р.);
- після термомодернізації – 7,5 Гкал., що еквівалентно теплоті згоряння 1038 м^3 природного газу (нормативи для сучасної забудови).

18. Збільшення витрат природного газу на опалювальний котел під час надходження у топку надлишкової кількості повітря у кількості:

- на 30 % більше теоретично необхідної кількості повітря – збільшення витрат газу на 3 %;
- на 100 % більше теоретично необхідної кількості повітря – збільшення витрат газу на 10%.

Основними причинами надходження надлишкового повітря у топку є такі:

- збільшення розрідження у газоході котла (величини тяги);
- відсутність регулювання кількості повітря, яке надходить на згоряння палива;
- відсутність або неправильне регулювання роботи пальника;
- нещільності у конструкції котла.

19. Температура димових газів на виході із котла, яка в умовах відсутності хімічного недопалу палива і помірної величини витрат теплоти у навколишнє середовище (на рівні 1...2 %) дає можливість отримати величину ККД котла близько 90 %, становить 180...190 ^{0}С.

При збільшенні температури відхідних газів до 250 ^{0}С ККД котла зменшується до 85...86% (коефіцієнт надлишку повітря α = 1,4). За температури відхідних газів 250 ^{0}С ККД котла становитиме близько 84 %. Зменшення ККД до 75...76 % можливе лише за умов збільшення температури відхідних газів до 420...430 ^{0}С при α = 1,4 або до 370...380 ^{0}С при α = 1,8.

20. Ущільнення стулок вікон, заміна скла із тріщинами, ущільнення місць примикання скла до рами герметиком, встановлення подвійних дверей дає можливість зменшити втрати теплоти у квартирі на 5...7 %.

21. Нанесення низькоемісійної ї термовіддзеркалювальної плівки на скло зменшує витрати теплоти через скло на 35...45 %.

22. Розміщення термовіддзеркалювальної матеріалу типу утепленої алюмінієвої фольги за радіатором системи опалення зменшує втрати теплоти за радіаторною ділянкою стіни на 20...25 %.

23. Втрати теплоти можна зменшити, встановивши на вході у вентиляційні канали найпростіші регулювальні пристрої (регулювальні ґратки).

24. Затуляння опалювального приладу декоративними плитами або шторами знижує тепловіддачу на 10...20 %. Меблі у квартирі не повинні перешкоджати циркуляції теплого повітря від опалювальних пристроїв.

25. Фарбування опалювального пристрою (радіатору) олійною фарбою знижує його тепловіддачу на 8...13 %. Фарбування опалювального приладу цинковими білилами –підвищення тепловіддачі на 2,5 %;

26. У нічний час рекомендується по можливості зменшити кімнатну температуру. Це одночасно економить гроші і зберігає довкілля й власне здоров'я

27. Жалюзі, віконниці, завіси (гардини) вночі мають бути закритими. Це дає можливість додатково економити до 5 % енергії, яка витрачається на опалення.

28. Підвищення температури у приміщеннях вище нормативів на 1^0С збільшує витрати теплоти на 4...8 %. Для будинку 60 $м^2$ підвищення температури внутрішнього повітря на 1^0С відносно нормативів збільшує витрати теплоти на потреби опалення на 1,3 Гкал за опалювальний період, що еквівалентно додатковій кількості спаленого природного газу у 183 $м^3$.

29. Відчинені двері під'їзду багатоповерхового будинку причинюють 6...10 % додаткових витрат теплоти.

30. Якщо з крана капає з частотою 1 крапля /с, то протягом доби змарнується до 30 л, за місяць – 900 л, а за рік – до 11000 л води.

Унітаз, у якому вода витікає невидимим струмком втрачає до 100000 л води за рік. Візуально помітний потік води (при незначному порушенні дзеркала води в унітазі) спричинить втрату близько 400000 л води за рік.

Кран, що протікає, – це втрата 48000... 50000 л води за рік, або 4000 л води за місяць.

31. Якщо ви миєтесь у ванні, то витрачаєте 100...150 л води, а під час користування душем – 8...9 л за хвилину.

32. Люмінесцентні компактні лампи дають можливість заощаджувати до 80 % енергії і таким чином зменшити рахунки за електроенергію:

Порівняння обсягів споживання електроенергії компактними і традиційними лампами	
Потужність традиційної електролампи	Потужність аналогічної (люмінесцентної) електролампи
25	6
40	9

Порівняння обсягів споживання електроенергії компактними і традиційними лампами	
Потужність традиційної електролампи	Потужність аналогічної (люмінесцентної) електролампи
60	11
75	16
100	18

Близько 16% електроенергії у побуті споживає постійно працюючий холодильник. Найновіші моделі, виготовлені за інноваційними технологіями, споживають у п'ять разів менше енергії, ніж їхні попередники. При цьому неабияку роль відіграє і місце розташування холодильника – на сонячній стороні або в теплому місці (наприклад біля кухонної плити) він споживатиме більше електроенергії. Додатково заощадимо, якщо довго не триматимемо дверцята холодильника відчиненими.

Чимало енергії споживається телевізорами та пристроями з увімкненою функцією *stand-by*. Діод, що світиться, означає, що пристрій постійно споживає струм із мережі. Таким чином щороку в країні марнується близько 300000 МВт·год електроенергії. Завдяки повному вимиканню пристроїв з мережі можна заощадити до 10% енергії протягом року.

Енергоємний прилад, яким усі ми користуємось щоденно – електричний чайник. Щоб заощадити близько 35% електроенергії упродовж року, достатньо під час кип'ятіння води щільно закривати кришку чайника. Ще 10% можна заощадити, усунувши наліт солей з нагрівальних елементів. Можна суттєво заощаджувати електроенергію, готуючи стільки води, скільки потрібно на даний момент. Кип'ятіння цілого чайника води, коли потрібна лише одна склянка, – марнотратство.

ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Білявський Г. О. Основи екологічних знань / Білявський Г. О., Падун М. М., Фурдуй Р. С. — К. : Либідь, 2000.
2. Энергосбережение. Введение в проблему / [Данилов Н.Н., Евпланов А.Н., Михайлов В.Ю., Щелоков Я.М.]. – Екатеринбург : «Сократ», 2001. — 208 с.
3. Екологія людини: Підруч. для вищ. навч. закл. / [О.М. Микитюк, О.З. Злотін, В.М. Бровдій та ін.]. — Х. : Ранок, 1998.
4. Еремкин А.И. Тепловой режим зданий : Учебное пособие / Еремкин А.И., Королева Т.И. – М. : Издательство АСВ, 2000. – 368 с.
5. Маляренко В.А. Енергетика і навколишнє середовище: Монографія / Маляренко В.А. — Харків: «Видавництво «САГА», 2008. – 363 с.
6. Маляренко В.А. Основи теплофізики будівель та енергозбереження: Підручник / Маляренко В.А. – Харків : «Видавництво «САГА», 2006. — 484 с.
8. Паливно-енергетичний комплекс України на порозі третього тисячоліття / за заг. ред. А.К. Шидловського, М.П. Ковалка. – К. : Українські енциклопедичні знання, 2001. — 400 с.
9. Прокопенко В.В. Енергетичний аудит з прикладами та ілюстраціями: Навчальний посібник / Прокопенко В.В., Закладний О.М., Кульбачний П.В. — К. : Освіта України, 2008. — 438 с.
10. Сафранов Т.А. Екологічні основи природокористування: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / Сафранов Т.А. – [3-тє вид., стереотип]. – Львів: «Новий Світ-2000», 2006. – 248 с.
11. Фокин В.М. Основы енергосбережения в вопросах теплообмена / Фокин В.М., Бойков Г.П., Видин Ю.В. – М. : Машиностронение-1, 2005. – 172 с.
12. Внутренняя среда помещений: эколого-гигиенические аспекты [Чесанов Л.Г., Шапарь А.Г., Кораблева А.И., Чесанов В.Л.]. – Днепропетровск, 2001. – 164 с.
13. Энергетический менеджмент / под общей редакцией А.В. Праховника. – К. : ІЕЕ НТУУ «КПИ», 2001. – 472 с.
14. Методика проведення енергетичного аудиту закладів освіти. Загальні положення. Порядок проведення. — К.: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут", Інститут енергозбереження та енергоменеджменту, 2009. — 74 с.
15. Типове положення про запровадження енергетичного менеджменту в навчальних закладах та установах Міністерства освіти і науки України. – К.: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут", Інститут енергозбереження та енергоменеджменту, 2010. — 14 с.

Навчальне видання

Сафіуліна Кадрія Рашитівна
канд. техн. наук, доцент Харківського державного університету харчування та торгівлі, директор департаменту соціологічних досліджень та зв'язків з громадськістю Інституту місцевого розвитку

Колієнко Анатолій Григорович
канд. техн. наук, професор Полтавського національного технічного унывеситету імені Юрія Кондратюка, консультант з технічних питань Інституту місцевого розвитку

Тормосов Руслан Юрійович
канд. екон. наук, доцент Київського національного університету будівництва та архітектури, консультант з питань муніципального енергетичного планування Інституту місцевого розвитку

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В УНІВЕРСИТЕТСЬКИХ МІСТЕЧКАХ

Посібник для студентів вищих закладів освіти

Редактор: Л. Дрофань

Відомості про друкарню
Свідоцтво суб'єкта видавничої діяльності _____ від _____